

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Iklim Kerja Panas

Paparan panas diketahui dapat mempengaruhi efek kesehatan apabila pajanan tekanan panas yang diterima melebihi apa yang ditoleransi tubuh atau ketidakmampuan kapasitas individu dalam mengatur energi panas dalam tubuh, sehingga tubuh mengalami peningkatan suhu dan timbullah respon gangguan fisiologis (Aulia, Mayasari and Saftarina, 2023). NIOSH mendefinisikan iklim kerja panas atau tekanan panas sebagai beban panas yang diterima tubuh akibat kombinasi dari panas metabolik, panas dari lingkungan kerja, dan panas dari suhu rektal seperti pakaian yang dikenakan karena menyimpan panas dalam tubuh. Jumlah tekanan panas pada manusia disebabkan oleh paparan panas dari lingkungan dan penumpukan panas metabolik dalam tubuh. Oleh karena itu, tekanan panas dapat terakumulasi dari lingkungan kerja dan suhu tubuh akibat aktivitas fisik (Ramdhan, 2023).

Iklim tropis yang dimiliki negara Indonesia yakni musun hujan dan kemarau rentan menyebabkan banyak pekerja terpajan panas seperti pekerja di pertambangan, konstruksi, manufaktur, bahkan pertanian yang berisiko terpapar iklim kerja panas baik langsung dari matahari (*outdoor*), mesin produksi (*indoor*), maupun dari aktivitas metabolisme pekerjaan fisik yang berat. Keadaan tersebut menyebabkan gangguan efek fisiologis tubuh akut bahkan kronis apabila tidak dilakukan pengendalian terhadap paparan yang diterima (Sunaryo and Rhomadhoni, 2020).

Dampak kesehatan yang ditimbulkan akibat paparan iklim kerja panas dapat berupa kram, kelelahan, pingsan, hingga menimbulkan *stroke* yang merupakan efek akut dari paparan panas terkait suhu tubuh diatas batas normal yakni 36,8 – 37,2°C serta kurangnya cairan tubuh (Thom and Adi, 2023). Paparan iklim kerja panas menimbulkan dampak langsung terhadap kesehatan serta dampak tidak langsung yaitu kecelakaan kerja. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa pajanan panas dapat terjadi pada pekerja konstruksi, industri baja, dan pertanian (Ramdhan, 2023).

Efek kesehatan kronis yang timbul akibat pajanan panas dapat berupa *chronic kidney disease* (CKD) atau ginjal kronik, penyakit kardiovaskular, dan hipertensi. Penyakit ginjal kronik (CKD) akibat tekanan panas saat ini dianggap sebagai masalah global dikalangan pekerja pertanian seperti di wilayah Amerika, Meksiko, Sri Lanka, dan India. Hasil studi lapangan dan uji klinis penderita penyakit CKD biasanya bekerja secara *manual operation* di lingkungan dengan iklim kerja panas dan sering mengalami *heat stress* serta dehidrasi berulang (Ramdhan, 2023).

Tubuh manusia selain diketahui menyerap panas dari lingkungan juga memperoleh panas dari aktivitas fisik pekerjaannya. Pekerja yang melakukan pekerjaan fisik dengan kategori berat perlu mendapatkan perhatian terkait dampak kesehatan dari pajanan iklim kerja panas (Wardani *et al.*, 2023).

2.1.1 Sumber Iklim Kerja Panas

Lingkungan kerja fisik khususnya paparan iklim kerja memegang peranan dalam meningkatkan produktivitas para pekerja, maka penciptaan lingkungan kerja yang nyaman penting untuk dilakukan. Menurut Fitriani *et al.*, (2023) dengan mengetahui sumber iklim kerja panas dapat melakukan pencegahan akibat dampak paparannya. Sumber iklim kerja panas terbagi menjadi :

1. Iklim lingkungan kerja panas sebagai keadaan tekanan yang ditentukan akibat faktor dari suhu udara, kelembaban, suhu radiasi, dan kecepatan gerak udara.
2. Aktivitas produksi yakni proses produksi dengan menggunakan mesin-mesin yang menimbulkan panas sehingga beban paparan panas pada lingkungan kerja.
3. Aktivitas fisik pekerja atau beban kerja fisik yang melibatkan kerja otot dalam melaksanakan pekerjaannya. Hal tersebut membutuhkan asupan energi dari karbohidrat, protein, lemak, dan oksigen untuk proses oksidasi metabolisme yang menghasilkan panas.

2.1.2 Faktor yang Mempengaruhi Iklim Kerja Panas

Menurut Puspitasari (2020) untuk mengevaluasi hubungan iklim kerja panas terhadap paparan yang diterima pekerja perlu untuk mempertimbangkan faktor variabel yang mempengaruhinya seperti ;

1. Faktor lingkungan yang terdiri dari suhu, kelembaban, kecepatan angin, sinar matahari, debu, dan aerosol. Kecepatan angin dalam suatu ruang mempengaruhi suhu termal dari lingkungan dimana angin dan ventilasi silang yang ada (*cross ventilation*) menghasilkan penyegaran udara ventilasi terbaik, selain terjadi pertukaran udara dalam ruang juga terjadi proses penguapan yang menurunkan suhu pada kulit manusia (Zurairhan, Munandar and Muliani, 2023).

Tabel 2.1 Pengaruh Kecepatan Angin terhadap Kenyamanan

Kecepatan Angin Bergerak (m/s)	Pengaruh Kenyamanan	Efek Penyegaran Suhu (Suhu 30°C)
< 0.25	Tidak dapat dirasakan	0
0.25 – 0.5	Paling nyaman	0.5 – 0.7
0.5 - 1	Masih nyaman	1.0 – 1.2
1 – 1.5	Kecepatan maksimal	1.7 – 2.2
1.5 – 2	Kurang nyaman, berangin	2.0 – 3.3
>2	Kesehatan penghuni terpengaruh oleh kecepatan angin yang tinggi	

Sumber : (Zurairhan, Munandar and Muliani, 2023)

2. Faktor manusia yang berasal dari dalam tubuh atau ketahanan individu adalah usia, jenis kelamin, kebugaran, antropometry, status gizi, derajat kesehatan, serta aklimatisasi.
3. Faktor pekerjaan yang berpengaruh seperti lamanya dalam menyelesaikan tugas, kompleksitas pekerjaan, beban fisik, beban mental, serta keterampilan yang diisyaratkan.

2.1.3 Mekanisme Keseimbangan Panas Tubuh

Manusia memiliki sistem untuk menjaga suhu tubuh tetap konstan meskipun suhu lingkungan berubah-ubah. Tubuh harus melepaskan atau membuang kelebihan panas untuk menjaga suhu tubuh pada tingkat yang aman melalui sirkulasi darah dan pengeluaran keringat (Abrignani *et al.*, 2022). Jika suhu dalam darah lebih tinggi dari 98,6°F, respon otomatis pengaturan panas tubuh terjadi dan otak bertanggung jawab untuk mengatur dan mengontrol suhu tubuh (Desai, Khraishah and Alahmad, 2023). Tujuan pengeluaran keringat bukan untuk mendinginkan tubuh, tetapi untuk mengeluarkan cairan dari kulit melalui proses evaporasi. Jika kelembaban tinggi, proses evaporasi keringat dari kulit akan terhambat yang berarti tubuh tidak dapat mempertahankan suhu tubuh di bawah titik yang aman (Ramdhan, 2023).

Sel-sel tubuh seperti otot, lemak, dan kulit berguna sebagai pembatas antara suhu tubuh dan lingkungan. Suhu pada kulit umumnya 5–6°F dibandingkan dengan suhu tubuh, dan dapat meningkat atau menurun menyesuaikan kondisi akibat dari lingkungan sekitar dan aktivitas fisik. Aktivitas fisik yang sangat berat akan menghasilkan lebih dari 600 kkal/jam sehingga panas yang dihasilkan melalui

aktivitas fisik harus dikurangi untuk menjaga suhu tubuh yang optimal (Desai, Khraishah and Alahmad, 2023).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tekanan darah pekerja meningkat secara signifikan sebelum dan sesudah terpapar panas yang dapat memperburuk kondisi mereka (Dewi and Ramdhan, 2022). Seorang pekerja yang memiliki riwayat penyakit kardiovaskular seperti penyakit jantung atau hipertensi yang sewaktu-waktu dapat terjadi sesuai dengan kondisi lingkungan serta kondisi fisik, salah satunya akibat paparan panas dan beban kerja fisik yang diterimanya (Mashlahat, Hardy and Buntara, 2020).

Paparan iklim kerja panas terhadap individu sehat menyebabkan reaksi perubahan aliran darah sebagai termogulasi yang penting untuk mengatur keseimbangan suhu tubuh (Aulia, 2023). Jika suhu lingkungan meningkat maka hal terjadi adalah peningkatan denyut jantung dan tekanan darah, peningkatan suhu inti pada kulit, serta produksi keringat meningkat jika suhu kulit mencapai 34°C. Kondisi tersebut akan meningkatkan sel darah putih secara total dan fenomena reaksi peradangan dilatasi pembuluh darah yang mengakibatkan peningkatan sirkulasi peredaran darah serta peningkatan tekanan kapiler, sehingga jumlah O₂ dan CO₂ di dalam darah akan meningkat (Haldy and Meily Kurniawidjaja, 2024).

2.1.4 Fisiologis Iklim Kerja Panas

Iklim kerja panas dapat menimbulkan gangguan fisiologis maupun psikologis bagi pekerja. Reaksi fisiologis tersebut antara lain berupa peningkatan detak jantung, suhu tubuh, tekanan darah, hingga penurunan berat badan pada pekerja (Fitriani *et al.*, 2023). Reaksi fisiologi pada tubuh dimulai ketika beban panas yang ditimbulkan mengubah suhu normal tubuh yang diatur oleh

hipotalamus. Pada kondisi tekanan panas homeostasis diperlukan untuk menjaga suhu tubuh dengan rentang antara $36,8^{\circ}\text{C} - 37,2^{\circ}\text{C}$. Fungsi dari hipotalamus salah satunya adalah mengatur aliran darah dengan memperbesar atau memperkecil diameter pembuluh darah apabila mengharuskan tubuh mengalami perubahan. Hipotalamus akan memicu vasodilatasi pembesaran pembuluh darah akibatnya lebih banyak darah yang terdistribusikan ke permukaan kulit dengan metode radiasi atau konveksi (Ramdhan, 2023).

Ketika terjadi perpindahan panas, hipotalamus akan merangsang kelenjar ekrin untuk mengeluarkan keringat serta meningkatkan aliran darah untuk mengeluarkan panas tubuh ke lingkungan selama beraktivitas pada lingkungan panas. Penambahan *strain* pada aliran darah akibat paparan iklim kerja panas, dapat meningkatkan kecepatan peningkatan aliran darah sehingga terjadi peningkatan metabolisme pada sel-sel otot. Peningkatan tersebut memicu kecepatan jantung untuk memompa akibatnya frekuensi denyut jantung ikut meningkat. Hal itu bertujuan untuk meningkatkan penguapan keringat sebagai bentuk respon fisiologis untuk mempertahankan suhu tubuh (Tangdiesak, 2023).

2.1.5 Pengaruh Tekanan Panas terhadap Tekanan Darah

Suhu tubuh manusia sangat bergantung pada berbagai reaksi kimia yang terjadi di dalamnya, seperti penggunaan obat antihipertensi, diuretik, dan antidepresan adalah salah satu yang dapat mempengaruhi sistem termoregulasi tubuh (Calvi *et al.*, 2021). Mekanisme kerja untuk menurunkan tekanan darah yaitu dengan meningkatkan jumlah eksresi urin atau diuresis sebagai respon pengaruh keseimbangan tubuh (Ramadhian, Ricky and Pahmi, 2021). Seorang dengan konsumsi obat deuretik memiliki efek samping menghasilkan peningkatan

reabsorpsi natrium dan air dari tubulus ginjal serta meningkatkan pembentukan volume air seni sehingga dapat menurunkan tekanan darah (Silviana, Handayani and Askani, 2021), sebagaimana dengan obat antidepresan *selective serotonin reuptake inhibitors* (SSRIs) dan *tricyclic antidepressants* (TCAs) memiliki kombinasi efek samping terhadap pengaruh suhu tubuh terhadap paparan panas akibatnya kehilangan keseimbangan dalam mengatur peningkatan suhu tubuh inti yang terkadang mengalami peningkatan hingga 41°C (Mason *et al.*, 2024). Obat-obatan tersebut memiliki efek pada aktivitas sistem saraf pusat, pengaturan cairan tubuh, dan peredaran darah yang nantinya berpotensi menghambat kemampuan toleransi tubuh terhadap panas, dimana kondisi tersebut dapat mengganggu kemampuan seseorang yang bekerja di lingkungan kerja panas (Aulia, 2023).

Penggunaan antihipertensi juga dapat menyebabkan terjadinya hipotensi ortostatistik dimana kondisi tekanan darah menurun secara cepat sehingga respon tubuh dalam mengembalikan tekanan darah menjadi normal mengalami gangguan (Sindarella, Nurmainah and Susanti, 2021). Apabila tekanan darah cepat mengalami penurunan dapat mempengaruhi suhu pada tubuh. Jika suhu tubuh mulai turun beberapa derajat, tubuh akan menggigil, sehingga terjadi gerakan otot yang menghasilkan lebih banyak panas untuk mempertahankan suhu tubuh. Jika panas yang dihasilkan berlebih dari lingkungan, suhu tubuh akan naik dan tubuh akan mengalami tekanan panas lebih lama (Aulia, 2023).

Tubuh setidaknya beraklimatisasi dengan termal lingkungan baru sebelum menerima beban kerja penuh, meskipun pekerja terlatih dengan baik, panas tidak dapat menggantikan proses aklimatisasi tergantung dengan ketahanan tubuh itu sendiri (Ramdhan, 2023). Aklimatisasi disarankan dilakukan secara bertahap agar

respon tubuh pekerja dapat menyeimbangkan paparan termal yang diterimanya (Jayanti, Handayani and Solechan, 2023). Beberapa obat menurut *Canadian center for occupational health and safety* dapat mengganggu aklimatisasi misalnya, obat yang menurunkan tekanan darah, seperti antihipertensi, diuretik, antispasmodik, obat penenang, antidepresan, dan amfetamin dapat mengurangi kemampuan tubuh untuk mengatasi paparan panas (DeGroot and Pacha, 2022).

2.1.6 Pengukuran Iklim Kerja Panas

Iklim kerja merupakan faktor yang berpengaruh cukup dominan terhadap produktivitas yang berhubungan dengan keselamatan dan kesehatan kerja. Oleh sebab itu, perlunya melakukan monitoring dan evaluasi lingkungan kerja dengan tujuan memperoleh tingkat suhu lingkungan kerja dari aktivitas yang dilakukan kemudian membandingkan dengan standar dan peraturan yang berlaku. Apabila akumulasi suhu lingkungan kerja yang diperoleh melebihi nilai ambang batas (NAB) yang telah ditentukan maka dapat segera melakukan tindakan perbaikan (Sunaryo and Rhomadhoni, 2020).

Metode pengukuran iklim kerja menggunakan hasil yang disebut dengan Indeks Suhu Bola Basah (ISBB) atau *wet bulb globe temperatur*. ISBB merupakan parameter untuk menilai tingkat iklim kerja panas berdasarkan hasil perhitungan antara suhu basah alami yang diperoleh dari pengukuran termometer bola basah alami (*wet bulb thermometer*), suhu udara kering yang ditunjukkan oleh termometer suhu kering, dan suhu bola diperoleh dari termometer bola (*globe thermometer*) (Permenaker 5, 2018). Alat pengukuran ISBB secara digital yang biasanya digunakan adalah *heat stress monitor*, sedangkan perhitungan ISSB apabila diukur secara konvensional menggunakan termometer dibedakan menjadi;

1. ISBB *Indoor*; pengukuran tempat kerja tanpa pengaruh radiasi matahari

$$(0,7 \times \text{Suhu Basah Alami}) + (0,2 \times \text{Suhu Bola}) + (0,1 \times \text{Suhu Kering})$$
2. ISBB *Outdoor*; pengukuran tempat kerja yang terkena radiasi sinar matahari secara langsung

$$(0,7 \times \text{Suhu Basah Alami}) + (0,3 \times \text{Suhu Bola})$$

Selain itu metode evaluasi iklim kerja membutuhkan informasi beban kerja yang ditentukan dari laju metabolit tubuh dengan merujuk pada ketentuan Permenaker 5 tahun 2018 tentang Keselamatan dan Kesehatan Lingkungan Kerja. Selanjutnya mengatur pola paparan untuk pengaturan waktu kerja dengan waktu istirahat dalam setiap jamnya tanpa menimbulkan pengaruh gangguan kesehatan dalam pekerjaannya yang ditunjukkan pada tabel 2.2. Jenis pakaian yang dikenakan pekerja juga menjadi evaluasi karena dikategorikan terhadap kategori jenis pakaian kerja yang digunakan sesuai dengan iklim kerja yang tertera pada SNI 7061:2019 tentang Pengukuran dan Evaluasi Iklim Kerja.

Tabel 2.2 Nilai Ambang Batasi Paparan Iklim Kerja Panas

Pengaturan Waktu Kerja	ISBB			
	Beban Kerja			
	Ringan	Sedang	Berat	Sangat Berat
75% - 100%	31.0	28.0	-	-
50% - 75%	31.0	29.0	27.5	-
25% - 50%	32.0	30.0	29.0	28.0
0% - 25%	32.5	31.5	30.5	30.0

Sumber : Permenaker 5 Tahun 2018

Pengukuran iklim berdasarkan SNI dilakukan dalam lingkungan kerja normal tanpa mengganggu aktivitas pekerjaan dimana pengukuran tidak membahayakan bagi alat maupun operator. Pengukuran dilakukan pagi, siang, dan sore untuk tempat kerja yang terpapar langsung matahari. Titik pengukuran

didasarkan pada jumlah sumber atau luas area pajanan panas yang mengenai pekerja selama bekerja, termasuk pajanan dari mesin atau aktivitas produksi.

2.2 Beban Kerja

Dalam ilmu ergonomi, setiap beban yang diterima pekerja harus sesuai dengan kemampuan fisik, kognitif, maupun keterbatasan terhadap beban yang diterima. Kemampuan dalam menerima beban kerja yang dimiliki pekerja yang satu dengan yang lainnya tentu berbeda-beda tergantung dari kemampuan pekerja yang bersangkutan. Beban kerja (*workload*) didefinisikan sebagai suatu kemampuan atau kapasitas pekerja dengan tuntutan pekerjaan yang dihadapi. Beban kerja yang dihadapi manusia bersifat mental atau fisik yang mana masing-masing memiliki pembebanan yang berbeda (Tarwaka, 2011).

Intensitas tingkat pembebanan kerja secara optimum dapat dicapai apabila tidak terjadi ketegangan dan tekanan yang berlebihan baik dari beban kerja fisik maupun mental. Tingkat pembebanan terlalu tinggi memungkinkan pemakaian energi yang lebih sehingga terjadi *overstress*, begitu sebaliknya intensitas pembebanan terlalu rendah menyebabkan rasa bosan dan kejenuhan *under stress*. Oleh karena itu diupayakan intensitas pembebanan pada tekanan kerja perlu diseimbangkan dengan beberapa aspek dari aktivitas pekerjaan, tugas organisasi, atau lingkungannya (Hidayah, 2022).

Beban kerja merupakan upaya yang diperlukan untuk menyelesaikan tugas yang diberikan kepada karyawan. Secara umum aktivitas kerja manusia dibedakan menjadi kerja fisik yang lebih banyak menggunakan kapasitas otot dan kerja mental yang lebih dominan menggunakan pikiran. Setiap pekerjaan yang diemban mempunyai kapasitas beban yang berbeda-beda. Idealnya, kapasitas pekerjaan yang

dilakukan karyawan disesuaikan dengan kemampuannya. Beban kerja yang melebihi kapasitas fisik dan mental seorang pekerja, maka dapat mengakibatkan sejumlah dampak negatif seperti *burnt out* dan gangguan kesehatan pekerja (Yuliani *et al.*, 2021).

2.2.1 Faktor yang Mempengaruhi Beban Kerja

Secara umum beban kerja dengan kapasitas kerja dapat dipengaruhi oleh faktor kompleks dari internal maupun eksternal.

1. Beban kerja faktor eksternal merupakan beban kerja yang berasal dari luar tubuh pekerja yang biasa disebut stresor seperti tugas yang diberikan, organisasi, dan lingkungan kerja (Nasution, 2022).
 - a. Tugas (*task*), yang dilakukan bersifat fisik seperti stasiun kerja, alat dan sarana kerja, kondisi dan medan kerja, sikap kerja, cara angkat, beban yang diangkat, dan lain sebagainya, sedangkan tugas yang bersifat mental seperti tingkat kesulitan yang dapat mempengaruhi emosi pekerja, tanggung jawab serta kompleksitas terhadap pekerjaan.
 - b. Organisasi kerja meliputi waktu istirahat, lamanya bekerja, shift kerja, bahkan model struktur organisasi juga dapat mempengaruhi beban kerja akibat limpahan tugas, wewenang dan tanggung jawab yang didistribusikan.
 - c. Lingkungan kerja yang memiliki komponen fisik dan *non*-fisik dapat pula menjadi beban tambahan bagi pekerja.
2. Beban kerja faktor internal berasal dari dalam tubuh pekerja sebagai akibat adanya reaksi dari beban kerja eksternal (*strain*) yang dapat dinilai baik secara objektif maupun subjektif. Penilaian objektif dilakukan melalui perubahan reaksi fisiologis, sedangkan penilaian subjektif melalui perubahan reaksi

psikologis dan perilakunya. Secara umum faktor internal meliputi faktor somatis seperti jenis kelamin, usia, ukuran tubuh, status gizi, serta faktor psikis seperti motivasi, kepercayaan, persepsi, dll (Tarwaka, 2011).

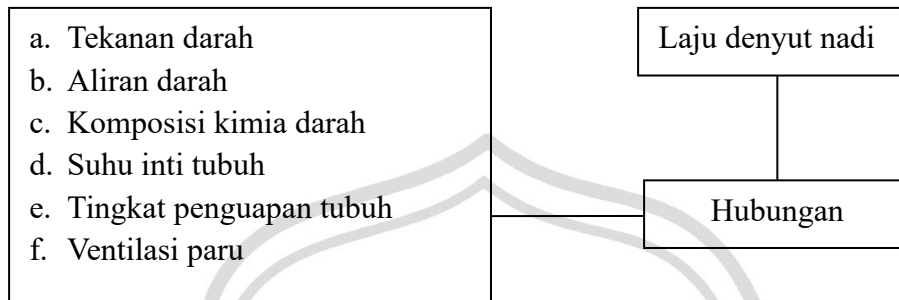
2.2.2 Beban Kerja Fisik

Beban kerja fisik memerlukan otot sebagai sumber tenaga dalam memenuhi tuntutan kemampuan pekerja secara fisik. Bekerja secara fisik disebut *manual operation* yang mana performansi kerja sepenuhnya mengandalkan upaya manusia sebagai sumber tenaga dan pengendali kerja. Selama kerja fisik berlangsung, maka konsumsi energi sebagai faktor utama yang dijadikan tolak ukur penentu berat ringannya beban dari suatu pekerjaan (Tarwaka, 2011).

Beban kerja fisik erat kaitanya dengan konsumsi energi. Setiap melakukan aktivitas kerja fisik akan mengakibatkan perubahan fungsi faal tubuh diantaranya konsumsi oksigen, laju detak jantung, ventilasi paru, suhu rektal, komposisi kimia darah, dan tingkat penguapan keringat (Puspita and Puspawardhani, 2020). Berat ringannya beban kerja fisik yang diterima digunakan untuk menentukan lamanya pekerja dalam melakukan pekerjaannya sesuai kemampuan dan kapasitas yang dimiliki. Semakin berat pembebanan aktivitas fisik yang diterima, maka semakin pendek waktu pekerja dalam menyelesaikan pekerjaannya tanpa menimbulkan gangguan fisiologis yang berarti (Permenaker 5, 2018).

Pendekatan beban kerja secara fisiologi merupakan sistem teknik perancangan kerja maupun tempat kerja yang memerlukan otot atau energi fisik manusia sebagai sumber tenaganya. Parameter utama dalam penentuan tingkat beban kerja fisik adalah konsumsi energi. Konsumsi energi pada waktu kerja dapat ditentukan dengan cara tidak langsung melalui pengukuran denyut nadi, tekanan

darah, aliran darah, komposisi kimia darah, temperatur tubuh, tingkat penguapan, dan jumlah udara yang dikeluarkan paru-paru (Perdana, Dewiyana and Andriani, 2023).



Sumber : (Tarwaka, 2011)

Gambar 2.1 Ilustrasi Hubungan Laju Denyut Nadi dengan Fungsi Faal Tubuh

2.2.3 Penilaian Beban Kerja Fisik

Penilaian beban kerja fisik untuk melihat berat ringannya terhadap pembebanan saat bekerja dalam memenuhi konsumsi kebutuhan energi dapat dilakukan dengan dua metode penilaian langsung dan tidak langsung. Metode pengukuran langsung dilakukan dengan mengukur energi yang dikeluarkan melalui asupan oksigen selama bekerja (Hidayat, 2021), semakin berat beban kerja fisik yang diterima, maka semakin banyak asupan oksigen yang dikonsumsi. Meskipun metode pengukuran asupan oksigen ini sangat akurat, namun metode ini hanya dapat mengukur dalam waktu kerja singkat dengan diperlukan peralatan yang cukup mahal, sementara itu, untuk pengukuran tidak langsung dapat mengukur denyut nadi selama bekerja. Ritme denyut jantung memiliki hubungan erat dengan faal manusia sebagai respon fisiologi akibat pembebanan yang diterima (Erliana, Syarifuddin and Trisyiam, 2023).

Menurut Tarwaka (2011) pendekatan untuk mengetahui berat ringannya beban kerja fisik yang diterima pekerja salah satunya adalah dengan menghitung

denyut nadi kerja, kapasitas ventilasi, dan suhu rektal tubuh. Penggunaan nadi kerja untuk menilai berat ringannya beban yang diterima selain mudah, cepat, dan tidak memerlukan peralatan yang mahal serta hasilnya cukup reliabel. Selain itu tidak mengganggu aktivitas pekerjaan yang dilakukan pekerja. Kepekaan denyut nadi cukup tinggi terhadap perubahan pada pembebanan yang diterima tubuh baik yang berasal pembebanan fisik, mekanik, maupun kimiawi (Asmeati *et al.*, 2022).

Pada batas tertentu denyut nadi, ventilasi paru, mempunyai hubungan yang linear terhadap konsumsi oksigen saat melakukan pekerjaan yang membutuhkan fisik. Denyut nadi merupakan estimasi alat laju metabolisme yang baik, kecuali dalam keadaan vasodilatasi dan emosi (Putra and Sri Rejeki, 2024). Adapun kategori berat ringannya beban kerja berdasarkan metabolisme, respirasi, suhu tubuh, dan denyut nadi terdapat pada tabel 2.3.

Tabel 2.3 Tingkat dan Kategori Beban Kerja Berdasarkan Metabolisme

Kategori Beban Kerja	Konsumsi O ₂ (L/menit)	Ventilasi Paru (L/menit)	Suhu Rektal (°C)	Denyut Nadi (denyut/menit)
Ringan	0.5 – 1.0	11 – 20	<37.5	75 – 100
Sedang	1.0 – 1.5	20 – 31	38.0 – 38.5	100 – 125
Berat	1.5 – 2.0	31 – 43	>38.5 – 39.0	125 – 150
Sangat Berat	2.0 – 4.0	60 – 100	>39.0	>175

Sumber : (Erliana, Syarifuddin and Trisyiam, 2023)

Metode pengukuran denyut nadi kerja adalah untuk menilai *cardiovascular strain*. Salah satu peralatan yang dapat digunakan yakni melalui telemetri dengan rangsangan *Electrocardiograph* (ECG). Jika tidak mempunyai peralatan tersebut dapat dicatat secara manual dengan *stopwatch* menggunakan pengukuran 10 denyut. Teknik penggunaanya yakni menekan tombol *on* pada *stopwatch* saat denyut nadi pertama dan mematikan tombol *off* saat denyut yang ke-10 (Putra and Sri Rejeki, 2024). Dari pengukuran akan tercatat jumlah detik yang dihasilkan saat

menghitung 10 denyutan, sehingga akumulasi denyut nadi kerja untuk pembebanan fisik dihitung menggunakan rumus berikut:

$$\text{Denyut Nadi (denyut/menit)} = \frac{10 \text{ Denyut}}{\text{Waktu Perhitungan (detik)}} \times 60$$

Selain metode 10 denyut nadi salah satu peralatan lainnya yang dapat digunakan untuk menghitung denyut nadi *telemetry* dengan *pulse oximeter* dengan pendekatan melalui persentase beban kardiovaskular yang dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\%CVL = \frac{100x (\text{Denyut nadi kerja} - \text{Denyut nadi istirahat})}{\text{Denyut nadi maksimum} - \text{Denyut nadi istirahat}}$$

Adapun denyut nadi maksimum untuk laki-laki ($220 - \text{umur}$) dan ($200 - \text{umur}$) untuk Wanita, sedangkan denyut nadi istirahat diukur saat pekerja melakukan aktivitas minimal. Penentuan kategori beban kerja berdasarkan peningkatan denyut nadi kerja dibandingkan denyut nadi maksimum karena beban kardiovaskular diklasifikasikan pada tabel 2.3 untuk mengetahui berat ringannya beban kerja dalam peningkatan *cardiac output* dari istirahat sampai kerja maksimum (Asmeati *et al.*, 2022).

Tabel 2.4 Kategori Beban Kerja Berdasarkan %CVL

Tingkat Beban	Kategori	%CVL	Keterangan
0	Ringan	<30%	Tidak terjadi pembebanan
1	Sedang	30% – <60%	Pembebanan sedang dan mungkin diperlukan perbaikan
2	Agak Berat	60% – <80%	Pembebanan agak berat dan perlu dilakukan perbaikan
3	Berat	80% – <100%	Pembebanan berat dan harus segera melakukan perbaikan
4	Sangat Berat	100%	Pembebanan sangat berat dan harus berhenti bekerja sampai dilakukan perbaikan

Sumber : (Tarwaka, 2011), (Defrizan Pahlepi and Khairul Hadi, 2023)

2.3 Tekanan Darah

Tekanan darah merupakan gabungan pemompaan jantung, perlawanan dinding arteri, dan penutupan katup jantung. Tekanan arteri maksimal berhubungan dengan kontraksi ventrikel kiri disebut tekanan sistolik, sedangkan tekanan minimal saat jantung relaksasi maksimal disebut tekanan diastolik. Tekanan darah adalah jumlah tekanan dalam aliran darah saat darah mengalir lewat arteri. Ketika ventrikel kiri berkontraksi akan memaksa darah keluar dari arteri. Arteri utama kemudian melebar untuk menampung darah yang masuk. Lapisan otot arteri menahan tekanan dan memaksa darah keluar ke pembuluh yang lebih kecil (Andari, Fredrika and Nurhayati, 2022).

Tekanan darah merupakan tekanan yang diberikan pada dinding arteri saat jantung memompa darah keseluruh tubuh. Semakin tinggi tekanan darah, semakin keras jantung bekerja. Tekanan darah penting karena sebagai kekuatan pendorong bagi aliran darah agar beredar keseluruh bagian tubuh. Tekanan darah digambarkan sebagai rasio tekanan sistolik terhadap diastolik (Windayanti, 2021). Rata-rata tekanan darah normal biasanya 120/80 mmHg. Tekanan darah yang terjadi pada arteri memiliki nilai kontraksi yang berbeda pada masing-masing orang tergantung kondisi yang dialami, sehingga jenis tekanan darah yang terjadi dapat dibedakan menjadi tekanan darah normal, tekanan darah rendah (hipotensi), dan tekanan darah tinggi (hipertensi) (Sagala, 2023).

- a. Tekanan darah normal, jika tekanan darah sistolik antara 120 mmHg dan tekanan darah diastolik antara 80 mmHg. Tentu saja tekanan darah berubah seiring bertambahnya usia, seringkali usia anak-anak memiliki tekanan yang lebih rendah dibandingkan orang dewasa.

- b. Tekanan darah rendah (hipotensi) terjadi akibat kurangnya suplai darah ke semua organ tubuh. Dikatakan mengalami hipotensi jika tekanan darah sistolik dan diastolik menurun lebih dari 20% dari nilai tekanan darah normal.
- c. Tekanan darah tinggi (hipertensi), jika tekanan darah sistolik 140 mmHg dan tekanan darah diastolik 90 mmHg.

2.4 Hipertensi

2.4.1 Definisi Hipertensi

Hipertensi merupakan suatu kondisi dimana tekanan darah seseorang meningkat diatas nilai normal 120/80 mmHg (Hamzah and Makmun, 2024). Hipertensi diartikan peningkatan pada pembuluh darah arteri secara abnormal karena arteriol menyempit menyebabkan darah sulit mengalir sehingga tekanan pada dinding arteri meningkat (Wati, Ayubana and Purnowo, 2023). Menurut *American Heart Association* dalam penelitian milik (Windayanti, 2021) penyakit hipertensi muncul secara tiba-tiba dan tidak menunjukkan gejala yang jelas.

Hipertensi dipengaruhi oleh tekanan darah yang dikendalikan oleh faktor; 1) pengaturan volume tekanan darah, 2) resistensi pembuluh darah oleh sistem saraf pusat dan parasimpatik, dan 3) ritme sirkadian. Selain itu, tekanan darah berkelanjutan memiliki efek linier terhadap morbiditas dan mortalitas penyakit kardiovaskular lainnya (Aditya and Mustofa, 2023). Hipertensi disebabkan multifaktor yang dipengaruhi oleh lingkungan, kebiasaan, dan genetik. Hipertensi terbagi menjadi hipertensi primer dan sekunder menurut penyebabnya (Wati, Ayubana and Purnowo, 2023).

- a. Hipertensi primer atau esensial merupakan kondisi yang menggambarkan peningkatan tekanan darah tanpa pemicu yang jelas baik dipengaruhi dari faktor

internal ataupun eksternal yang dialami penderita. 80–90% jenis hipertensi ini terjadi pada populasi dewasa. Penderita hipertensi primer dapat dikontrol karena pada hipertensi ini mengalami peningkatan tekanan darah secara tiba-tiba (Windayanti, 2021).

- b. Hipertensi sekunder, 10% dari penderita memiliki penyebab hipertensi yang diketahui gangguan adrenal, gangguan tiroid, atau kondisi renovaskular (Rahmawati and Kasih, 2023).

Pengkategorian tekanan darah berdasarkan *International society of hypertension* secara global dalam *practice guidelines* (2020) *Joint National Commite 7* terbagi menjadi :

Tabel 2.5 Klasifikasi Hipertensi

Kategori	Sistolik (mmHg)	Diastolik (mmHg)
Normal	< 120	< 80
Prahipertensi	120 – 139	80 – 89
Hipertensi Tingkat 1	140 – 159	90 – 99
Hipertensi Tingkat 2	>160	>100
Hipertensi Sistolik Terisolasi	>140	< 90

Sumber : (Lukitaningtyas and Cahyono, 2023)

Hipertensi tahap awal biasanya tidak menunjukkan gejala (*asymptomatic*) dan hanya ditandai dengan peningkatan tekanan darah. Peningkatan tekanan darah pada awalnya bersifat sementara, namun lama kelamaan menjadi permanen (Sagala, 2023). Menurut WHO sebagian besar penderita hipertensi merasakan gejala penyakit klasik seperti sakit kepala, kelesuan, pusing, dan epistaksis, namun beberapa pasien mengeluhkan sakit kepala, kelelahan, pusing, dan penglihatan kabur disebabkan tekanan darah yang meningkat. Penyakit ini tidak memiliki gejala, sehingga tekanan darah tinggi dapat dideteksi dengan mengukur tekanan darah (Yanti, 2022).

2.4.2 Faktor Risiko Hipertesi

Faktor yang dapat mempengaruhi tidak terkontrolnya kenaikan tekanan darah dapat dibedakan menjadi 2 faktor diantaranya ;

1. Faktor Internal

Faktor internal merupakan faktor dari dalam diri seseorang. Faktor internal ini merupakan faktor yang tidak dapat terkontrol meliputi;

a. Usia

Seiring dengan bertambahnya usia, tekanan darah cenderung meningkat membuat seseorang lebih mungkin terkena tekanan darah tinggi. Pada umumnya penderita hipertensi berusia 40 tahun keatas, namun tidak menutup kemungkinan hipertensi dapat pula terjadi pada usia muda. Di Indonesia tercatat 1.8 sampai 28.6% bahwa penduduk yang menderita hipertensi adalah penduduk berusia 20 tahun keatas (Palita, Afni and Tasya, 2020).

Bertambahnya usia juga mempengaruhi fungsi sensitivitas perubahan fungsi arteri dan fungsi fisiologis tubuh. Seiring bertambahnya usia saluran dinding arteri menjadi besar, terutama pada aorta yang mana akan mengalami penebalan dan kehilangan elastisitasnya. Proses ini meningkatkan kecepatan gelombang dan kekakuan pada arteri. Peningkatan kekakuan pada arteri mengurangi kapasitas penyangga arteri saluran dekat jantung serta meningkatkan kecepatan gelombang nadi yang keduanya menyebabkan peningkatan tekanan pada sistolik dan denyut nadi (Utama, Sari and Ningsih, 2021).

b. Jenis Kelamin

Faktor gender pada laki-laki memiliki risiko lebih tinggi terkena hipertensi dibandingkan perempuan dengan risiko peningkatan tekanan darah sistolik 2,29

kali lebih tinggi. Pria diduga memiliki kebiasaan gaya hidup cenderung lebih meningkatkan tekanan darah dibandingkan wanita. Namun, prevalensi hipertensi pada wanita meningkat setelah wanita mengalami masa menopause. Bahkan setelah usia 65 tahun, kondisi ini bisa terjadi pada wanita akibat perubahan hormon (Rahmadhani, 2021).

c. Genetik

Faktor genetik diturunkan dari riwayat hipertensi yang di dapat dari orangtua meningkatkan risiko terkena hipertensi esensial. Orang dengan anggota keluarga yang menderita hipertensi mempunyai risiko lebih tinggi menderita hipertensi esensial, hal tersebut berhubungan terhadap peningkatan kadar sodium dan rendahnya potassium terhadap sodium. Jika salah satu orang tua menderita tekanan darah tinggi, maka ada kemungkinan 25% sepanjang hidup keturunannya menderita tekanan darah tinggi dan 60% kemungkinan keturunannya mengalami hipertensi (Adriana *et al.*, 2021).

Secara umum dasar genetik bervariasi dari monogenetik hingga poligenetik yang menyumbang 95%. Predisposisi terhadap kejadian penyakit terjadi pada masa pubertas, masa remaja, dewasa muda, dan dewasa. Meskipun kecenderungan genetik terhadap perkembangan penyakit ini dibawah faktor lingkungan, namun peran faktor eksternal dalam meningkatkan kejadian hipertensi arteri tidak mengurangi peran penting faktor risiko genetik (Setiani and Wulandari, 2023).

2. Faktor Eksternal

Faktor ekstrenal hipertensi merupakan faktor yang dapat dikendalikan dalam diri penderita hipertensi diantaranya ;

a. Status Gizi

Indeks Massa Tubuh (IMT) dan lingkar pinggang seseorang yang lebih besar dari nilai normal memungkinkan terkena tekanan darah tinggi. Meskipun status gizi pada orang obesitas bukan satu-satunya penyebab tekanan darah tinggi, peningkatan hipertensi jauh lebih tinggi pada orang yang kelebihan berat badan (Handayani, Setyaningsih and Muhlshoh, 2024). Risiko relatif hipertensi 5 kali lebih tinggi pada orang yang kelebihan berat badan dibandingkan dengan berat badan normal. Faktor genetik juga mempengaruhi indeks massa tubuh (IMT) dengan menyumbang 6–7% varians total untuk tekanan sistolik (Setiani and Wulandari, 2023).

Penderita obesitas dengan IMT tinggi sering mengalami kenaikan pada tekanan darah sebab jaringan adiposa bertambah membuat resistensi pembuluh darah naik akibatnya beban jantung untuk memompa darah meningkat, selain itu menginduksi aktivasi saraf simpatis pada pergantian bentuk dan fungsi ginjal (Rafika Devi, Ningrum and Kurniawati, 2021).

b. Kebiasaan Merokok

Kebiasaan yang tidak sehat seringkali dialami penderita hipertensi yakni kebiasaan merokok yang paling banyak dirasakan pria (Nuryani, 2021). Rokok yang dihisap mengandung kadar nikotin diserap pembuluh darah kemudian diedarkan di dalam paru-paru dan seluruh tubuh menyebabkan penyempitan pada arteri, akibatnya sirkulasi darah berkurang dan pembuluh darah pun ikut menyempit. Hal itu membuat kinerja jantung semakin meningkat untuk memompa darah keseluruh tubuh melalui pembuluh darah yang sempit (Nurhayati *et al.*, 2024).

c. Pola Makan

Pola hidup yang tidak seimbang, tidak dapat mengontrol makanan, dan tidak diimbangi dengan aktivitas olahraga rutin dapat memicu peningkatan pada tekanan darah. Cara mengurangi hipertensi salah satunya dengan menjaga pola makan terhadap asupan lemak dan garam dengan mengedepankan asupan buah dan sayur. Sebagian besar prevalensi hipertensi ditemukan pada orang yang mengonsumsi garam terlalu tinggi (Nuraini, 2020).

Apabila asupan garam $>5 - 15$ gram, maka prevalensi peningkatan hipertensi menjadi $5 - 15\%$. Seseorang dengan konsumsi garam terlalu sering dalam waktu singkat akan meningkatkan resistensi perifer dan tekanan darah, sebab kandungan garam akan menaikkan kadar volume cairan pembuluh darah. Jika volume cairan pembuluh darah meningkat, maka jantung juga berusaha menaikkan tekannya untuk memompa darah keseluruh tubuh sehingga menaikkan tekanan darah seseorang (Mardianto, Darwis and Suhartatik, 2021).

d. Kebiasaan Olahraga

Pola kebiasaan olahraga juga dapat mempengaruhi tekanan darah seseorang. Olahraga secara teratur dibuktikan mampu mengendalikan penyakit hiperlipidemia, hipertensi, dan diabetes. Olahraga banyak dihubungkan dengan pengelolaan penyakit tidak menular (PTM), sebab olahraga mampu menurunkan tekanan perifer yang dapat menurunkan tekanan darah bagi penderita hipertensi (Lukitaningtyas and Cahyono, 2023).

Otot jantung akan terlatih dalam melakukan pekerjaan berat apabila memiliki kebiasaan berolahraga yang baik. Seseorang yang jarang olahraga cenderung memiliki detak jantung lebih cepat sebab otot jantung harus bekerja lebih maksimal

pada setiap kontraksi. Keras dan seringnya jantung dalam memompa darah mengakibatkan semakin besar kekuatan dalam menekan arteri pembuluh darah (Ladyani *et al.*, 2021).

e. Lingkungan Sosial dan Ekonomi

Aspek sosial diklasifikasikan berdasarkan tingkat pendidikan dan status perkawinan. Menurut struktur demografi, pengelompokan tingkat pendidikan terdiri dari SD, SMP, SMA, dan perguruan tinggi, sementara itu aspek ekonomi penduduk diklasifikasikan berdasarkan jenis pekerjaan dan pendapatan. Daya beli seseorang berkorelasi dengan tingkat pendapatannya. Pendapatan tinggi dapat meningkatkan daya beli terhadap kualitas, terutama untuk konsumsi sehari-hari. Disisi lain, jika pendapatan rendah daya beli untuk konsumsi keluarga ikut rendah, seperti halnya konsumsi buah dan sayur yang homogen secara tidak langsung berkontribusi menjadi faktor pemicu prevalensi hipertensi (Supriatiningrum, Amelia and Herawaty, 2022).

Aspek sosial berhubungan dengan jenis pekerjaan yang juga mempengaruhi pendapatan keluarga. Pendapatan mereka gunakan untuk memenuhi berbagai macam keperluan, termasuk makan, pakaian, bahkan kebutuhan diluar dugaan seperti pelayanan kesehatan atau pengobatan. Tinggi rendahnya pendapatan suatu keluarga dapat mengetahui gambaran terkait gaya hidup dan kemampuan dalam mengutamakan dan memperhatikan kesehatannya (Baringbing, 2023).

f. Lingkungan Kerja

Faktor lingkungan lain yakni lingkungan kerja, bisa jadi seorang pekerja terpapar akibat pekerjaan yang menjadi pemicu dari faktor hipertensi baik dari lingkungan kerja ataupun aktivitas pekerjaan yang diberikan pada pekerja sehingga

menjadi beban kerja tambahan bagi pekerja tersebut. Hendrik L Blum menjelaskan dalam penelitian milik Sulistyono dan Modjo (2022) kategori sehat seseorang secara fisik, mental, dan sosial dipengaruhi oleh 10% faktor genetik, 20% faktor pelayanan kesehatan, 30% faktor perilaku, dan 40% faktor lingkungan. Adapun terkait hipertensi, faktor lingkungan kerja yang menjadi risiko dalam pemicu hipertensi pada pekerja dapat disebabkan akibat stress kerja, beban kerja, *work shift*, atau pajanan faktor fisik seperti kebisingan, panas, dan pajanan dari kimia seperti pajanan timbal dalam darah (Nurhidayah, 2023).

Menurut penelitian Midu dan Astrid (2024) beban kerja, kebisingan, suhu panas, dan durasi kerja adalah faktor hipertensi dari lingkungan yang kerap kali dirasakan pekerja. Beban kerja mental dan fisik dapat menyebabkan suatu tekanan psikis maupun fisik yang menggambarkan dampak buruk faktor peningkatan tekanan darah secara tidak langsung (Nurafifah and Inayah, 2023). Lingkungan fisik yang lain seperti kebisingan dan suhu panas dalam jangka pendek atau panjang dengan frekuensi atau tingkatan tinggi melebihi NAB yang dianjurkan dapat berisiko mengganggu fungsi faal tubuh salah satunya tekanan darah, sehingga menyebabkan prahipertensi dan hipertensi pada pekerja (Dewi and Ramdhan, 2022).

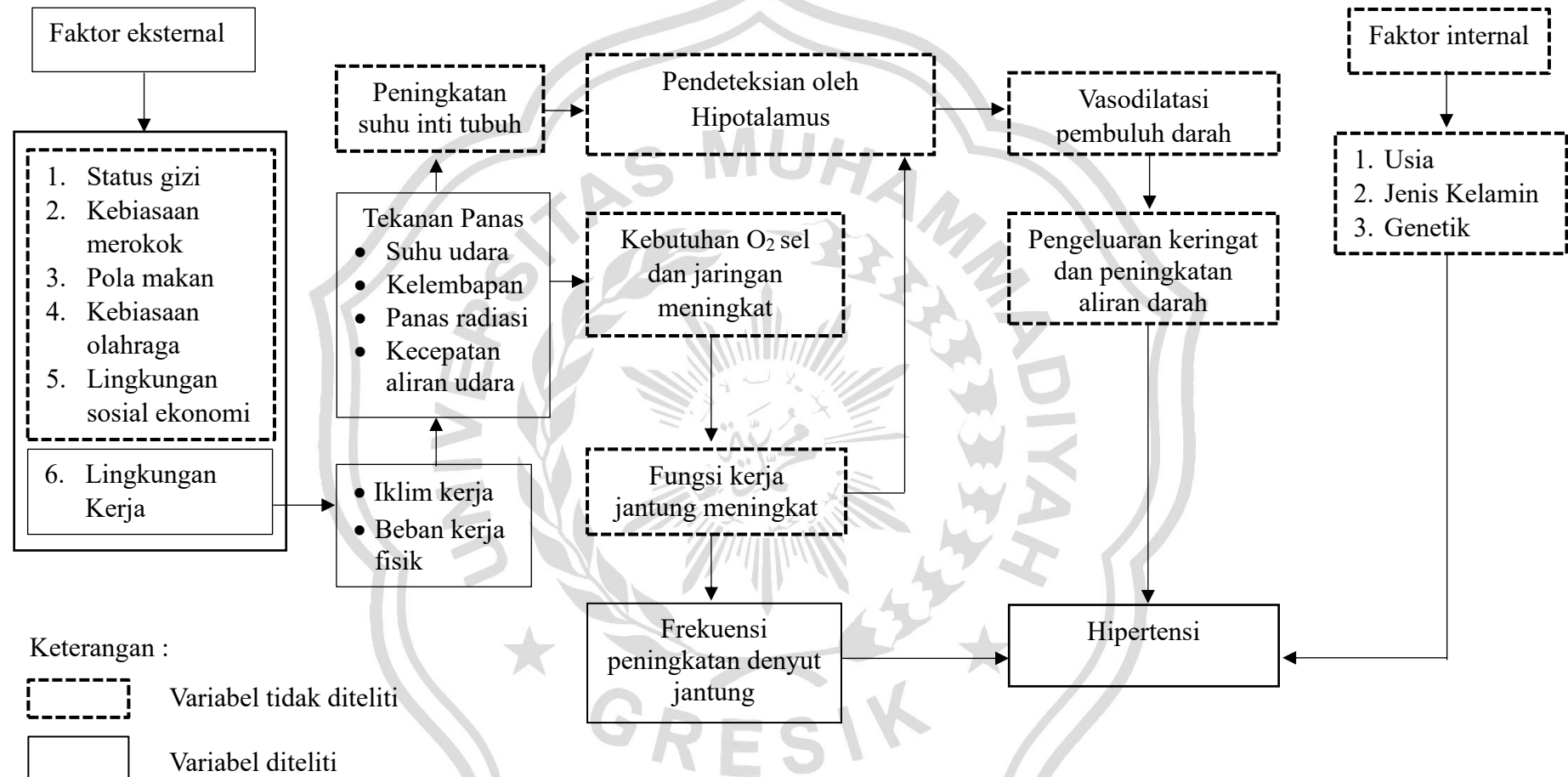
Lingkungan kerja salah satunya kebisingan dan suhu panas dapat menyebabkan gangguan fisiologis berupa gangguan sensoris, peningkatan tekanan darah, dan denyut nadi. Teori yang dikemukakan hukum *poiseuille* terkait kecepatan aliran darah berbanding lurus, sehingga diameter pembuluh darah memiliki peranan penting dalam menentukan kecepatan aliran darah atau konduktans. Apabila terjadi vasokonstriksi pembuluh darah akibat perubahan lingkungan, maka menyebabkan jari-jari pembuluh darah menyempit akibatnya aliran darah berkurang. Hal tersebut

membuat darah yang dipompa jantung lebih kencang, akhirnya tekanan pada darah mengalami kenaikan (Lamawuran and Singga, 2021).

Lamanya seorang bekerja juga menjadi faktor pemicu kenaikan pada tekanan darah. Paparan lingkungan kerja panas mengaktifkan sistem saraf dan melepaskan hormon yang meningkatkan tekanan darah menjadi lebih rentan. Masa kerja yang semakin lama membuat tubuh beradaptasi menghasilkan tekanan darah lebih tinggi dan presisten karena berkurangnya kemampuan fungsi organ (Nurhidayah, 2023).



2.5 Kerangka Teori

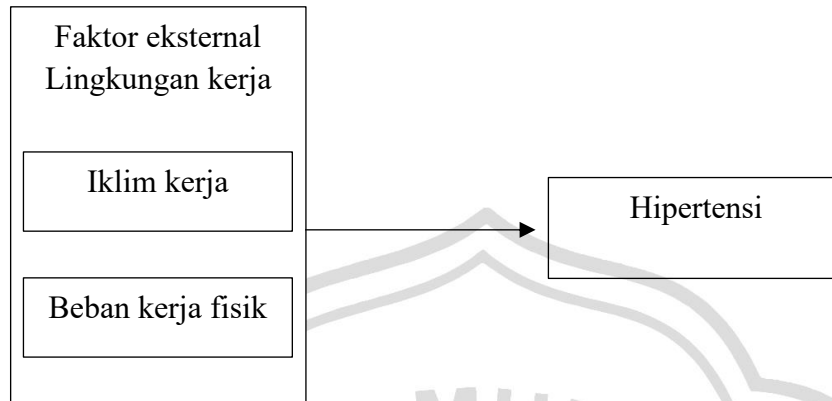


Sumber : (Febriandani, 2020), (Ramdhan, 2023), (Jayanti, Handayani and Solechan, 2023), (Aulia, 2023)

Gambar 2.2 Kerangka Teori Penelitian

2.6 Kerangka Konsep

Kerangka konsep dalam penelitian ini disajikan dalam gambar 2.3



Gambar 2. 3 Kerangka Konseptual Penelitian

Hipotesis:

- H1 : Adanya pengaruh iklim kerja dan beban kerja fisik terhadap kejadian hipertensi pada pekerja plat baja PT Gunawan Dianjaya Steel Tbk.
- H0 : Tidak adanya pengaruh iklim kerja dan beban kerja fisik terhadap kejadian hipertensi pada pekerja plat baja PT Gunawan Dianjaya Steel Tbk.

Kerangka konsep pada penelitian berkaitan dengan kerangka teori yang diambil dari beberapa sumber. Kerangka konsep terdiri dari variabel *dependen* dan *independen*. Iklim kerja dan beban kerja fisik merupakan variabel bebas (*independen*), sedangkan variabel terikat (*dependen*) adalah peningkatan tekanan darah. Secara sistematis uraian variabel yang diteliti berdasarkan pada tujuan penelitian bahwa peningkatan tekanan darah dapat disebabkan dari faktor internal dan eksternal.

Faktor eksternal yang diantaranya menjadi peningkatan tekanan darah adalah dari lingkungan kerja. Lingkungan kerja meliputi faktor kimia, biologi, fisik,

ergonomi, dan psikososial dapat berpengaruh terhadap kesehatan pekerja. Tekanan panas merupakan salah satu jenis faktor fisik yang dikaitkan dengan peningkatan tekanan darah. Tekanan panas terakumulasi dari iklim kerja, sumber panas dari alat atau mesin produksi, serta otot kerja manusia sebagai indikator beban kerja fisik yang diukur melalui konsumsi oksigen, kebutuhan kalori, atau peningkatan nadi kerja. Kondisi tersebut dapat mempengaruhi fungsi faal tubuh seperti tekanan darah, denyut nadi, konsentrasi, dan ketahanan fisik (Jayanti, Handayani and Solechan, 2023).

