BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

A. Landasan Teori

Keselamatan kesehatan kerja (K3) merupakan sebuah upaya untuk menciptakan keselamatan dan kesehatan pekerja baik secara jasmani maupun rohani dalam suatu perusahaan yang di jamin oleh instansi terkait di dalamnya (N. N. Dewi & Sundari, 2021). Oleh sebab itu, penerapan K3 wajib untuk dilaksanakan pada setiap jenis bidang pekerjaan tanpa terkecuali. Upaya pelaksanaan K3 diharapkan dapat mencegah dan mengurangi risiko pada pekerja. Karyawan yang terlindungi keselamatan dan kesehatan kerjanya cenderung akan bekerja lebih optimal, sehingga berdampak pada produk yang dihasilkan. Selanjutnya, kondisi ini akan meningkatkan kualitas produk dan jasa yang dihasilkan dibanding sebelum dilakukan penerapan, citra organisasi terhadap kinerjanya akan semakin meningkat, dan meningkatkan kepercayaan pelanggan (Hernilawati et al., 2021). Adapun konsep keselamatan dan kesehatan kerja (K3) merupakan konsep yang penting dalam menjalankan prosedur kerja. Keselamatan dan kesehatan kerja (K3) ialah suatu pemikiran dan upaya yang bertujuan untuk menjamin keutuhan dan kesempurnaan jasmani dan rohani pekerja sehingga keamanan dan kenyamanan tenaga kerja terjaga, agar tercapai ketahanan fisik, daya kerja, dan tingkat kesehatan yang tinggi (Hasibuan et al., 2020). Tujuan dan sasaran penerapan program Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) pada setiap perusahaan bertujuan untuk menciptakan sesuatu sistem manajemen keselamatan dan kesehatan

kerja dalam ruang lingkup perusahaan dengan melibatkan unsur manajemen, tenaga kerja, serta kondisi dan lingkungan kerja yang terintegrasi untuk mencegah dan menurunkan kecelakaan dan penyakit akibat bekerja sehingga terciptanya tempat kerja yang aman, efisien dan produktif.

Data ILO (*international labour organization*) tahun 2013 – 2015 menunjukkan bahwa setiap tahun mengalami peningkatan yang signifikan meskipun persentase kenaikannya tidak selalu sama. Setiap tercatat bahwa lebih dari 2 juta kasus kecelakaan kerja atau penyakit akibat kerja. Selain itu, BPJS ketenagakerjaan menunjukkan bahwa angka kecelakaan kerja selama 8 tahun terakhir yaitu pada tahun 2017 – 2021 telah mengalami peningkatan dalam setiap tahunnya. Pada tahun 2017 tercatat 123.040 kasus kecelakaan kerja, dan pada tahun 2018 menunjukkan 173.415 kasus, serta pada tahun 2019 jumlah kenaikan tidak tinggi seperti periode sebelumnya yang mengalami kenaikkan hingga 25%, namun pada tahun 2019 mengalami kenaikan sebesar 10% dengan total 182.835 kasus kecelakaan kerja. Meskipun pada tahun 2020 terjadi kenaikkan sebesar 25% dengan total 221.740 kasus, sedangkan pada tahun 2021 kembali mengalami peningkatan seperti pada tahun 2018 - 2019 sebesar 10% dengan total 234.270 kasus. Data tersebut menunjukkan bahwa presentase kenaikan jumlah angka kecelakaan kerja setiap tahunnya menunjukkan peningkatan dengan presentase yang berbeda. Adapun kenaikan jumlah angka kecelakaan kerja paling sedikit mengalami kenaikan yaitu pada tahun 2019 dan tahun 2021 (Akbar et al., 2022).

Menurut WHO dalam Pada tahun 2018, WHO mengemukakan bahwa *musculoskeletal disorders* menjadi penyebab utama dalam kecacatan dengan nyeri punggung bawah sebagai penyebabnya (Sunardi et al., 2021). Berdasarkan data global, *musculoskeletal disorders* menyumbang 42%-58% untuk kasus penyakit akibat kerja dan 40% untuk semua pembiayaan kesehatan pekerja (Hermanto, 2019). Data dari *Labor Force Survey* (LFS) U.K, mengemukakan tercatat tingginya jumlah kasus keluhan *musculoskeletal disorders* pada karyawan, mencapai hingga 1,144 juta kejadian, dengan 224,000 kasus penyakit bagian bawah, 493,000 kejadian penyakit punggung, dan 426,000 kasus penyakit tubuh bagian atas (Aprianto et al., 2021). Berdasarkan profil kesehatan Indonesia tahun 2015, sebanyak 40,5 dari para pekerja mengalami gangguan kesehatan yang disebabkan oleh pekerjaannya. Studi ini melibatkan 482 pekerja dari 12 Kota atau Kabupaten di Indonesia, dan mayoritas gangguan tersebut meliputi masalah *muskuloskeletal disorders* (MSDs) sebesar 16%, gangguan kardiovaskuler sebesar 8%, gangguan syaraf sebesar 6%, masalah pernafasan sebesar 3%, dan masalah THT sebesar 1,5% (Sunardi et al., 2021). Melalui data tersebut dapat disimpulkan bahwa *Musculoskeletal disorders* merupakan penyakit terbesar dalam dunia kerja, khususnya di Indonesia.

Diketahui bahwa setiap pekerjaan selalu berisiko terjadinya bahaya, demikian pula dalam proses pengelasan. Bahaya yang dihadapi dalam pengelasan meliputi tersetrum mesin las listrik, radiasi elektroda las, asap. Menurut Yusmita, dkk, secara umum bahaya yang sering dialami oleh pekerja

pengelasan risiko tersengat arus listrik, iritasi kulit dan mata, luka serta cedera pada sistem otot rangka, gangguan pernapasan, luka bakar, peningkatan suhu tubuh yang dapat memicu heat stress, nyeri pada punggung dan bahu, serta paparan kebisingan. Selain itu, pekerja juga berisiko mengalami kebosanan dan kejenuhan. Bahaya lainnya yang mungkin ditimbulkan berasal dari penggunaan alat yang tidak familiar dan bekerja dengan postur janggal, yang menimbulkan terjadinya gangguan fisiologis pekerja (Suarjana et al., 2022).

Saat melakukan proses pengelasan, pekerja dihadapkan pada kondisi kerja yang tidak ergonomis dan tidak nyaman, seperti posisi jongkok dalam jangka waktu yang relatif lama, punggung membungkuk, serta hal-hal serupa yang dapat berisiko menyebabkan gangguan pada sistem otot rangka. Berbagai penelitian menyatakan bahwa faktor risiko terkait pekerjaan merupakan faktor utama yang menyebabkan gangguan sistem otot rangka (Yassier et al., 2020). Para pekerja juga sering berinteraksi atau bersinggungan langsung dengan mesin las yang mendukung produktivitas kerja mereka. Peningkatan produktivitas di perusahaan dapat dilakukan dengan meningkatkan kualitas produksi serta meningkatkan kesejahteraan para pekerja. Dalam hal ini, ergonomi berupaya menciptakan keselamatan dan kesehatan kerja (K3) bagi tenaga kerja sehingga produktivitas kerja meningkat. (Puspita, 2019).

Selain itu, kelelahan pada pekerja las dapat terjadi akibat postur tubuh yang tidak ergonomis selama proses pengelasan. Kelelahan pada tengkuk sering dialami ketika melakukan pengelasan di atas kepala karena ketegangan saraf pada area tengkuk yang harus menahan posisi kepala dalam waktu lama.

Sementara itu, kelelahan pada lengan terjadi akibat variasi posisi pengelasan yang beragam, menyebabkan saraf dan otot tangan serta tengkuk mengalami ketegangan berlebih. Kondisi-kondisi ini dapat mempengaruhi produktivitas kerja dan kesehatan jangka panjang pekerja las, sehingga diperlukan pengaturan posisi kerja yang tepat dan istirahat berkala untuk mencegah kelelahan berlebihan (Suhartono & Mindhayani, 2020). Survei di USA, menyebutkan bahwa kelelahan merupakan masalah yang besar. Tercatat sebanyak 24% dari seluruh orang dewasa yang datang ke poliklinik menderita kelelahan kronik. Angka yang hampir sama juga terlihat dalam penelitiang yang dilakukan oleh Kendel di Inggris, yang menyebutkan bahwa 25% wanita dan 20% pria selalu mengeluh lelah. Penelitian lain yang mengevaluasi 100 orang penderita kelelahan menunjukkan bahwa 64% kasus kelelahan disebabkan karena faktor psikologis, dan 3% karena faktor fisik serta 33% karena kedua faktor tersebut (Akbar et al., 2022).

Musculoskeletal disorders (MSDs) pada pekerja ditemukan pada berbagai bidang pekerjaan, dengan angka kejadian tertinggi pada bidang kesehatan dan sosial, komunikasi dan transportasi, serta pekerja konstruksi. Upaya pencegahan *musculoskeletal disorders* dapat dilakukan melalui program ergonomi di tempat kerja yang bertujuan untuk mencegah atau mengendalikan cedera dan penyakit dengan cara mengurangi paparan pekerja terhadap faktor risiko MSDs (Aprianto et al., 2021).

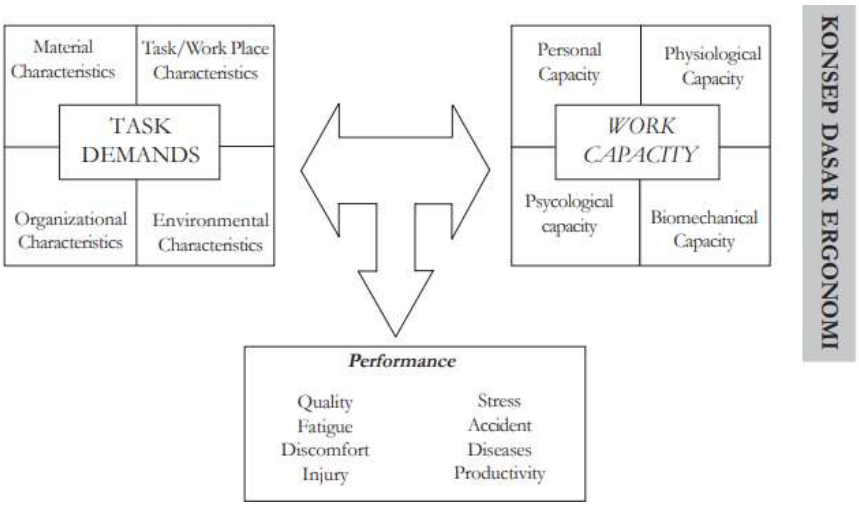
Tingkat kecelakaan yang tinggi dalam proses kerja menyebabkan banyak karyawan mengalami cedera, meningkatnya absensi, menurunnya produksi,

serta biaya pengobatan yang semakin besar. Semua ini akan menimbulkan kerugian bagi karyawan maupun perusahaan, karena karyawan mungkin terpaksa berhenti bekerja akibat cacat, sementara perusahaan kehilangan tenaga kerjanya. Keselamatan dan kesehatan kerja (K3) merupakan upaya untuk menciptakan suasana kerja yang aman dan nyaman, serta tujuannya adalah mencapai kinerja yang maksimal. Oleh karena itu, K3 harus dilaksanakan dalam setiap bidang pekerjaan tanpa terkecuali. Upaya K3 diharapkan mampu mencegah dan mengurangi risiko. Karyawan yang merasa aman akan bekerja lebih optimal, sehingga berdampak pada kualitas produk yang dihasilkan. Dengan demikian, kualitas produk dan jasa meningkat dibandingkan sebelum penerapan K3. Citra organisasi terhadap kinerjanya akan semakin baik, serta meningkatkan kepercayaan pelanggan (Hernilawati et al., 2021)

Teori tentang penyebab kecelakaan kerja sangat beragam, salah satunya adalah teori *three main factors*, yang menyebutkan bahwa kecelakaan kerja terjadi akibat 3 faktor utama, yaitu manusia, alat, dan lingkungan kerja. Dalam proses pengelasan postur kerja, sikap kerja dan kondisi kerja setiap pekerja berbeda-beda tergantung pada jenis produk yang dilas. Banyak cara yang dapat dilakukan untuk membentuk lingkungan kerja yang nyaman, entah itu inisiatif dari karyawan atau memang kebijakan Pelaku usahanya. Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk membuat lingkungan kerja yang sehat dan nyaman adalah dengan menerapkan Ergonomi di tempat kerja (Simanjuntak & Susetyo, 2022).

Pekerja yang melalukan pengelasan dapat berada dalam posisi jongkok, berdiri dan duduk. Posisi kerja seperti jongkok dan berdiri tidak ergonomis dapat menyebabkan tubuh mudah lelah, dan memicu terjadinya gangguan pada sistem otot rangka atau gangguan musculoskeletal. Jika dibiarkan dalam jangka waktu lama dapat menimbulkan kelelahan yang berdampak pada penurunan konsentrasi dan kemampuan kerja (Imron, 2020).

Dari sudut pandang ergonomi, antara tuntutan tugas harus sesuai dengan kapasitas kerja harus selalu dalam garis keseimbangan kapasitas kerja afar tercapainya performansi kerja yang tinggi. Dalam kata lain, tuntutan tugas pekerjaan tidak boleh terlalu rendah (*underload*) ataupun terlalu berlebihan (*overload*) untuk menghindari timbulnya stres kerja. Konsep keseimbangan antara kapasitas kerja dengan tuntutan tugas tersebut dapat diilustrasikan sebagai berikut (Tarwaka et al., 2004):



Gambar 2. 1 Konsep Dasar dalam Ergonomi (Sumber: Manuaba, 2000)

Kemampuan kerja seseorang dapat dilihat dari empat aspek utama yaitu *Personal Capacity* atau karakteristik pribadi (usia, jenis kelamin, pendidikan, pengalaman, dan status kesehatan), *Physiological Capacity* atau kemampuan fisiologis (daya tahan cardio-vaskuler, syaraf otot, dan panca indera), *Psychological Capacity* atau kemampuan mental (waktu reaksi, adaptasi, dan stabilitas emosi), serta *Biomechanical Capacity* atau kemampuan biomedis (sendi, tendon, dan struktur tulang). Selain itu, tuntutan tugas pekerjaan bergantung pada *Task and Material Characteristics* (karakteristik peralatan, tipe dan kecepatan kerja), *Organization Characteristics* (jam kerja, sistem shift, manajemen), dan *Environmental Characteristics* (kondisi lingkungan, suhu, kebisingan, penerangan, serta aspek sosio-budaya). Performansi optimal tercapai ketika terdapat keseimbangan dinamis antara tuntutan tugas dengan kemampuan individu, karena apabila tuntutan tugas lebih besar dari kemampuan akan menyebabkan *overstress*, kelelahan, kecelakaan, dan penurunan produktivitas, sedangkan bila tuntutan tugas terlalu rendah akan menimbulkan *understress*, kebosanan, dan kelesuan yang juga berdampak pada penurunan produktivitas, sehingga keseimbangan yang tepat akan menciptakan kondisi kerja yang sehat, aman, nyaman, dan produktif (Tarwaka et al., 2004).

Kegiatan seorang pekerja pengelasan diantarnya seperti pemotongan besi, pengelasan atau penyambungan, dan kegiatan memalu serta *finishing* dengan waktu kerja 8 jam per hari dan 1 jam istirahat, hal ini guna

menghasilkan produk berbahan dasar besi yang tentu saja menghasilkan tingkat kelelahan pada pekerja (Mindhayani, 2021b). Pengelasan merupakan suatu proses menyambungkan dua logam atau lebih dengan cara meleburkan logam induk dengan energi panas (Nata et al., 2021). Selain itu, pengelasan juga diartikan sebagai proses memanaskan suatu material dengan temperatur las menggunakan tekanan (*preasure*) atau tanpa menggunakan pengisi (*filler*), yang juga disebut sebagai proses penyambungan logam atau non logam. Sedangkan proses penyambungan dua logam diartikan sebagai sumber panas listrik dan menggunakan elektroda terbungkus (Antaqiya et al., 2019).

Adapun hal tersebut berkaitan dengan kesehatan kerja sorang pekerja. Kesehatan kerja adalah kondisi kesehatan yang bertujuan untuk memberikan derajat kesehatan yang sebaik-baiknya kepada masyarakat pekerja, baik secara jasmani, rohani, maupun sosial. Kesehatan kerja juga mencakup upaya pencegahan dan pengobatan terhadap penyakit atau gangguan kesehatan yang disebabkan oleh pekerjaan dan lingkungan kerja. Kesehatan kerja merupakan hal yang penting dan perlu diperhatikan oleh kedua pihak, yaitu pekerja dan perusahaan. Karena dengan adanya program kesehatan yang baik, akan memberikan manfaat yang besar bagi para karyawan secara material, karena karyawan akan lebih jarang absen, bekerja dalam lingkungan yang lebih nyaman, sehingga secara keseluruhan karyawan akan mampu bekerja lebih lama dan lebih efisien (Zulfikar et al., 2022).

Berdasarkan uraian di atas, dapat disimpulkan bahwa pekerjaan pengelasan tidak hanya memiliki risiko kecelakaan akut seperti luka bakar

atau keracunan gas, tetapi juga risiko jangka panjang berupa gangguan musculoskeletal dan kelelahan kerja yang dapat mempengaruhi produktivitas dan kesehatan pekerja. Oleh karena itu, penerapan program kesehatan kerja yang komprehensif, termasuk perbaikan ergonomi tempat kerja, pengaturan postur kerja yang tepat, dan pemberian istirahat yang memadai, menjadi sangat penting untuk melindungi pekerja las dari berbagai risiko penyakit akibat kerja. Investasi dalam kesehatan dan keselamatan kerja bukan hanya melindungi kesehatan pekerja, tetapi juga memberikan keuntungan jangka panjang bagi perusahaan melalui peningkatan produktivitas, pengurangan absensi, dan penurunan biaya pengobatan, sehingga menciptakan lingkungan kerja yang aman, nyaman, dan produktif bagi semua pihak yang pada akhirnya akan mendukung tercapainya derajat kesehatan setinggi-tingginya bagi masyarakat pekerja.

1. Pengertian Ergonomi

Menurut Pheasant (2003) Ergonomi merupakan ilmu yang mempelajari hubungan antara manusia dengan lingkungan kerjanya, termasuk alat yang digunakan, tempat kerja, serta aspek psikososial dalam lingkungan kerja. Istilah ergonomi berasal dari bahasa Yunani, yaitu "*ergon*" yang berarti kerja dan "*nomos*" yang berarti peraturan atau hukum. Prinsip dari ergonomi adalah *user centered design*, yaitu bila suatu obyek, sistem atau lingkungan dimaksudkan untuk digunakan oleh manusia, maka desainnya harus berdasarkan karakteristik fisik dan mentalmanusia penggunanya (Baringbing,

2021). Dapat dikatakan bahwa setiap aktivitas atau pekerjaan yang dilakukan, jika tidak diterapkan dengan prinsip ergonomis maka dapat berakibat pada ketidaknyamanan, biaya tinggi, kecelakaan dan penyakit akibat kerja yang meningkat, serta performansi menurun sehingga menimbulkan penurunan efisiensi dan daya kerja. Oleh sebab itu, penerapan ergonomi di segala bidang kegiatan adalah suatu keharusan (Tarwaka et al., 2004).

Menurut Sutalaksana (1979), Ergonomi merupakan sebuah cabang ilmu yang secara sistematis memanfaatkan informasi mengenai sifat, kemampuan, dan keterbatasan manusia untuk merancang sistem kerja. Yang memiliki tujuan agar manusia dapat hidup dan bekerja dalam sistem tersebut dengan baik, mencapai tujuan yang diinginkan secara efektif, aman, dan nyaman. Sementara itu, Tarwaka (2004) mendefinisikan ergonomi sebagai ilmu, seni, dan teknologi yang bertujuan untuk menyeimbangkan semua fasilitas yang digunakan, baik saat beraktivitas maupun beristirahat, sesuai dengan kemampuan dan keterbatasan fisik serta mental manusia, sehingga meningkatkan kualitas hidup secara keseluruhan (Busyaro & Yusup, 2024).

Menurut Pusat Departemen Kesehatan Kerja Departemen Kesehatan Republik Indonesia, ergonomi adalah ilmu yang mempelajari perilaku manusia dalam hubungannya dengan pekerjaan mereka. Tujuan dari ilmu ini terkait dengan peralatan, tempat kerja, dan lingkungan kerja. Upaya ergonomi menurut Pusat Kesehatan RI antara lain adalah menyesuaikan peralatan dan tempat kerja dengan dimensi tubuh manusia, agar manusia dapat melakukan pekerjaan tanpa mengalami kelelahan berlebihan atau cedera. Setiap orang

memiliki dimensi tubuh yang berbeda, seperti tinggi badan, jangkauan tangan, dan lain-lain. Setiap individu juga memiliki keterbatasan dan kemampuan yang berbeda. Oleh karena itu, penerapan ergonomi meliputi penyesuaian peralatan dan tempat kerja sesuai dengan ukuran dan dimensi tubuh manusia, sehingga pekerja dapat mengakses peralatan kerja dengan posisi yang tepat dan nyaman selama bekerja. Setelah pekerja melakukan pekerjaannya maka umumnya terjadi *emotional fatique*, yang mana dalam hal ini perlu diwaspadai untuk mengatasi kelelahan dan membantu mengurangi sumbersumber kecelakaan, insiden, cedera, kelelahan dan stres akibat kerja (Simanjuntak & Susetyo, 2022).

Disiplin ergonomi adalah cabang ilmu yang secara sistematis menggunakan informasi mengenai sifat, kemampuan, dan keterbatasan manusia untuk merancang sistem kerja agar manusia dapat hidup dan bekerja dalam sistem tersebut secara baik, yaitu mencapai tujuan yang diinginkan melalui pekerjaan tersebut dengan efektif, nyaman, aman, sehat, dan efisien. Ergonomi dapat dibagi menjadi dua pendekatan utama yang bersifat komprehensif dalam memahami interaksi manusia dengan lingkungan kerja. Pendekatan pertama adalah fokus utama yang mempertimbangkan manusia dalam perancangan benda, prosedur kerja, dan lingkungan kerja, dimana fokus dari ergonomi adalah manusia dan interaksinya dengan produk, peralatan, fasilitas, prosedur, dan lingkungan dari pekerjaan sehari-hari. Ergonomi mempunyai dua tujuan utama yaitu meningkatkan efektivitas dan efisiensi dari pekerjaan dan aktivitas-aktivitas yang lain, serta meningkatkan

nilai-nilai tertentu yang diinginkan dari pekerjaan tersebut. Pendekatan kedua adalah pendekatan utama yang berupa aplikasi sistematik dari informasi yang relevan tentang kemampuan, keterbatasan, karakteristik, motivasi manusia, dan perilaku manusia terhadap desain produk dan prosedur yang digunakan serta lingkungan tempat menggunakannya. Pada ilmu ergonomi, manusia dipandang sebagai satu komponen sentral dalam suatu sistem kerja, disamping komponen-komponen bahan, mesin, dan peralatan kerja serta lingkungan kerjanya, sehingga manusia berperan sebagai perencana, perancang, sekaligus sebagai pengendali sistem kerja tersebut (Pangaribuan et al., 2022).

Ergonomi dapat dijelaskan dengan fokus, tujuan, dan pendekatan sebagai berikut: (1) Secara fokus, ergonomi menitikberatkan pada manusia dan interaksinya dengan produk, peralatan, fasilitas, prosedur, dan lingkungan. (2) Secara tujuan, tujuan ergonomi adalah meningkatkan efektivitas dan efisiensi kerja serta meningkatkan kenyamanan dan kesejahteraan manusia. (3) Secara pendekatan, ergonomi adalah penerapan informasi mengenai keterbatasan manusia, kemampuan, karakteristik tingkah laku, dan motivasi untuk merancang alat, prosedur, dan lingkungan yang sesuai dalam melakukan aktivitas (Ida Mulyati, 2022).

Ergonomi diterapkan di lingkungan kerja agar pekerja dapat melakukan aktivitas kerja dengan lebih nyaman. Tingkat kenyamanan tersebut diharapkan mampu mendukung peningkatan produktivitas kerja secara optimal (Simanjuntak & Susetyo, 2022). Selain itu, penerapan prinsip-prinsip

ergonomi yang baik memberikan berbagai dampak positif bagi organisasi. Menurut Pheasant (2003) ada beberapa manfaat ergonomi antara lain:

a. Peningkatan hasil produksi, yang berarti menguntungkan secara ekonomi. Hal ini antara lain disebabkan oleh:
    1) Efisiensi waktu kerja yang meningkat.
    2) Meningkatnya kualitas kerja.
    3) Kecepatan pergantian pegawai (*labour turnover*) yang relatif rendah.
b. Menurunnya probabilitas terjadinya kecelakaan yang berarti:
    1) Dapat mengurangi biaya pengobatan yang tinggi. Biaya untuk pengobatan lebih besar daripada biaya untuk pencegahan.
    2) Dapat mengurangi penyediaan kapasitas untuk keadaan gawat darurat.
    3) Dengan menggunakan antropometri dapat direncanakan atau didesain:
        a) Pakaian kerja
        b) *Workspace*
        c) Lingkungan kerja
        d) Peralatan atau mesin
        e) *Consumer product*

Selain itu, lingkungan kerja yang ergonomis dapat meningkatkan keterlibatan dan motivasi karyawan karena ketika mereka merasa nyaman dan mendapatkan dukungan dalam pekerjaan, mereka cenderung lebih termotivasi, bersemangat, serta merasa dihargai dan diakui oleh organisasi yang berdampak positif pada produktivitas. Aspek kesehatan dan kehadiran juga mengalami perbaikan dimana penerapan ergonomi membantu

meningkatkan kesehatan karyawan dan mengurangi absensi yang tidak terjadwal dengan mengurangi risiko cedera, kelelahan, dan ketegangan fisik, sehingga karyawan lebih sehat dan memiliki tingkat kehadiran yang lebih baik untuk bekerja secara konsisten dan produktif tanpa terganggu masalah kesehatan. Selain itu, lingkungan kerja yang ergonomis menciptakan kondisi yang mendukung inovasi dan kreativitas, dimana karyawan yang merasa nyaman dan terhindar dari tekanan fisik dan mental cenderung lebih berfokus pada ide-ide baru dan solusi kreatif yang dapat meningkatkan produktivitas dan membantu organisasi mencapai tujuan inovasi mereka. Dengan menerapkan prinsip-prinsip ergonomi, organisasi dapat meningkatkan produktivitas karyawan secara keseluruhan, sehingga dampak positif ini berkontribusi pada pencapaian tujuan organisasi dan menciptakan lingkungan kerja yang sehat, nyaman, dan produktif (Yusuf, 2023).

Menurut Tarwaka (2004), tujuan penerapan ergonomi di dunia kerja adalah sebagai berikut:

a. Meningkatkan kesejahteraan fisik dan mental dengan mencegah penyakit akibat kerja, mengurangi beban kerja fisik dan mental, serta mempromosikan kepuasan kerja.
b. Meningkatkan kesejahteraan sosial dengan memperbaiki kualitas kontak sosial, mengelola dan mengoordinasi kerja secara efektif, dan meningkatkan jaminan sosial baik selama masa produktif maupun setelahnya.

c. Menciptakan keseimbangan yang rasional antara berbagai aspek teknis, ekonomis, dan budaya dalam setiap sistem kerja, sehingga tercipta kualitas kerja dan kualitas hidup yang tinggi.

Sementara itu Pheasant (2003) menyebutkan beberapa manfaat ergonomi dalam pelaksanaan pekerjaan sebagai berikut:

a. Peningkatan hasil produksi yang menguntungkan secara ekonomi disebabkan oleh: meningkatnya efisiensi waktu kerja, peningkatan kualitas kerja, dan rendahnya tingkat pergantian karyawan.
b. Menurunnya kemungkinan terjadinya kecelakaan, yang mengurangi biaya pengobatan dan kebutuhan akan kapasitas darurat.
c. Penggunaan antropometri memungkinkan perencanaan atau desain pakaian kerja, ruang kerja, lingkungan kerja, peralatan atau mesin, dan produk konsumen.

Menurut Manuaba (1998), pencapaian tujuan ergonomi memerlukan adanya kesesuaian antara pekerja dan pekerjaan yang dilakukan, sehingga pekerja dapat bekerja sesuai dengan kemampuan, potensi, serta keterbatasan yang dimilikinya. Secara umum, kemampuan, potensi, dan keterbatasan manusia dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain usia, jenis kelamin, ras, antropometri, status kesehatan, kondisi gizi, tingkat kebugaran jasmani, pendidikan, keterampilan, budaya, perilaku, kebiasaan, serta kemampuan beradaptasi (Tarwaka et al., 2004).

a. Umur

Menurut Astrand dan Rodahl (1997), Gradjean (1993), Genaidy (1996), dan Konz (1996), usia seseorang berbanding lurus dengan kemampuan fisik hingga batas tertentu dan mencapai puncaknya pada usia 25 tahun. Pada usia 50-60 tahun, kekuatan otot menurun sekitar 25%, sedangkan kemampuan motorik mengalami penurunan sebesar 60%. Selanjutnya, kemampuan fisik seseorang yang berusia di atas 60 tahun hanya mencapai 50% dari kemampuan fisik seseorang yang berusia 25 tahun. Bertambahnya usia akan diikuti dengan penurunan VO2 max, kesigapan penglihatan, pendengaran, kecepatan membedakan sesuatu, kemampuan membuat keputusan, serta kemampuan mengingat jangka pendek. Dengan demikian, pengaruh usia harus selalu dipertimbangkan dalam memberikan tugas atau pekerjaan kepada seseorang (Tarwaka et al., 2004).

b. Jenis Kelamin

Secara umum, perempuan memiliki kekuatan fisik sekitar dua pertiga dari kekuatan otot laki-laki, meskipun dalam beberapa aspek perempuan cenderung lebih teliti. Menurut Konz (1996), kapasitas kerja fisik perempuan yang ditunjukkan melalui nilai VO_2 max berada sekitar 15–30% lebih rendah dibandingkan laki-laki. Kondisi ini berhubungan dengan persentase lemak tubuh perempuan yang relatif lebih tinggi serta kadar hemoglobin (Hb) darah yang lebih rendah dibandingkan dengan laki-laki (Tarwaka et al., 2004).

c. Antropometri

Data antropometri sangat penting dalam menentukan alat dan cara pengoperasiannya menurut Tarwaka (2004). Kesesuaian antara antropometri pekerja dengan alat yang digunakan sangat berpengaruh terhadap sikap kerja, tingkat kelelahan, kemampuan kerja, dan produktivitas. Antropometri juga memainkan peran penting dalam seleksi tenaga kerja. Sebagai contoh, orang yang gemuk tidak cocok untuk pekerjaan di lingkungan dengan suhu tinggi. Konsep antropometri ini sangat berpengaruh dalam menentukan desain pakaian, tempat kerja, lingkungan kerja, mesin, alat dan sarana kerja, serta produk-produk yang digunakan oleh konsumen (Tarwaka et al., 2004).

d. Status kesehatan dan nutrisi

Kesehatan dan nutrisi memiliki hubungan yang sangat erat, serta memengaruhi produktivitas dan efisiensi kerja. Dalam melakukan pekerjaan, tubuh membutuhkan energi, dan bila terjadi kekurangan energi baik secara kuantitatif maupun kualitatif, kapasitas kerja akan terganggu. Diperlukan keseimbangan antara asupan energi dan pengeluarannya. Kekurangan nutrisi tidak hanya menyebabkan kekurangan energi, tetapi juga menghambat kemampuan tubuh untuk mencerna dan mendistribusikan nutrisi ke organ-organ tubuh (Tarwaka et al., 2004).

e. Kesegaran Jasmani

Hairy (1989) dan Hopkins (2002) mengemukakan bahwa kesegaran jasmani merupakan kemampuan tubuh manusia untuk beradaptasi atau menyesuaikan diri terhadap beban fisik yang diterima tanpa menimbulkan kelelahan yang berlebihan, serta tetap memiliki cadangan energi untuk melakukan aktivitas selanjutnya (Tarwaka et al., 2004).

f. Kemampuan Kerja Fisik

Kemampuan kerja fisik merujuk pada kemampuan seseorang untuk melakukan pekerjaan tertentu yang memerlukan aktivitas otot dalam jangka waktu tertentu. Durasi aktivitas ini bisa berkisar dari beberapa detik (untuk pekerjaan yang membutuhkan kekuatan) hingga beberapa jam (untuk pekerjaan yang membutuhkan ketahanan). Menurut Hairy (1989) dan Genaidy (1996), kemampuan kerja fisik merupakan komponen penting dalam menentukan aktivitas yang dilakukan seseorang, di mana kemampuan fisik memengaruhi kinerja otot dan ketahanannya (Tarwaka et al., 2004).

Sementara menurut Widyasari (2014), faktor risiko ergonomi adalah faktor tempat kerja yang berhubungan dengan ketidaknyamanan pekerja di tempat kerja yang jika diabaikan dapat meningkatkan cedera tubuh pekerja akibat kecelakaan dari waktu ke waktu (UCLA-LOSH). Berikut adalah beberapa faktor risiko ergonomi, antara lain (Widyasari et al., 2014):

a. Postur janggal (awkward posture)

   Menurut Humantech (1995), postur kerja yang tidak normal adalah penyimpangan (pergeseran) dari gerak tubuh atau anggota gerak yang dilakukan oleh pekerja saat melakukan aktivitas dari postur atau posisi normal secara berulang-ulang dalam waktu yang relatif lama..

b. Posisi kerja yang statis

   Berdasarkan UCLA-LOSH posisi kerja statis yang juga disebut posisi tidak bergerak (*Stationary Positions*) yaitu terlalu lama diam dalam satu posisi, sehingga menyebabkan kontraksi otot dan lelah.

c. Pergerakan yang berulang (Repetisi)

   Pengulangan berkelanjutan atau *Continual Repetitions* merupakan perlakukan gerakan yang sama secara terus menerus (UCLA-LOSH). Seperti pergerakan berulang pada otot yang sama tanpa adanya relaksasi.

d. Penggunaan tenaga yang berlebihan (*excessive force*)

   Berdasarkan UCLA-LOSH, penggunaan tenaga yang berlebihan atau gaya berlebih (*Excessive Force*) merupakan menggerakkan tubuh dengan penuh tenaga, usaha fisik yang berlebihan, seperti menarik, memukul dan mendorong.

Prinsip ergonomi mengatur bahwa desain pekerjaan, alat kerja, dan lingkungan kerja harus disesuaikan dengan karakteristik dan kemampuan manusia, bukan sebaliknya. Postur kerja yang ergonomis mempertimbangkan anatomis tubuh manusia, batasan gerakan sendi, kekuatan otot, dan daya tahan tubuh dalam jangka waktu tertentu. Postur kerja yang tidak ergonomis

berhubungan bermakna dengan beban kerja dan dapat menyebabkan keluhan *upper limb pain* serta MSDs pada pekerja (Lombok et al., 2025).

ILO (1998) dalam Astuti (2009) menjelaskan bahwa secara ilmiah postur tubuh dikualifikasikan menjadi dua yaitu :

a. Postur Statis Postur statis merupakan posisi tubuh yang relatif tidak mengalami perubahan dan dipertahankan dalam waktu yang lama.
b. Postur dinamis adalah posisi tubuh yang mengalami perubahan akibat kontraksi otot disertai perpindahan beban. Posisi tubuh yang paling nyaman adalah posisi netral dengan adanya gerakan, namun apabila gerakan dilakukan secara terus-menerus dapat berpotensi mengganggu kesehatan.

Sedangkan menurut Bridger (2003 dikutip dalam Erdiansyah, 2014) postur kerja menurut ergonomi dibagi menjadi:

a. Posisi Netral

   Postur kerja netral ditandai dengan posisi seluruh bagian tubuh yang berada pada keadaan normal atau alami. Dalam postur ini, kontraksi otot tidak terjadi secara berlebihan, sehingga organ tubuh, tulang, serta jaringan saraf tidak mengalami tekanan atau ketegangan yang berlebihan.

b. Postur Janggal

   Postur janggal atau yang biasa disebut *awkward posture* merupakan postur tubuh dimana kaki, sendi, dan punggung tidak dalam posisi yang sewajarnya ketika melakukan pekerjaan yang disebabkan oleh

keterbatasan tubuh dalam melawan beban dalam jangka waktu yang lama. Postur janggal atau *Awkward posture* dapat menimbulkan tekanan mekanik pada otot, ligamen, dan sendi sehingga memicu rasa nyeri pada sistem otot rangka. Selain itu, postur kerja yang tidak ergonomis memerlukan penggunaan energi yang lebih besar pada kelompok otot tertentu, yang berdampak pada meningkatnya kerja jantung dan paru-paru untuk memenuhi kebutuhan energi tubuh.

Menurut Lestari (2019) Postur tubuh bisa diukur menggunakan berbagai metode pengukuran yaitu:

a. *Ovako Working Postures Analysis System* (OWAS)

Menurut Karhu (1981) metode OWAS merupakan salah satu metode yang memberikan output berupa kategori sikap kerja yang beresiko terhadap kecelakaan kerja pada bagian musculoskeletal. Metode ini mengkodekan sikap kerja pada bagian punggung, tangan, kaki, dan berat beban. Masing-masing bagian memiliki klasifikasi tersendiri. Postur dasar OWAS disusun dengan kode yang terdiri dari empat digit, yang digunakan untuk memprediksi aktivitas ekonomi berdasarkan perubahan tingkat pendapatan. Konsep ini sangat penting dalam memahami hubungan antara peningkatan pendapatan dengan peningkatan konsumsi, meskipun tidak dalam proporsi yang sama. Berikut ini adalah klasifikasi sikap bagian tubuh yang diamati untuk dianalisa dan dievaluasi (Sriyanto & Adwitya, n.d.).

b. *Quick Exposure Check* (QEC)

QEC merupakan suatu metode yang dirancang untuk mengevaluasi pengalaman kerja pengamat, praktisi, dan pekerja (Li & Buckle, 1998). Metode QEC bertujuan untuk mengidentifikasi risiko cedera pada sistem otot rangka dalam suatu pekerjaan dengan mengevaluasi faktor risiko secara menyeluruh (Mindhayani, 2022). QEC membantu mencegah gangguan muskuloskeletal (WMSDs) dan mendidik pengguna tentang risiko WMSDs di tempat kerja (Stanton, 2004). QEC bisa digunakan untuk mengidentifikasi hubungan antara tingkat kegiatan dan risiko, serta membantu mengurangi gangguan selama penilaian (Ispăsoiu et al., 2021) Metode QEC dirancang agar cepat dan mudah digunakan tanpa memerlukan pelatihan khusus. (Irwan Syah et al., 2020).

c. *Rapid Upper Limp Assesment* (RULA)

Menurut McAtamney dan Corlett (1993) *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA) merupakan suatu metode dalam bidang ergonomi yang digunakan untuk mengidentifikasi dan mengevaluasi postur kerja tubuh bagian atas. Metode penilaian postur ini dapat dilakukan tanpa menggunakan alat khusus dalam pengukuran postur leher, punggung, dan bagian tubuh atas lainnya. (McAtamney & Nigel Corlett, 1993).

d. *Rapid Entire Body Assesment* (REBA)

Metode REBA diperkenalkan oleh Sue Hignett dan McAtamney dan diterbitkan dalam jurnal *Applied Ergonomic* pada tahun 2000. Metode ini dikembangkan melalui kerja sama tim yang terdiri dari ahli ergonomi,

fisioterapis, terapis okupasi, dan perawat yang mengidentifikasi sekitar 600 variasi postur kerja di industri manufaktur. Metode REBA memungkinkan dilakukannya analisis terpadu terhadap postur anggota tubuh bagian atas, badan, leher, dan kaki. Selain itu, metode ini juga mempertimbangkan faktor lain yang memengaruhi penilaian akhir postur kerja, seperti beban atau gaya yang diberikan, jenis pegangan, serta aktivitas otot yang dilakukan oleh pekerja (Tarwaka, 2010).

Oleh karena itu, perancangan stasiun kerja yang ergonomis perlu menjadi perhatian utama untuk meningkatkan produktivitas serta keselamatan pekerja, khususnya pada pekerjaan pengelasan. Produktivitas pekerja pengelasan sangat dipengaruhi oleh kondisi stasiun kerja dalam mendukung penyelesaian tugas, karena perancangan stasiun kerja berperan terhadap kinerja operator sekaligus memberikan rasa aman dan nyaman selama bekerja (S. A. Handayani & Hayati, 2022). Lingkungan kerja dan stasiun kerja yang baik bagi pekerja pengelasan harus memenuhi aspek keamanan, kenyamanan, ergonomi, dan efektivitas. Sebaliknya, perancangan kerja yang tidak ergonomis serta postur kerja yang tidak sesuai dapat menyebabkan pengerahan tenaga berlebih, postur janggal seperti membungkuk dan memutar tubuh, serta gerakan berulang yang dilakukan secara terus-menerus, yang berpotensi menimbulkan gangguan kesehatan kerja (Las et al., 2022).

Ergonomi memiliki peran penting karena penerapannya dapat mencegah terjadinya gangguan muskuloskeletal, cedera akibat kerja,

serta kelelahan yang kerap dialami pekerja akibat postur kerja yang tidak ergonomis, gerakan berulang, maupun penggunaan peralatan yang tidak sesuai dengan kemampuan fisik manusia. Pada pekerja atau operator pengelasan, gangguan muskuloskeletal sering kali tidak disadari. Di antara berbagai jenis postur kerja, postur janggal merupakan postur yang paling berisiko menyebabkan cedera kerja pada operator pengelasan. (KC et al., 2016).

2. Pengertian *Musculoskeletal Disorders*

Menurut *Occupational Safety and Health* (2003) *Musculoskeletal Disorders* (MSDs) merupakan kumpulan gejala atau gangguan yang berhubungan dengan jaringan otot, tendon, ligamen, tulang rawan, sistem saraf, struktur tulang, serta pembuluh darah. Pada tahap awal, gangguan ini dapat menimbulkan keluhan berupa rasa sakit, nyeri, mati rasa, kesemutan, pembengkakan, kekakuan, tremor, gangguan tidur, hingga sensasi terbakar. Sedangkan menurut NIOSH (1997) *Musculoskeletal Disorders* (MSDs) adalah gangguan yang menyerang otot, saraf, tendon, ligamen, sendi, tulang rawan, serta tulang belakang. Gangguan tersebut umumnya berkembang secara bertahap atau bersifat kronis, bukan akibat kejadian yang terjadi secara tiba-tiba. Namun demikian, peristiwa mendadak seperti terpeleset atau terjatuh juga dapat menjadi pemicu terjadinya masalah muskuloskeletal, misalnya nyeri punggung bawah atau *low back pain* (Bernard, 1997).

Musculoskeletal disorders (MSDs) adalah gangguan yang mempengaruhi fungsi normal sistem muskuloskeletal akibat paparan berulang berbagai faktor risiko di tempat bekerja Sistem muskuloskeletal meliputi otot, tendon, bantalan tendon (*tendon sheath*), ligamen, sendi dan tulang. MSDs terjadi tidak secara langsung melainkan kombinasi dan akumulasi dari cedera yang terjadi secara terus menerus dalam jangka waktu yang cukup lama. MSDs menyebabkan permasalahan kerja yang signifikan akibat peningkatan kompensasi biaya kesehatan, penurunan produktivitas, dan rendahnya kualitas hidup (Sugiharto et al., 2020).

Musculoskeletal disorders (MSDs) merupakan keluhan berupa rasa sakit, nyeri, atau pegal pada bagian otot rangka yang dirasakan seseorang, mulai dari tingkat ringan hingga berat. Paparan beban statis yang diterima otot secara berulang dan dalam jangka waktu lama dapat menimbulkan keluhan hingga menyebabkan kerusakan pada sendi, ligamen, dan tendon, yang secara umum dikategorikan sebagai *musculoskeletal disorders*. (Hadi et al., 2022). Selain itu, *musculoskeletal disorders* berkaitan dengan sistem muskuloskeletal manusia yang tersusun atas tulang, otot, dan jaringan ikat, termasuk tulang rawan, tendon, dan ligamen, yang berfungsi memberikan bentuk, stabilitas tubuh, serta mendukung proses pergerakan (Dwiva Amalda et al., 2023). Keluhan *musculoskeletal disorders* merupakan kondisi yang muncul akibat gangguan atau cedera pada sistem muskuloskeletal, yang dapat terjadi ketika bagian tubuh dipaksa bekerja secara berlebihan atau digunakan melampaui batas fungsionalnya (Darmawan et al., 2020).

Faktor yang menimbulkan risiko *Musculoskeletal Disorders* (MSDs) diantaranya sebagai berikut :

a. Faktor Pekerjaan

1) Beban

Beban kerja merupakan salah satu faktor yang berperan dalam terjadinya gangguan otot rangka. Beban angkat yang direkomendasikan berkisar antara 23–25 kg. Namun, menurut Departemen Kesehatan (2009), batas aman pengangkatan beban sebaiknya tidak melebihi ketentuan, yaitu 15–20 kg untuk laki-laki dewasa dan 12–15 kg untuk perempuan usia 16–18 tahun. Pembebanan fisik dalam pekerjaan dapat memengaruhi munculnya keluhan *musculoskeletal disorders*.

Pembebanan fisik yang diperbolehkan adalah beban kerja yang tidak melampaui 30–40% dari kapasitas kerja maksimal tenaga kerja dalam durasi kerja 8 jam per hari, dengan tetap memperhatikan ketentuan jam kerja yang berlaku. Semakin besar beban yang diterima, maka semakin singkat waktu kerja yang seharusnya dilakukan (Suma'mur, 1889).

2) Lama / durasi Kerja

Penentuan lama atau durasi kerja merupakan suatu teknik pengukuran waktu kerja yang dilakukan dengan mencatat jangka waktu serta membandingkan pelaksanaan pekerjaan tertentu dalam kondisi tertentu, guna menganalisis data hingga diperoleh waktu yang

dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan pada tingkat prestasi tertentu (A. C. Dewi et al., 2016).

3) Masa Kerja

Masa kerja merupakan faktor yang berkaitan dengan lamanya seseorang bekerja di suatu tempat. Sehubungan dengan hal tersebut, *Musculoskeletal Disorders* (MSDs) umumnya berkembang dan muncul dalam jangka waktu yang panjang. Oleh karena itu, semakin lama masa kerja atau semakin lama seseorang terpapar faktor risiko, maka semakin besar pula kemungkinan untuk mengalami *Musculoskeletal Disorders* (MSDs) (M.A. et al., 2016).

b. Faktor Individu

1) Sikap kerja atau postur kerja

Postur tubuh menurut Pheasant (1991) dalam (Handayani, 2011) dapat didefinisikan sebagai orientasi relatif bagian tubuh terhadap ruang. Untuk melakukan orientasi tersebut dalam jangka waktu tertentu diperlukan penggunaan otot untuk menyangga atau menggerakkan tubuh. Postur dapat diartikan sebagai konfigurasi tubuh manusia yang mencakup kepala, tengkorak, dan tulang belakang. Secara alami, postur tubuh menurut Bridger (2003) dalam (Handayani 2011) dapat dibagi menjadi: (W. Handayani, 2011):

a) Statis

Postur kerja statis didefinisikan sebagai postur kerja isometris dengan gerakan yang sangat terbatas sepanjang waktu kerja,

sehingga dapat menyebabkan beban statis pada otot, terutama otot pinggang, seperti duduk terus-menerus atau posisi kerja berdiri terus-menerus. Pada postur statis, persendian tidak bergerak dan beban yang ada adalah beban statis. Kondisi ini menyebabkan kekakuan pada bagian tubuh tertentu serta mengganggu sistem oksigen dan proses metabolisme tubuh. Posisi tubuh yang senantiasa berada pada posisi yang sama dari waktu ke waktu secara alamiah akan menyebabkan bagian tubuh tersebut mengalami tekanan atau stres.

b) Dinamis

Stres meningkat ketika posisi tubuh menjauhi posisi normal. Pekerjaan yang dilakukan secara dinamis menjadi berbahaya ketika tubuh melakukan pergerakan yang terlalu ekstrem sehingga energi yang dikeluarkan otot menjadi lebih besar atau tubuh menahan beban yang cukup besar, sehingga timbul hentakan tenaga yang tiba-tiba, dan hal tersebut dapat menimbulkan cedera. Perbedaan antara postur statis dan dinamis juga dapat dilihat dari kerja otot, aliran darah, oksigen, dan energi yang dikeluarkan pada kedua jenis postur tersebut. Berikut perbandingan kebutuhan otot pada postur statis dan dinamis.

2) Umur

Umur merupakan lamanya hidup seseorang yang dihitung berdasarkan ulang tahun terakhir. Seiring bertambahnya usia, proses

degenerasi pada tulang mulai terjadi, umumnya sejak usia sekitar 30 tahun. Proses degenerasi tersebut meliputi kerusakan jaringan, penggantian jaringan menjadi jaringan parut, serta berkurangnya cairan dalam jaringan, yang menyebabkan penurunan stabilitas tulang dan otot. Oleh karena itu, semakin bertambah usia seseorang, semakin tinggi pula risiko terjadinya penurunan elastisitas tulang yang dapat memicu munculnya gejala *Musculoskeletal Disorders* (MSDs) (Bridger, 1995).

3) Jenis Kelamin

Meskipun masih terdapat perbedaan pandangan di kalangan ahli mengenai pengaruh jenis kelamin terhadap risiko keluhan otot rangka, sejumlah hasil penelitian menunjukkan secara signifikan bahwa jenis kelamin berpengaruh terhadap tingkat risiko keluhan otot. Kondisi ini berkaitan dengan perbedaan fisiologis, di mana secara umum kemampuan kekuatan otot perempuan lebih rendah dibandingkan dengan laki-laki.

4) Kebiasaan Merokok

Menurut Tarkawa (2011) Semakin lama dan semakin sering seseorang merokok, maka semakin tinggi pula tingkat keluhan yang dirasakan. Meskipun pengaruh kebiasaan merokok terhadap keluhan muskuloskeletal masih menjadi perdebatan, sejumlah penelitian menunjukkan bahwa perokok memiliki kemungkinan lebih besar mengalami masalah punggung dibandingkan dengan nonperokok.

Dampak tersebut menunjukkan hubungan dosis, di mana risikonya lebih kuat dibandingkan yang hanya disebabkan oleh efek batuk. Risiko keluhan meningkat sekitar 20% untuk setiap konsumsi 10 batang rokok per hari.

Berdasarkan studi yang dipublikasikan dalam *Annals of the Rheumatic Diseases* oleh Croasmun (2003) terhadap sekitar 13.000 responden perokok dan nonperokok berusia 16–64 tahun, dilaporkan bahwa perokok memiliki risiko sekitar 50% lebih besar untuk mengalami *Musculoskeletal Disorders* (MSDs). Hal ini dikarenakan efek rokok akan menciptakan respon rasa sakit atau sebagai permulaan rasa sakit, mengganggu penyerapan kalsium pada tubuh sehingga meningkatkan risiko terkena *osteoporosis*, menghambat penyembuhan luka patah tulang serta menghambat degenerasi tulang (Suhartini, 2022).

5) Indeks Massa Tubuh (IMT)

Meskipun pengaruhnya relatif kecil, berat badan, tinggi badan, dan massa tubuh merupakan faktor yang dapat berkontribusi terhadap terjadinya keluhan pada sistem muskuloskeletal. Individu dengan obesitas (indeks massa tubuh >29 kg) memiliki risiko sekitar 2,5 kali lebih tinggi dibandingkan dengan individu bertubuh kurus (indeks massa tubuh <20 kg), terutama pada otot bagian kaki (Tarkawa, 2015).

6) Kekuatan Fisik

Kejadian *Musculoskeletal Disorders* (MSDs) dipengaruhi oleh berbagai faktor individu, salah satunya adalah kekuatan fisik. Menurut (Tarwaka et al., 2004), kekuatan atau kapasitas kerja fisik merupakan kemampuan fungsional seseorang untuk melakukan pekerjaan tertentu yang membutuhkan aktivitas otot dalam periode waktu tertentu. Sejumlah penelitian menunjukkan adanya hubungan yang signifikan antara kekuatan fisik dan keluhan otot rangka, meskipun penelitian lain melaporkan tidak adanya hubungan tersebut. Namun demikian, pekerja dengan kekuatan otot yang rendah memiliki risiko mengalami keluhan muskuloskeletal hingga tiga kali lebih besar dibandingkan pekerja dengan kekuatan otot yang tinggi (Tarwaka et al., 2004).

7) Faktor Lingkungan

a) Suhu dan Kelembapan

Menurut Tarwaka (2011), paparan suhu lingkungan yang terlalu dingin maupun terlalu panas dapat menurunkan kelincahan, kepekaan, serta kekuatan pekerja, sehingga gerakan menjadi lebih lambat, sulit dilakukan, dan kekuatan otot berkurang. Perbedaan suhu lingkungan yang terlalu besar dibandingkan suhu tubuh menyebabkan sebagian besar energi tubuh digunakan untuk proses adaptasi terhadap lingkungan. Apabila kondisi tersebut tidak diimbangi dengan asupan energi yang memadai, maka suplai energi ke otot akan berkurang. Akibatnya, aliran darah menjadi kurang

lancar, pasokan oksigen ke otot menurun, metabolisme karbohidrat terhambat, dan terjadi penumpukan asam laktat yang dapat menimbulkan nyeri otot (Watiningsih, 2024).

b) Getaran

Menurut Suma'mur (1982) Vibrasi/getaran dengan frekuensi tinggi dapat meningkatkan kontraksi otot. Kontraksi statis tersebut menyebabkan gangguan aliran darah, peningkatan penumpukan asam laktat, dan pada akhirnya menimbulkan nyeri otot (Tarwaka et al., 2004). Selain itu, Budiono (2003) menyatakan bahwa paparan getaran pada seluruh tubuh merupakan salah satu faktor risiko yang dapat memicu terjadinya cedera, terutama pada tulang belakang, leher, dan punggung bagian bawah. Paparan getaran dalam jangka panjang berpotensi menyebabkan Musculoskeletal Disorders (MSDs), dengan gejala yang berkembang secara bertahap, diawali dengan mati rasa atau perubahan warna pada ujung jari tangan, kemudian diikuti penurunan sensasi serta ketangkasan tangan.

Keluhan muskuloskeletal merupakan keluhan yang dirasakan pada bagian otot rangka, mulai dari tingkat yang sangat ringan hingga nyeri berat. Apabila otot menerima beban statis secara berulang dan dalam jangka waktu lama, kondisi tersebut dapat menyebabkan kerusakan pada sendi, ligamen, dan tendon yang dikenal sebagai *musculoskeletal disorders* (MSDs). Keluhan otot dibedakan menjadi dua jenis, yaitu keluhan sementara (*reversible*) yang dapat hilang setelah pembebanan dihentikan, serta keluhan menetap

(*persistent*) yang tetap dirasakan meskipun aktivitas kerja telah dihentikan. Keluhan otot rangka umumnya muncul akibat kontraksi otot yang berlebihan karena beban kerja yang terlalu berat dengan durasi yang panjang. Kondisi ini terutama dipicu oleh postur kerja yang tidak ergonomis, yang di Indonesia sering terjadi akibat ketidaksesuaian antara dimensi peralatan dan stasiun kerja dengan ukuran tubuh pekerja, maupun akibat perilaku kerja pekerja itu sendiri (Pangaribuan et al., 2022).

Menurut Levy (2005) ada beberapa jenis MSDs yaitu (Rusli et al., 2021):

a. *Carpal Tunnel Syndrome* (CTS) merupakan gangguan akibat tekanan pada saraf median, yaitu salah satu dari tiga saraf utama yang memberikan fungsi sensorik dan motorik pada tangan. CTS terjadi pada pergelangan tangan, di mana saraf median melewati terowongan karpal yang dibentuk oleh tulang karpal di tiga sisi dan ligamen yang melintang di atasnya.
b. *Hand-Arm Vibration Syndrome* (HAVS) adalah gangguan pada pembuluh darah dan saraf di jari tangan yang disebabkan oleh paparan getaran dari alat kerja atau permukaan benda yang bergetar dan ditransmisikan langsung ke tangan. Kondisi ini juga dikenal sebagai *white finger* atau *traumatic vasopathic disease*.
c. *Low Back Pain Syndrome* (LBP) merupakan istilah umum untuk berbagai kondisi patologis yang memengaruhi tulang, tendon, saraf, ligamen, serta diskus intervertebralis pada tulang belakang.

d. *Peripheral Nerve Entrapment Syndrome* adalah kondisi terjepitnya saraf pada tangan atau kaki, baik saraf sensorik, motorik, maupun otonom.
e. *Peripheral Neuropathy* adalah gejala permulaan yang tersembunyi dan membahayakan dari *dysesthesias* dan ketidakmampuan dalam menerima sensasi.
f. Tendinitis merupakan peradangan pada tendon, adanya struktur ikatan yang melekat pada masing- masing bagian ujung dari otot ke tulang. Sedangkan *Tenosynovitsi* merupakan peradangan tendon yang juga melibatkan *synovium* (perlindungan tendon dan pelumasnya).

Menurut Tarwaka (2010) keluhan otot dapat dibedakan menjadi dua yaitu (Rusli et al., 2021):

a. Keluhan sementara (*reversible*), yakni keluhan otot yang muncul saat otot menerima beban statis, namun akan segera menghilang setelah pembebanan dihentikan.
b. Keluhan menetap (*persistent*), yaitu keluhan otot yang bersifat menetap, di mana rasa nyeri tetap dirasakan meskipun pembebanan kerja telah dihentikan.

Menurut Oborne (1995) Gejala yang menunjukkan tingkat keparahan MSDs dapat dilihat dari tingkatan sebagai berikut:

a. Tahap pertama, ditandai dengan munculnya rasa nyeri dan kelelahan saat bekerja, namun keluhan tersebut akan hilang setelah beristirahat dan tidak mengganggu kapasitas kerja.

b. Tahap kedua, ditandai dengan rasa nyeri yang masih dirasakan setelah beristirahat semalaman dan mulai mengganggu waktu istirahat.
c. Tahap ketiga, ditandai dengan nyeri yang tetap dirasakan meskipun telah beristirahat cukup, munculnya nyeri saat melakukan pekerjaan berulang, gangguan tidur, serta kesulitan dalam melaksanakan pekerjaan yang pada akhirnya dapat menyebabkan terjadinya inkapasitas.

Menurut Suma'mur (1996), gejala-gejala MSDs yang biasa dirasakan oleh seseorang adalah (Rusli et al., 2021):

a. Leher dan punggung terasa kaku
b. Bahu terasa nyeri, kaku ataupun kehilangan fleksibelitas.
c. Tangan dan kaki terasa nyeri seperti tertusuk.
d. Siku ataupun mata kaki mengalami sakit, bengkak dan kaku.
e. Tangan dan pergelangan tangan merasakan gejala sakit atau nyeri disertai bengkak.
f. Mati rasa, terasa dingin, rasa terbakar ataupun tidak kuat.
g. Jari menjadi kehilangan mobilitasnya, kaku dan kehilangan kekuatan serta kehilangan kepekaan.
h. Kaki dan tumit merasakan kesemutan, dingin, kaku ataupun sensasi rasa panas.

Menurut Tarkawa (2004) Metode untuk mengetahui keluhan MSDs salah satunya adalah dengan menggunakan kuesioner *Nordic Body Map* (NBM). *Nordic Body Map* adalah peta tubuh untuk mengetahui bagian otot yang

mangalami keluhan dan tingkat keluhan otot skeletal yang dirasakan pekerja. *Nordic Body Map* membagi tubuh menjadi 27 bagian tubuh, mulai dari leher hingga kaki yang memperkirakan tingkat keluhan MSDs yang dialami pekerja. *Nordic Body Map* tidak dapat dijadikan diagnosa klinik karena bersifat subjektif yaitu berdasarkan persepsi responden, bukan berdasarkan diagnosa medis (Tarwaka et al., 2004).

Pekerja pengelasan yang sehari-harinya melakukan kegiatan yang mengharuskan membungkuk, jongkok, berlutut dalam jangka waktu yang cukup lama, sering beresiko akan mengalami *Work Related Musculoskeletal Disorder* (WMSDs). *Musculoskeletal disorder* merupakan keluhan yang terjadi pada bagian-bagian otot skeletal yang dirasakan oleh seorang pekerja dengan keluhan yang ringan hingga keluhan yang berat (sangat sakit) (Nilamsari & Innafin, 2022). Salah satu terjadinya keluhan m*usculoskeletal disorders* menurut wicakso karena adanya kelelahan dan keletihan secara terus-menerus yang disebabkan oleh frekuensi atau periode waktu yang lama dari usaha otot dalam menerima beban statis (Wicaksono et al., 2021). Seorang karyawan pada bagian pengelasan sering mengalami ketidak nyamanan dalam bekerja pada saat pengelasan. Biasanya postur kerja yang sering dilakukan seorang pengelasan yaitu jongkok, membungkuk, berdiri, dan posisi miring (Putra et al., 2024).

Untuk mengidentifikasi dan mengukur tingkat risiko MSDs pada pekerja pengelasan, diperlukan metode penilaian yang sistematis dan terstandar. *Nordic Body Map* (NBM) merupakan salah satu instrumen yang dapat

digunakan untuk mengidentifikasi lokasi dan tingkat keluhan muskuloskeletal yang dialami pekerja melalui pemetaan tubuh yang komprehensif. Sementara itu, metode *Rapid Entire Body Assessment* (REBA) dapat digunakan untuk menilai postur kerja dan faktor risiko ergonomi secara menyeluruh, termasuk posisi tubuh, beban kerja, dan aktivitas otot yang dapat berkontribusi terhadap terjadinya MSDs. Kombinasi penggunaan NBM dan REBA akan memberikan gambaran yang lebih lengkap mengenai kondisi muskuloskeletal pekerja pengelasan dan tingkat risiko yang mereka hadapi, sehingga dapat menjadi dasar untuk merancang intervensi ergonomi yang tepat guna mencegah dan mengurangi kejadian MSDs di tempat kerja. *Musculoskeletal Disorders* (MSDs) umumnya terjadi akibat dua penyebab utama, yaitu cedera akibat kelelahan yang berlangsung secara terus-menerus karena frekuensi dan durasi penggunaan otot yang panjang saat bekerja, termasuk dalam aktivitas mengangkat beban, serta cedera mendadak yang timbul akibat aktivitas berat atau gerakan yang tidak terduga. Oleh karena itu, upaya pencegahan dan penanganan keluhan MSDs sangat penting untuk menurunkan tingkat kelelahan pekerja, menjaga kesehatan dan keselamatan kerja, serta mendukung peningkatan produktivitas perusahaan.

3. Pengertian Kelelahan

Menurut Grandjean (1993) Kelelahan merupakan mekanisme perlindungan tubuh untuk mencegah terjadinya kerusakan lebih lanjut, sehingga memungkinkan terjadinya pemulihan setelah beristirahat. Kelelahan

dikendalikan secara sentral oleh otak, di mana pada sistem saraf pusat terdapat sistem aktivasi yang bersifat simpatis dan sistem inhibisi yang bersifat parasimpatis. Istilah kelelahan menggambarkan kondisi yang dapat berbeda pada setiap individu, namun secara umum bermuara pada penurunan efisiensi, kapasitas kerja, dan daya tahan tubuh. Kelelahan diklasifikasikan menjadi dua jenis, yaitu kelelahan otot dan kelelahan umum. Kelelahan otot ditandai dengan munculnya tremor atau rasa nyeri pada otot, sedangkan kelelahan umum umumnya ditunjukkan dengan menurunnya motivasi untuk bekerja, yang dapat dipengaruhi oleh lamanya aktivitas fisik, kondisi lingkungan kerja, faktor mental, status kesehatan, serta keadaan gizi (Tarwaka et al., 2004).

Menurut Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 36 Tahun 2009 tentang Kesehatan pada Pasal 164, upaya kesehatan kerja bertujuan melindungi pekerja agar tetap sehat, terbebas dari gangguan kesehatan, serta pengaruh negatif yang ditimbulkan oleh pekerjaan. Salah satu gangguan kesehatan yang sering terjadi adalah kelelahan, yang merupakan salah satu faktor yang dapat mengurangi kemampuan kerja. Kelelahan tersebut dapat menurunkan kinerja pekerja dan meningkatkan risiko kesalahan kerja, sehingga berpotensi menyebabkan kecelakaan kerja (Basalamah et al., 2022).

Kelelahan kerja merupakan kondisi yang dialami oleh tenaga kerja yang dapat menyebabkan penurunan vitalitas serta produktivitas kerja. Dalam penelitian ini, kelelahan kerja yang dimaksud adalah kelelahan umum, yang ditandai dengan melambatnya waktu reaksi dan munculnya perasaan lelah

pada tenaga kerja (Cahyono & Koentjoro, 2015). Kelelahan berfungsi sebagai mekanisme perlindungan tubuh untuk mencegah terjadinya kerusakan lebih lanjut, sehingga memungkinkan pemulihan melalui istirahat. Kondisi ini berdampak pada penurunan kapasitas dan daya tahan kerja, yang ditunjukkan oleh sensasi lelah, menurunnya motivasi, serta berkurangnya aktivitas kerja (Basalamah et al., 2022)

Kelelahan kerja mengacu pada kelelahan mental atau fisik yang dapat mengurangi kemampuan untuk melakukan pekerjaan secara efektif dan aman. Menurut *Workplace Health and Safety Queensland* (WHS Queensland) kelelahan empat kali lebih mungkin berkontribusi pada gangguan pengemudi daripada obat-obatan atau alcohol. Menurut Astrand dan Rodahl (1977) serta Pulat (1992), gejala kelelahan dapat muncul mulai dari tingkat yang sangat ringan hingga perasaan sangat melelahkan. Kelelahan subjektif umumnya dirasakan pada akhir jam kerja, terutama apabila rata-rata beban kerja melebihi 30–40% dari kapasitas aerobik maksimal (Tarwaka et al., 2004).

Kelelahan pada dasarnya merupakan hilangnya efektivitas, penurunan kemampuan kerja, dan berkurangnya daya tahan fisik. Kelelahan dibedakan menjadi kelelahan otot, yang ditandai rasa lemah atau nyeri pada otot, dan kelelahan umum, yang ditandai menurunnya semangat kerja akibat beban kerja, durasi kerja, lingkungan, faktor mental, kesehatan, dan gizi. Kelelahan dapat terjadi dari tingkat ringan hingga berat, dan umumnya muncul ketika beban kerja melebihi 30–40% kapasitas aerobik maksimal (Tarwaka et al., 2004).

Faktor-faktor yang dapat menyebabkan kelelahan kerja dapat dibagi menjadi dua yaitu (Sitohang, 2019):

a. Faktor internal

1) Umur

Seiring bertambahnya usia, terjadi proses degenerasi pada organ tubuh yang berdampak pada penurunan fungsi organ. Penurunan fungsi tersebut menyebabkan pekerja lebih mudah mengalami kelelahan kerja. Pada usia yang lebih tua, efisiensi kerja cenderung menurun, namun kondisi ini biasanya diimbangi dengan stabilitas emosi yang lebih baik dibandingkan pekerja usia muda (Sitohang, 2019).

2) Jenis Kelamin

Perbedaan fisik antara laki-laki dan perempuan terlihat pada ukuran tubuh serta kekuatan otot. Secara umum, kekuatan otot perempuan lebih rendah dibandingkan laki-laki, sehingga dapat memengaruhi kemampuan kerja dan menjadi salah satu faktor terjadinya kelelahan kerja. Selain itu, perempuan memiliki kondisi biologis yang lebih kompleks, seperti menstruasi, yang dapat menyebabkan perempuan lebih mudah merasa lelah dibandingkan saat tidak mengalami menstruasi.

3) Status Kesehatan

Menurut Muftia (2005 dalam Sitohang, 2019), kondisi kesehatan fisik merupakan faktor penting dalam pelaksanaan pekerjaan. Pekerja dengan kesehatan fisik yang kurang baik akan mengalami kesulitan

dalam menyelesaikan tugas secara optimal. Status kesehatan dapat memengaruhi tingkat kelelahan kerja, terutama jika pekerja memiliki riwayat penyakit tertentu seperti gangguan ginjal, penyakit jantung, hipertensi, maupun gangguan psikologis.

4) Postur kerja

Postur kerja yang tidak ergonomis atau janggal dapat menimbulkan nyeri pada otot rangka sehingga memicu terjadinya kelelahan. Kelelahan akibat postur kerja statis berbeda dengan kelelahan akibat postur kerja dinamis. Pada pekerjaan dengan postur statis, pengerahan tenaga sebesar 50% hanya memungkinkan pekerja bertahan bekerja dalam waktu singkat dibandingkan postur dinamis (Hasibuan, 2019).

b. Faktor eksternal

1) Beban Kerja

Menurut Tarwaka (2010), dari sudut pandang ergonomi, beban kerja yang diberikan kepada pekerja harus disesuaikan dan seimbang dengan kemampuan fisik dan kognitif serta keterbatasan pekerja yang menerimanya.

2) Jenis Pekerjaan

Tarwaka (2004 dalam Sitohang, 2019) menyatakan bahwa setiap jenis pekerjaan menuntut keterampilan tertentu, meliputi pengetahuan tentang prosedur kerja, penerapannya, serta pemahaman detail terhadap aspek-aspek pekerjaan hingga keselamatan kerja. Setiap pekerja memiliki kemampuan yang berbeda dari sisi fisik, mental, maupun

sosial. Oleh karena itu, penempatan tenaga kerja yang tepat perlu mempertimbangkan kesesuaian pengalaman, keterampilan, motivasi, dan kepastian kerja (Sitohang, 2019).

3) Masa Kerja

Setiap individu memiliki kemampuan adaptasi dan respons yang berbeda terhadap pekerjaan. Pekerja memerlukan waktu untuk menyesuaikan diri dengan tugas dan aktivitas kerja sehari-hari, yang pada akhirnya dapat memengaruhi daya tahan tubuh terhadap kelelahan serta pengalaman kerja yang dimiliki.

4) Lingkungan Kerja

Lingkungan kerja mencakup aspek sosial, psikologis, dan fisik di tempat kerja yang dapat memengaruhi pekerja dalam menjalankan tugasnya. Hubungan antara manusia dan lingkungan bersifat sangat erat, karena manusia senantiasa berusaha menyesuaikan diri dengan berbagai kondisi lingkungan di sekitarnya. Hal yang sama berlaku dalam konteks kerja, di mana pekerja memiliki keterkaitan yang kuat dengan lingkungan kerjanya (Sitohang, 2019).

Adapun faktor yang mempengaruhi kelelahan terbagi dua, yaitu faktor internal dan faktor eksternal. Faktor internal meliputi umur, status gizi, kondisi psikologis, serta sikap atau cara kerja. Sementara itu, faktor eksternal mencakup sistem shift kerja, masa kerja, iklim kerja, dan beban kerja. Tingginya beban kerja yang tidak diimbangi dengan pengaturan shift kerja

sesuai standar operasional prosedur (SOP) dapat meningkatkan risiko terjadinya kelelahan kerja (Safdi Family, 2021).

Menurut Grandjean (1993) mengelompokkan metode pengukuran kelelahan dalam beberapa kelompok sebagai berikut (Tarwaka et al., 2004):

a. Kualitas dan kuantitas kerja yang dilakukan

   Metode ini menilai kelelahan melalui kualitas dan kuantitas hasil kerja. Kuantitas *output* dapat dilihat dari jumlah proses kerja atau waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan setiap unit pekerjaan. Namun, penilaian ini dipengaruhi oleh berbagai faktor lain seperti target produksi, kondisi sosial, serta aspek psikologis pekerja. Sementara itu, kualitas *output* seperti kerusakan atau penolakan produk serta frekuensi kecelakaan kerja dapat mencerminkan adanya kelelahan, meskipun faktor tersebut bukanlah merupakan *causal factor*.

b. Uji psiko-motor (*Psychomotor test*)

   Metode ini berkaitan dengan fungsi persepsi, interpretasi, dan reaksi motorik. Salah satu bentuk pengukuran yang digunakan adalah waktu reaksi, yaitu interval antara pemberian rangsangan hingga munculnya respons. Rangsangan dapat berupa cahaya, suara, sentuhan, atau gerakan. Pemanjangan waktu reaksi menunjukkan adanya perlambatan fungsi sistem saraf dan otot akibat kelelahan..

c. Uji hilangnya kelipan (*flicker-fusion test*)

   Pada kondisi lelah, kemampuan pekerja dalam mendeteksi kelipan cahaya akan menurun. Semakin tinggi tingkat kelelahan, semakin lama

jarak waktu yang dibutuhkan untuk membedakan dua kelipan. Selain untuk mengukur kelelahan, uji ini juga mencerminkan tingkat kewaspadaan pekerja.

d. Perasaan kelelahan secara subjektif (*Subjective feelings of fatigue*)

Subjective Self Rating Test dari *Industrial Fatigue Research Committee* (IFRC) Jepang, merupakan salah satu kuesioner yang dapat untuk mengukur tingkat kelelahan subjektif. Kuesioner ini terdiri dari 30 pertanyaan yang mencakup pelemahan aktivitas, penurunan motivasi, dan gejala kelelahan fisik. Sinclair (1992) menyebutkan beberapa metode pengukuran subjektif, antara lain metode perankingan, penilaian skala, kuesioner, dan wawancara.

e. Uji mental

Metode ini menilai kelelahan melalui kemampuan konsentrasi, ketelitian, dan kecepatan kerja. Salah satu alat yang digunakan adalah *Bourdon Wiersma Test*, yang dapat mengukur kecepatan, ketelitian, dan konsistensi kerja. Hasil pengujian menunjukkan bahwa semakin tinggi tingkat kelelahan, maka semakin menurun pula kemampuan tersebut. Namun, metode ini lebih tepat digunakan untuk menilai kelelahan akibat pekerjaan yang bersifat mental.

Kelelahan kerja dapat dikurangi dengan menghindari postur kerja statis dan mengupayakan sikap kerja yang lebih dinamis. Perubahan postur kerja yang tidak ergonomis menjadi postur yang ergonomis dan bervariasi, khususnya pada pekerja galangan kapal, dapat membantu memperlancar

sirkulasi darah dan oksigen ke seluruh tubuh (Suhartini, 2022). Oleh sebab itu, penerapan prinsip ergonomi menjadi sangat penting karena mampu mencegah gangguan muskuloskeletal, cedera akibat kerja, serta kelelahan yang sering dialami pekerja akibat postur kerja yang tidak tepat, gerakan berulang, maupun penggunaan peralatan yang tidak sesuai dengan kemampuan fisik manusia. Pekerja atau operator pengelasan sering kali tidak menyadari adanya gangguan muskuloskeletal yang dialaminya, padahal di antara berbagai postur kerja, postur janggal merupakan postur yang paling berisiko menimbulkan cedera kerja dan pada akhirnya dapat memicu terjadinya kelelahan kerja.

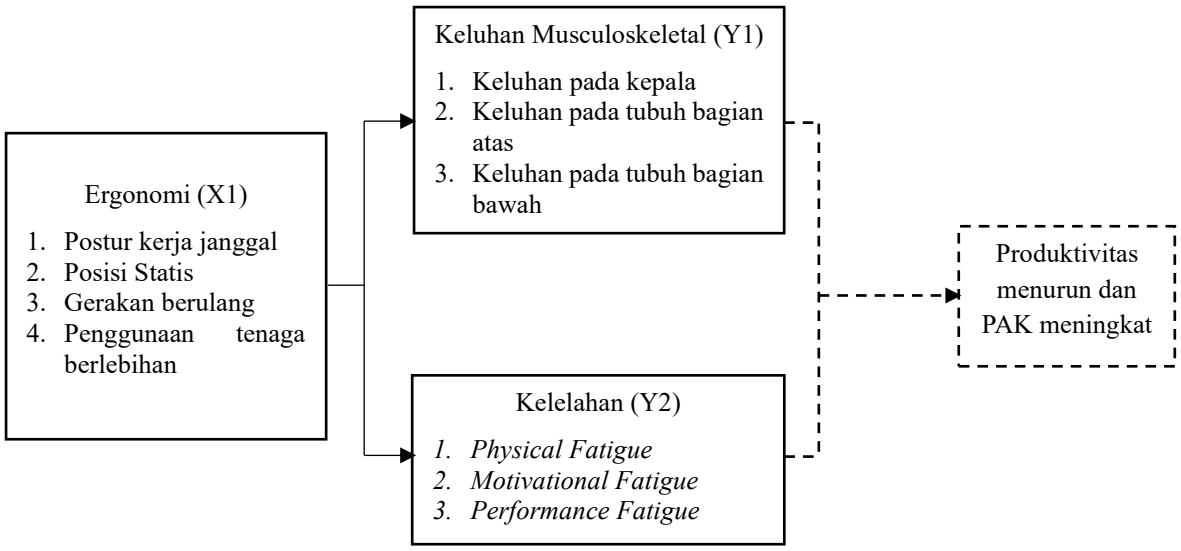
4. Hubungan Ergonomi dengan Keluhan *Musculoskeletal Disorders* dan Kelelahan

Hubungan antara ergonomi, keluhan *musculoskeletal disorders* (MSDs), dan kelelahan sangat erat, terutama dalam pekerjaan berisiko tinggi seperti pengelasan di galangan kapal. Ergonomi, yang berfokus pada penyesuaian pekerjaan, alat, dan lingkungan dengan kemampuan fisik dan mental manusia, bertujuan menciptakan kenyamanan, keamanan, dan efisiensi (Tarwaka et al., 2004). Namun, ketidaksesuaian ergonomi, seperti postur kerja janggal (jongkok lama, membungkuk, atau memutar badan), gerakan berulang, beban kerja fisik berat (misalnya, mengangkat pelat besi), dan lingkungan kerja buruk (panas, berdebu, ruang terbatas), meningkatkan risiko MSDs dan kelelahan. MSDs, yang mencakup nyeri pada otot, saraf, tendon, ligamen, atau sendi seperti nyeri punggung bawah dan *carpal tunnel*

syndrome, terjadi akibat tekanan mekanis dari postur tidak alami dan beban berulang, yang dapat menyebabkan kerusakan permanen (NIOSH, 1997; Bridger, 1995).

Penelitian Moch. Sahri dkk. (2023) menemukan hubungan signifikan antara postur membungkuk dan keluhan MSDs pada leher, bahu, dan punggung pekerja galangan kapal, sementara Anita Bela Dina dkk. (2024) mengkonfirmasi aktivitas berulang sebagai pemicu utama. Kuesioner *Nordic Body Map* (NBM) dan *Rapid Entire Body Assessment* (REBA) digunakan untuk mengukur keluhan ini (Tarwaka et al., 2004). Sementara itu, kelelahan, baik otot (tremor, nyeri) maupun umum (kurang motivasi, lambat reaksi), dipicu oleh postur statis, durasi kerja panjang (8 jam), dan lingkungan kerja yang tidak mendukung, yang mempercepat penurunan kapasitas kerja (Grandjean, 1993; ILO, 1998 dalam Astuti, 2009). Suhartini (2022) menunjukkan bahwa intervensi ergonomi partisipatori efektif menurunkan kelelahan dan MSDs secara signifikan. Kelelahan dan MSDs saling memperburuk: tubuh yang lelah lebih rentan terhadap cedera otot, dan nyeri MSDs meningkatkan rasa lelah (Wicakso dalam skripsi). Dengan demikian, penerapan ergonomi, seperti desain stasiun kerja yang sesuai antropometri, pengaturan postur, dan istirahat berkala, sangat penting untuk mengurangi kedua masalah ini, meningkatkan kesehatan pekerja, dan mendukung produktivitas perusahaan (Tarwaka, 2004; Las et al., 2022)

B. Kerangka Konsep



Gambar 2. 2 Kerangka Konsep Penelitian Hubungan Faktor Risiko Ergonomi Dengan Tingkat Kelelahan dan Kejadian *Musculoskeletal Disorders* Pada Pekerja Pengelasan PT Adiluhung Saranasegara Indonesia

Keterangan :

Garis lurus : Diteliti

Garis putus-putus : Tidak diteliti

C. Hipotesis

1. H1 : Terdapat hubungan faktor risiko ergonomi (X1) dengan tingkat kelelahan (Y1) pada pekerja pengelasan PT Adiluhung Saranasegara Indonesia
2. H1 : Terdapat hubungan faktor risiko ergonomi (X1) dengan keluhan *musculoskeletal disorders* (Y2) pada pekerja pengelasan PT Adiluhung Saranasegara Indonesia