

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kebisingan

2.1.1 Definisi

Kebisingan adalah jenis suara yang tidak diinginkan dan kerap mengganggu kenyamanan serta kesehatan manusia. Menurut peraturan lingkungan hidup di Indonesia, kebisingan dikategorikan sebagai gangguan apabila tingkat intensitasnya melebihi ambang batas dan mengganggu fungsi suatu area, seperti kawasan perumahan atau institusi pendidikan. Oleh karena itu, kebisingan tidak hanya merupakan persoalan teknis, tetapi juga masalah lingkungan dan sosial yang perlu mendapatkan perhatian serta penanganan serius (April, 2025).

Tingkat kebisingan merupakan besaran energi suara yang dinyatakan dalam satuan desibel (dB). Baku tingkat kebisingan adalah batas tertinggi kebisingan yang boleh dilepas ke lingkungan dari suatu aktivitas atau kegiatan, tanpa menimbulkan dampak negatif terhadap kesehatan manusia maupun kenyamanan lingkungan (Balirante et al., 2020). Tekanan suara merupakan perubahan tekanan yang muncul akibat gelombang bunyi yang bergerak melalui udara. Besaran ini dinyatakan dalam satuan pascal (Pa) dan umumnya diukur sebagai tingkat tekanan bunyi atau *sound pressure level* (SPL) dalam satuan desibel (dB) (Muhammad Rijalulhaq, 2025).

2.1.2 Perbedaan Desibel dan Hz

Kebisingan umumnya diukur dalam satuan desibel (dB), yaitu yang menunjukkan seberapa besar tekanan suara yang diterima oleh telinga. Frekuensi suara yang diterima telinga setiap detik dinyatakan sebagai jumlah getaran per detik dan diukur dalam satuan *Hertz* (Hz). Desibel dB merupakan satuan yang digunakan untuk menunjukkan besarnya tekanan suara yang dihasilkan oleh suatu benda yang bergetar. Semakin tinggi nilai desibel, biasanya semakin kuat suara yang terdengar. Sementara itu, frekuensi diukur dalam jumlah getaran per detik (*Hertz/Hz*), dan telinga manusia umumnya dapat mendengar suara dengan frekuensi antara 16 hingga 20.000 Hz (Galih Pamungkas et al., 2023).

Frekuensi adalah jumlah kejadian berulang dalam suatu waktu tertentu. Untuk menentukannya, ditetapkan durasi waktu lalu dihitung berapa kali peristiwa tersebut terjadi. Nilainya dinyatakan dalam Hertz (Hz), nama yang diambil dari fisikawan jerman Heinrich hertz yang pertama kali menjelaskan konsep ini. Manusia umumnya dapat mendengar suara dengan frekuensi antara 20 hingga 20.000 Hz, dan kemampuan mendengar pada frekuensi tinggi akan berkurang seiring bertambahnya usia.

2.1.3 Sumber Kebisingan

Kebisingan dapat berasal dari berbagai aktivitas, seperti benturan antara alat kerja, proses pengecoran, hingga penggunaan alat berat yang menjadi faktor utama timbulnya kebisingan (Zuhra et al., 2025). Kawasan perkotaan memiliki berbagai sumber kebisingan yang timbul seiring meningkatnya aktivitas masyarakat dan pesatnya pembangunan infrastruktur. Lalu lintas kendaraan bermotor merupakan sumber utama kebisingan sehari – hari, diikuti oleh aktivitas industri, proyek konstruksi, serta pengoperasian fasilitas seperti pembangkit listrik tenaga diesel (PLTD) (April, 2025).

Salah satu sumber kebisingan yang sering dijumpai adalah suara yang berasal dari sound horeg. Istilah horeg sendiri berasal dari kata yang berarti pempa atau guncangan. Awalnya, sound horeg hanya menggunakan perangkat dengan volume kecil, namun seiring waktu dan perubahan kebiasaan masyarakat, penggunaannya berkembang menjadi sistem suara berukuran besar dengan volume tinggi. Sound horeg kini kerap digunakan dalam berbagai acara seperti pawai, karnaval, kegiatan mberot, sholawat, dan acara hiburan lainnya. Meskipun bertujuan untuk menciptakan suasana meriah dan menggembirakan, keberadaan sound horeg sering menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan sekitar, seperti gangguan pendengaran dan ketidaknyamanan bagi masyarakat (Wafirotul Fikriyah et al., 2025).

2.1.4 Jenis-jenis Kebisingan

Kebisingan dapat diklasifikasikan berdasarkan sifatnya, spektrum frekuensi bunyi, serta dampaknya terhadap manusia. Jika dilihat dari sifat dan karakteristik spektrum bunyinya, jenis-jenis kebisingan dapat dikelompokkan sebagai berikut :

1. Bising frekuensi tinggi (*wide band noise*)

Kebisingan kontinyu dengan spektrum frekuensi luas merupakan jenis kebisingan yang bersifat stabil, di mana perubahan atau intensitasnya tidak melebihi 6 dB. Contoh kebisingan ini antara lain suara kipas angin dan lampu pijar yang menghasilkan bunyi konstan

2. Bising frekuensi rendah (*narrow band noise*)

Kebisingan kontinyu dengan spektrum sempit adalah kebisingan yang bersifat stabil, namun hanya muncul pada frekuensi tertentu, misalnya pada 500, 1000, atau 4000 Hz. Contoh sumber kebisingan jenis ini antara lain mesin gergaji sirkuler dan katup gas

3. Kebisingan impulsif (*impact or impulsif noise*)

Kebisingan jenis ini memiliki waktu peningkatan intensitas yang sangat cepat, yaitu kurang dari 35 milidetik untuk mencapai puncaknya, serta membutuhkan waktu kurang dari 500 milidetik untuk turun hingga 20 dB di bawah intensitas maksimum. Jika kebisingan tersebut terjadi berulang dengan jarak antar implus kurang dari 0,5

detik, atau jika jumlah implus melebihi 10 kali per detik, maka kebisingan tersebut digolongkan sebagai kebisingan kontinyu. Contoh sumber kebisingan ini antara lain bunyi meriam, pukulan palu, mesin pemancang (paku bumi), suara tembakan, serta ledakan bom atau mercon

4. Bising implusif berulang (*impulsive noise*)

Kebisingan jenis ini memiliki pola yang tidak teratur, dimana bunyi dapat muncul sangat keras kemudian tiba-tiba melemah, dan terjadi secara berulang. Contohnya adalah suara yang dihasilkan mesin pada peralatan berat.

5. Bising terputus-putus (*intermittent or interrupted noise*)

Kebisingan jenis ini ditandai oleh bunyi yang secara perlahan meningkat kemudian menurun kembali. Contohnya adalah suara lalu lintas atau bunyi pesawat ketika sedang melakukan proses tinggal landas (Rizka aulia, 2022).

6. Bising yang bersifat stabil (*Steady state wide band noise*)

Merupakan jenis kebisingan kontinyu dengan spektrum yang lebar dan bersifat stabil atau menetap, contohnya suara aliran udara bertekanan tinggi yang keluar terus-menerus contohnya suara angin dari pipa udara bertekanan pada pabrik (Siregar & Handoko, 2021).

2.1.5 Standar kebisingan

Berdasarkan standar buku mutu kebisingan menurut keputusan menteri lingkungan hidup (KMNLH) No. 48 Tahun 1996, ambang batas kebisingan adalah 55 dB(A). Nilai intensitas kebisingan yang melebihi batas tersebut tergolong cukup tinggi dan dapat mengganggu serta membahayakan kesehatan manusia, terutama menimbulkan dua jenis gangguan, yaitu gangguan pada pendengaran dan gangguan non-pendengaran (Rahman et al., 2023).

Menurut data *World Health Organization* (WHO), gangguan yang paling sering disebabkan oleh kebisingan meliputi gangguan pendengaran, gangguan tidur, serta berbagai penyakit kardiovaskular. WHO melaporkan bahwa lebih dari 5% populasi dunia, atau sekitar 430 juta orang, mengalami gangguan pendengaran. Paparan suara dengan intensitas di atas 85 dB dapat menyebabkan kerusakan pada pendengaran seseorang (Ilmidin et al., 2025). Menurut WHO, tingkat paparan kebisingan di atas 44 dB merupakan batas yang dapat menimbulkan efek kesehatan yang merugikan, di mana kondisi tersebut termasuk dalam kategori sangat terganggu (Gjestland & Evensen, 2023).

2.1.6 Intensitas Kebisingan

Intensitas bunyi adalah banyaknya energi suara yang melewati suatu area setiap detik. Sedangkan taraf intensitas bunyi adalah perbandingan antara kekuatan bunyi yang didengar dengan bunyi paling

pelan yang masih bisa didengar oleh telinga manusia (Hamzah Hardi et al., 2020).

Kebisingan dengan intensitas antara 30 – 65 dB dapat menimbulkan gangguan pada selaput telinga serta menimbulkan rasa gelisah. Pada tingkat 65 – 90 dB, kebisingan dapat memengaruhi sistem vegetatif tubuh, termasuk jantung dan peredaran darah. Sementara itu, paparan kebisingan dengan intensitas 90 – 130 dB berpotensi menyebabkan kerusakan organ pendengaran (Nurizati et al., 2024).

Sekitar 55 dB masih tergolong dalam ambang pendengaran normal bagi tikus, sementara pada hewan pengerat yang lebih besar, nilai amannya umumnya berada pada kisaran 60-70 dB per hari (Turner & Manker, 2024). Sementara itu, paparan kebisingan pada kisaran 85-95 dB yang berlangsung lebih dari 60 menit per hari dapat memicu munculnya respons stres pada tikus (Zica et al., 2025).

2.1.7 Level suara dalam dB

Kebisingan pada rentang 30-65 dB dapat menimbulkan iritasi pada selaput telinga dan memicu rasa tidak nyaman atau gelisah. Pada level 65-90 dB, kebisingan berpotensi mengganggu fungsi sistem vegetatif tubuh, termasuk jantung dan sirkulasi darah. Sementara itu, paparan 90-130 dB dapat menyebabkan kerusakan pada organ pendengaran. Secara umum, kebisingan dapat menimbulkan dampak fisiologis, sensorik, psikologis, serta menghambat proses komunikasi, bahkan meningkatkan risiko kecelakaan

karena terganggunya kemampuan mendengar sinyal atau tanda bahaya (Nurizati et al., 2024).

Di Indonesia, regulasi mengenai batas kebisingan diatur melalui Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 48 Tahun 1996. Aturan tersebut menetapkan bahwa area permukiman diperbolehkan memiliki tingkat kebisingan maksimal 55 dB pada siang hari dan 45 dB pada malam hari (April, 2025).

Suara dengan tingkat 0 dB berada tepat pada ambang pendengaran manusia. Rentang intensitas suara yang dapat dideteksi oleh telinga manusia berkisar antara 0 hingga 130 dB. Pada kisaran 130 dB, suara sudah menimbulkan rasa sakit saat didengar (Hamdiyati & Wibawanti, 2024).

2.1.8 Dampak Kebisingan

Dampak kebisingan dapat dibedakan menjadi bising yang mengganggu dan bising yang merusak. Bising yang mengganggu (*irritating noise*) adalah jenis kebisingan dengan intensitas yang tidak terlalu tinggi, namun tetap menimbulkan rasa tidak nyaman (Hengky Sinaga, 2021).

1. Paparan kebisingan di tempat kerja sepanjang hari dapat memicu stres yang berlanjut hingga malam hari dan berdampak pada menurunnya kualitas tidur. Pekerja yang terpapar kebisingan dengan intensitas tinggi cenderung memiliki tekanan darah serta kadar hormon kortisol yang lebih tinggi. Hormon kortisol, yang diproduksi oleh kelenjar

adrenal, berperan dalam respon tubuh terhadap stres dan merupakan bagian dari mekanisme *fight or flight response*, yaitu reaksi alami tubuh ketika menghadapi tantangan baik secara fisik maupun mental (Ananda Faradila et al., 2020).

2. Pekerja yang terpapar kebisingan dengan tingkat ≥ 85 dB(A), maupun mereka yang bekerja pada lingkungan dengan tingkat kebisingan bervariasi antara 75 – 85 dB(A), memiliki risiko sekitar 60% lebih tinggi untuk mengalami tekanan darah tinggi. Kebisingan dianggap sebagai pemicu stres biologis yang bersifat nonspesifik. Paparan kebisingan dengan intensitas tinggi dapat meningkatkan pelepasan hormon adrenalin, menyebabkan penyempitan pembuluh darah perifer, dan pada akhirnya berkontribusi terhadap terjadinya hipertensi (Andjani & Mediana, 2020).
3. Paparan kebisingan dengan intensitas tinggi dalam jangka waktu lama di lingkungan kerja tanpa penggunaan pelindung pendengaran, seperti *ear muff* atau *ear plug*, dapat menimbulkan berbagai masalah baik terkait pendengaran maupun non-pendengaran bagi pekerja. Gangguan non-auditori yang dapat muncul meliputi keluhan fisiologis seperti pusing, mual, sesak nafas, dan mudah merasa lelah. Sementara itu, dari sisi psikologis, pekerja dapat mengalami sulit tidur, rasa tidak nyaman, penurunan konsentrasi, serta peningkatan emosi atau mudah marah (Rahmadillah et al., 2024).

4. Intensitas kebisingan yang tinggi dapat menurunkan kualitas pendengaran pada karyawan yang terpapar dalam jangka waktu panjang. Pada indera pendengaran, paparan tersebut dapat menyebabkan terjadinya tuli progresif. Pada tahap awal, efek kebisingan biasanya bersifat semestara dan pendengaran dapat pulih dengan cepat setelah pekerja tidak lagi berada di area bising (Acbar et al., 2025).

Sedangkan bising yang merusak (*damaging/injurious noise*) adalah jenis suara yang memiliki intensitas melebihi Nilai Ambang Batas (NAB). Paparan terhadap bunyi dengan intensitas tersebut dapat menyebabkan berbagai kerusakan (Hengky Sinaga, 2021).

1. Paparan suara dengan intensitas tinggi merupakan penyebab utama kerusakan yang tidak dapat kembali ke keadaan semula atau tidak bisa diperbaiki lagi (*irreversible*) pada sel-sel rambut di telinga, yang berujung pada kehilangan pendengaran sensorineural permanen. ONIHL merupakan kondisi serius yang dapat berkembang secara progresif hingga menimbulkan gangguan pendengaran yang signifikan (Rafa Zemy Amalia et al., 2025).
2. Paparan kebisingan dengan intensitas tinggi dapat menyebabkan penyempitan pembuluh darah, yang menghambat aliran darah sehingga volume darah yang diedarkan menjadi lebih sedikit dibandingkan kondisi normal. Hal ini membuat otot jantung menjadi lebih kaku, sehingga tekanan saat jantung berelaksasi meningkat dan

menyebabkan naiknya tekanan darah darah diastolik. Paparan kebisingan kronis juga dapat memengaruhi sistem metabolisme dan kardiovaskular, dengan dengan meningkatkan faktor resiko seperti tekanan darah tinggi, kadar lemak darah, serta kadar gula darah. Selain itu, reaksi emosional berupa ketidaknyamanan akibat kebisingan dapat memicu pelepasan hormon epinefrin dan norepinefrin, hormon epinefrin yang mempercepat kerja jantung sedangkan hormon norepinefrin yang menyempitkan pembuluh darah supaya tekanan darah naik, sehingga berpotensi menimbulkan hipertensi (Dewi et al., 2021).

3. Paparan kebisingan dapat menimbulkan berbagai dampak jangka panjang, baik secara fisiologi maupun psikologis, seperti gangguan pendengaran, penyakit jantung, dan gangguan pada sistem peredaran darah. Kebisingan yang melebihi Nilai Ambang Batas (NAB) dapat meningkatkan kadar hormon kortisol dalam darah. Jika paparan tersebut berlangsung terus – menerus, peningkatan kortisol mencerminkan adanya stres fisiologi pada tubuh. Stres yang terjadi secara berkelanjutan dapat memicu pelepasan hormon adrenalin, yang berdampak pada peningkatan kerja jantung dan menyebabkan naiknya tekanan darah (Sumardiyono et al., 2020). Seseorang yang terpapar kebisingan cenderung mengalami stres, yang dapat menyebabkan penyempitan pembuluh darah dan memaksa jantung bekerja lebih keras untuk memompa darah ke seluruh tubuh. Kondisi ini dapat

memicu peningkatan tekanan darah, terutama jika paparan kebisingan terjadi secara terus – menerus dan berlangsung dalam jangka waktu yang lama (Lendo et al., 2022)

2.1.9 Pengendalian kebisingan

Upaya pengendalian kebisingan dapat dilakukan melalui pemantauan tingkat kebisingan, pemeriksaan audiometri, penerapan langkah-langkah pengendalian kebisingan, penggunaan alat pelindung diri, serta pemberian pelatihan motivasi kepada pekerja. Sementara itu, pada area pemukiman, pengurangan kebisingan dapat dilakukan dengan menanam berbagai jenis tanaman yang berfungsi sebagai penghalang (*barrier*) suara (Rinanti et al., 2020).

Pengendalian kebisingan melalui penggunaan alat pelindung diri merupakan langkah yang bisa ditetapkan untuk meminimalkan dampak bahaya kebisingan. Upaya ini dilakukan dengan memakai *ear plug* atau *ear muff*. *Ear plug* mampu menurunkan tingkat kebisingan hingga sekitar 27 dBA, sedangkan *ear muff* dapat mereduksi kebisingan hingga mencapai 30 dBA (Salsabila, 2024).

Untuk mereduksi kebisingan dari luar, dapat diterapkan penggunaan pintu ganda sebagai peredam suara. Pada sistem ini, dua daun pintu dipasang berlapis untuk satu ruangan dan dipisahkan oleh sebuah rongga diantaranya. Ukuran rongga diatur sedemikian rupa agar pengguna dapat berada sejenak di dalam ruang antara tersebut, sehingga ketika pintu

pertama dibuka, pintu kedua tetap tertutup. Setelah pintu pertama ditutup kembali, barulah pintu kedua dapat dibuka. Mekanisme ini mencegah masuknya suara bising dari luar ke dalam ruangan (Wulandari, 2020).

2.1.10 Pengukuran Kebisingan

Untuk mengevaluasi tingkat kebisingan di sebuah area, penelitian umumnya memakai alat pengukur tekanan suara yang disebut *Sound Level Meter* (SLM). Perangkat ini mencatat intensitas suara dalam satuan desibel (dB) dan mampu menampilkan data mengenai tingkat suara tertinggi, terendah, serta nilai rata – rata dalam periode waktu tertentu (April, 2025).

Pengukuran menggunakan aplikasi *sound level meter* yang digunakan merupakan produk smart tools versi 1.7.0 yang diperoleh melalui unduhan dari play store (Nurizati et al., 2024). Dapat juga menggunakan sensor suara KY-037 yang dimanfaatkan untuk mendeteksi besarnya intensitas bunyi, dengan keluaran berupa sinyal analog (Galih Pamungkas et al., 2023).

2.2 Jantung



Gambar 2.2 Jantung (Adit, 2021).

2.2.1 Definisi

Jantung merupakan salah satu organ vital dalam tubuh manusia dan memiliki peran utama dalam sistem peredaran darah. Organ ini bertugas memompa darah yang kaya oksigen dan nutrisi ke seluruh tubuh, sekaligus mengembalikan darah yang mengandung CO₂ ke paru-paru untuk dibersihkan. Sebagai pusat dari sistem kardiovaskular, kinerja jantung yang optimal sangat penting untuk menjaga keseimbangan fungsi tubuh dan mempertahankan kelangsungan hidup manusia (Feni Atika Tsuroyya et al., 2024).

Menjaga kesehatan jantung sangatlah penting karena organ ini menjadi pengendali utama aliran darah ke seluruh tubuh. Oleh sebab itu, perawatan dan pemeliharaan kesehatan jantung perlu dilakukan agar kita dapat terhindar dari berbagai penyakit jantung yang dapat mengancam keselamatan dan kualitas hidup (Nafisah et al., 2024).

2.2.2 Anatomi

Jantung merupakan organ vital dengan struktur anatomi yang kompleks dan terdiri atas beberapa lapisan penting. Lapisan terluar dalam perikardium, yaitu selaput tipis yang berfungsi melindungi jantung, menjaga posisinya, serta mencegah terjadinya infeksi. Di bawahnya terdapat miokardium, yakni lapisan otot jantung yang berperan menghasilkan kontraksi untuk memompa darah. Lapisan terdalam adalah endokardium, yang melapisi bagian dalam rongga jantung dan memastikan aliran darah berlangsung dengan permukaan halus. Secara bentuk, jantung menyerupai kerucut dengan bagian atas (*basis*) mengarah ke atas dan bagian bawah yang tumpul (*apeks*) mengarah ke kiri bawah. Organ ini terletak di rongga dada bagian tengah, sedikit bergeser ke sisi kiri. Jantung memiliki empat ruang utama dengan fungsi yang berbeda. Atrium kanan menerima darah yang kaya karbon dioksida dari seluruh tubuh melalui vena kava superior dan inferior, sedangkan atrium kiri menerima darah beroksigen dari paru-paru sebelum dialirkan ke ventrikel kiri. Ventrikel kanan bertugas memompa darah minim oksigen ke paru-paru melalui arteri pulmonalis untuk proses pertukaran gas, sementara ventrikel kiri memompa darah kaya oksigen ke seluruh tubuh melalui aorta. Untuk memastikan aliran darah berjalan satu arah, jantung dilengkapi empat katup, yaitu katup *trikuspidalis* (antara atrium kanan dan ventrikel kanan), katup mitral atau *bikuspidalis* (antara atrium kiri dan ventrikel kiri), katup

pulmonalis (antara ventrikel kanan dan arteri pulmonalis), serta katup aorta (antara ventrikel kiri dan aorta) (Feni Atika Tsuroyya et al., 2024).

2.2.3 Mekanisme kerja jantung

Fungsi jantung sangat erat kaitannya dengan konsep curah jantung (*cardiac output*), yaitu jumlah darah yang dipompa ventrikel dalam satu menit. Besarnya curah jantung ditentukan oleh denyut jantung (*heart rate*) dan volume sekuncup (*stroke volume*). Efisiensi kerja jantung dipengaruhi oleh faktor intrinsik, seperti kekuatan kontraksi otot jantung, serta faktor ekstrinsik, termasuk pengaturan dari sistem saraf otonom. Ketidaknormalan dalam fungsi jantung dapat memicu berbagai gangguan, seperti penyakit jantung koroner, gagal jantung, dan aritmia. Penyakit jantung koroner muncul akibat penyempitan arteri koroner yang disebabkan oleh penumpukan plak aterosklerosis, sehingga aliran darah ke otot jantung menjadi terhambat. Sementara itu, gagal jantung terjadi ketika jantung tidak mampu memompa darah secara optimal, yang akhirnya menyebabkan berkurangnya pasokan oksigen ke jaringan tubuh (Feni Atika Tsuroyya et al., 2024).

2.3 Enzim CK-MB

2.3.1 Definisi

CK-MB merupakan salah satu varian *enzim kreatin kinase* yang paling banyak terdapat pada otot jantung. Karena enzim CK juga ditemukan di berbagai jaringan tubuh, peningkatan kadar CK secara umum dapat menandakan berbagai jenis gangguan. Namun peningkatan kadar CK-MB lebih spesifik mengindikasikan adanya gangguan pada jantung. Saat membran sel mengalami kerusakan akibat kekurangan oksigen (*hipoksia*), enzim CK dilepas dari sitosol ke dalam aliran darah. Oleh karena itu, peningkatan kadar CK dalam serum sering digunakan sebagai tes yang sensitif untuk mendeteksi infark miokard, meskipun tidak sepenuhnya spesifik karena enzim CK juga terdapat pada jaringan selain otot jantung (Carlson, 2022)

Isoenzim creatine kinase myocardial band (CK-MB) yang terdeteksi dalam serum mencerminkan keberadaannya yang spesifik pada jaringan miokard. Oleh karena itu, CK-MB dimanfaatkan sebagai parameter pendukung dalam menegakkan diagnosis dugaan infark miokard. Pelepasan CK-MB ke dalam sirkulasi terjadi lebih lambat dibandingkan mioglobin, dengan peningkatan kadar yang mulai terlihat sekitar 4-6 jam setelah onset gejala, mencapai puncak pada kisaran 39-185 ng/mL dalam waktu 18-24 jam, dan kembali normal dalam 2-3 hari. Dengan demikian, pemeriksaan enzim ini kurang bermanfaat untuk melina

nyeri dada yang telah berlangsung lebih dari tiga hari. Secara luas, CK-MB diakui sebagai salah satu penanda umum dalam diagnosis AMI (Nugraha, 2023).

Isoenzim CK-MB memiliki konsentrasi yang cukup tinggi pada sel otot jantung, namun tidak sepenuhnya spesifik dalam mendeteksi otot jantung. Hal ini disebabkan karena enzim CK-MB dalam serum juga dapat meningkat akibat adanya cedera atau trauma pada otot jantung (Resti-Ulantari & Sumarya, 2023)

2.3.2 Fungsi CK-MB

Keuntungan dari pemeriksaan Creatine Kinase Myocardial Band (CK-MB) adalah sebagai alat diagnostik yang sudah teruji, menjadi indikator yang sensitif dan spesifik untuk Infark Miokard Akut (IMA), serta sangat berguna dalam mendiagnosis reinfark yang terjadi hingga 48 jam setelah Infark Miokard Akut (IMA) pertama (Darmawan, 2023).

CK-MB (creatine kinase-myocardial band) adalah penanda khusus pada jantung yang dapat dideteksi dan dipercaya untuk menunjukkan adanya cedera ringan pada otot jantung yang mungkin belum menimbulkan gejala (Cao et al., 2024). CK-MB lebih sering digunakan untuk mendiagnosis infark berulang. Pemeriksaan CK-MB tetap berguna untuk diagnosis infark miokard jika troponin tidak tersedia (Ramadhani, 2023)

2.3.3 Sumber Enzim CK-MB

CK-MB mengandung sekitar 30% dari total enzim kreatine kinase (CK) yang terdapat pada otot jantung. Peningkatan kadar CK-MB lebih dari 5% dari total CK menandakan adanya kerusakan pada jaringan otot jantung. Enzim ini mulai terdeteksi dalam sirkulasi darah sekitar 4-6 jam setelah timbulnya nyeri dada, kemudian terus meningkat hingga mencapai puncaknya dalam waktu 10-12 jam setelah terjadinya infark miokard (MI). Karena karakteristik tersebut, CK-MB dikenal sebagai salah satu penanda biokimia paling spesifik dan sensitif untuk mendeteksi infark miokard secara dini (Truong, 2021).

CK-MB merupakan enzim yang banyak ditemukan pada sel otot jantung, dengan konsentrasi sekitar 14% hingga 42% dari total enzim kreatine kinase (CK) di jaringan miokardium. Enzim ini berperan sebagai penanda spesifik kerusakan otot jantung dan dikenal sebagai “standart emas” dalam diagnosis infark miokard akut (AMI). Ketika jaringan jantung mengalami kerusakan, CK-MB dilepaskan dengan cepat ke dalam aliran darah, sehingga kadar enzim ini mulai meningkat sekitar 4 jam setelah terjadinya serangan jantung. Konsentrasinya umumnya mencapai puncak antara 16 hingga 24 jam, kemudian secara bertahap menurun dan

kembali normal dalam waktu 3 hingga 4 hari setelah cedera jantung terjadi (X. Huang et al., 2024).

2.3.4 Hubungan CK-MB dengan Kerusakan Jantung

CK-MB (creatine kinase-myocardial band) adalah salah satu isoenzim kreatin kinase yang paling dominan terdapat pada otot jantung. Ketika sel-sel otot jantung mengalami kerusakan baik akibat infark miokard, peradangan (miokarditis) atau trauma jantung. Membran sel akan rusak sehingga CK-MB keluar dan masuk ke dalam aliran darah. Ketika sel otot jantung mengalami kerusakan, CK-MB akan dilepaskan ke dalam aliran darah. Kadar CK-MB mulai meningkat dalam 3-6 jam setelah cedera jantung, kemudian mencapai puncaknya pada 12-24 jam. Setelah itu, kadar CK-MB akan kembali normal dalam 2-3 hari, sehingga penanda ini sangat berguna untuk mendeteksi kerusakan jantung yang bersifat akut (Gupta et al., 2021)

Isoenzim CK-MB ditemukan dalam konsentrasi yang relatif tinggi pada sel otot jantung. Selain digunakan untuk diagnosis, tes CK-MB juga dapat dimanfaatkan untuk memprediksi angka kematian pada penyakit kardiovaskular (Marsuki, 2023).

2.3.5 Pemeriksaan CK-MB

Pemeriksaan CK-MB metode IFCC (*International Federation of Clinical Chemistry*). Uji ini mengukur aktivitas kreatine kinase dengan menggunakan antibodi yang menargetkan CK-MB. Antibodi tersebut mampu menghambat sebagian dari aktivitas CK-MB. Pada proses pra-analitik plasma atau plasma EDTA harus dipisahkan dari sel darah paling lambat 1 jam setelah pengambilan sampel. Jika sudah ditambahkan inhibitor glikolisis plasma dapat bertahan selama 7 hari pada suhu 2-8°C dan hingga 30 hari pada suhu -20°C. Sampel hanya boleh dibekukan satu kali, dan sampel yang terkontaminasi harus dibuang. Pada tahap analitik adalah proses pengukuran langsung didalam alat, dimulai dari pencampuran reagen dan sampel hingga pembacaan absorbansi dan perhitungan hasil (Precision, 2021).

Pada pemeriksaan CK-MB metode *lateral flow immunoassay* yang digunakan sebagai penunjang diagnosis *acute myocardial infarct* (AMI) dan kerusakan otot skeletal. Pada tahap pra analitik dilakukan pengambilan darah sebanyak 3 mL yang kemudian disentrifugasi selama 10 menit pada kecepatan 3000 rpm untuk memperoleh serum. Pada tahap analitik, sebanyak 75µl sampel serum dimasukkan ke dalam vial berisi detector buffer, kemudian dihomogenkan dan diinkubasi maksimal selama 1 menit. Setelah itu, sebanyak 100µl campuran sampel dan buffer diteteskan secara tegak lurus ke tengah lubang sampel pada cartridge,

pastikan tidak terdapat gelembung saat penetesan. Cartridge kemudian diinkubasi selama 15 menit pada suhu ruang sebelum hasilnya dibaca menggunakan alat analyzer FiCA (Widyastuti et al., 2025).

2.3.6 Nilai Normal CK-MB

Kadar creatine kinase myocardial band (CK-MB) yang normal yaitu kurang dari 10 U/L. Peningkatan CK-MB dapat terjadi pada kondisi seperti infark miokard, angina pectoris, operasi jantung, dan hipotiroidisme. Prosedur pemeriksaannya serupa dengan pemeriksaan CK. CK-MB memiliki sensitivitas sebesar 100% terhadap infark miokard, namun spesifisitasnya tergolong rendah. Kadar CK-MB akan mulai meningkat 3-12 jam setelah onset infark. Mencapai puncak pada 18-24 jam, dan kembali normal dalam 48-72 jam, dengan pola pengambilan sampel 12 jam sebanyak tiga kali setelah timbulnya nyeri. Keunggulan pemeriksaan CK-MB yaitu sebagai alat diagnostik yang telah teruji, menjadi indikator infark miokard akut (IMA) yang sensitif dan cukup spesifik, serta berguna untuk mendeteksi reinfark yang terjadi 48 jam setelah IMA awal (Darmawan, 2022)

Nilai referensi CK-MB sebagai penanda serum dalam mendeteksi cedera pada sistem kardiovaskular berada pada kisaran 0,30 hingga 3,61 ng/mL. Kadar CK-MB yang melebihi 3,61 ng/mL dikategorikan sebagai peningkatan abnormal, yang dapat menunjukkan adanya kerusakan atau disfungsi pada jaringan otot jantung (Cao et al., 2024). Nilai normal pada

pemeriksaan CK-MB metode *lateral flow immunoassay* yaitu $<5,0$ ng/ml (Widyastuti et al., 2025). Nilai normal pemeriksaan CK-MB pada *Rattus norvegicus* yaitu 323 U/L (Rahayu et al., 2020).

2.3.7 Peningkatan CK-MB

Peningkatan kadar enzim CK-MB biasanya menunjukkan adanya kerusakan pada otot jantung. Namun, kadar CK-MB juga bisa naik pada kondisi lain seperti peradangan, cedera, atau kerusakan jantung. Jika CK-MB meningkat, hal itu menandakan adanya gangguan pada jaringan, tetapi bukan berarti selalu ada plak yang menyumbat pembuluh darah. Plak yang menyumbat aliran darah adalah proses berbeda dan tidak langsung ditunjukkan oleh CK-MB (Karwiti et al., 2024).

Peningkatan kadar CK-MB diketahui berhubungan dengan tingginya angka kematian pada pasien infark miokard akut (IMA). Ketika sel – sel otot jantung rusak, enzim CK-MB dilepaskan ke dalam aliran darah. Kenaikan kadar CK-MB dapat terjadi akibat IMA maupun peradangan pada otot jantung (miokarditis), yaitu kondisi yang dapat merusak sel otot jantung, menyebabkan gangguan irama jantung, dan menurunkan kemampuan jantung memompa darah. Biasanya, kadar CK-MB mulai meningkat dalam 3 – 12 jam setelah timbulnya nyeri dada (Li et al., 2021). Peningkatan enzim CK-MB menunjukkan adanya kerusakan pada otot jantung, baik yang bersifat akut maupun kronis (Marsuki, 2023).

2.3.8 Pengaruh Kebisingan Terhadap CK-MB

Kebisingan merupakan salah satu stressor lingkungan yang dapat memicu respons stress tubuh. Paparan terutama di atas 85 dB diketahui dapat mengaktifkan sistem saraf simpatis, meningkatkan kadar katekolamin, menyebabkan penyempitan pembuluh darah (*vasokonstriksi*), serta menambah beban kerja jantung. Proses ini dapat menimbulkan cedera ringan pada otot jantung sehingga memicu pelepasan enzim creatine kinase-myocardial band (CK-MB), meskipun tidak mengakibatkan infark besar, paparan kebisingan yang berlangsung terus-menerus dapat menyebabkan kerusakan kecil pada sel-sel jantung (*mikronekrosis*) yang turut meningkatkan pelepasan CK-MB (Hidayat & Nuraini, 2021).

Stress fisiologis akibat paparan kebisingan dengan intensitas tinggi. Kebisingan >85 dB dapat meningkatkan kadar kortisol dan tekanan darah, sehingga menambah beban kerja jantung. Kondisi ini dapat memicu terjadinya kekurangan aliran darah ke bagian kecil dari otot jantung terutama pada pembuluh darah yang sangat kecil (*mikroiskemia*) dan akhirnya menyebabkan pelepasan CK-MB, selain itu, paparan kebisingan dapat meningkatkan variabilitas denyut jantung, yang pada akhirnya dapat memicu stress kardiak akut (Kearney et al., 2020).

2.4 Serum

2.4.1 Definisi Serum

Serum adalah bagian cairan kuning pucat dari darah yang tanpa sel darah dan fibrinogen sebab protein darah membentuk jaring fibrin dan menggumpal bersama sel. Darah yang digunakan untuk membuat serum tidak diberikan antikoagulan, dibiarkan membeku selama 15 menit sampai 30 menit, disentrifugasi supaya semua sel darah mengendap. Plasma adalah cairan bening kuning pucat dan didapat dari darah yang telah diberi antikogulan setelah disentrifugasi, oleh karena itu plasma masih mengandung fibrinogen. Plasma biasa digunakan untuk pemeriksaan biokimia atau hemostasis sesuai dengan antikoagulan yang digunakan dan plasma juga dapat digunakan untuk pemeriksaan yang membutuhkan hasil segera (cito) sehingga dapat segera disentrifugasi (Gunawan, 2024).

Salah satu faktor yang berperan dalam menentukan mutu serum adalah proses sentrifugasi. Sentrifugasi dilakukan untuk memisahkan komponen cair dari sel-sel darah, sehingga diperoleh serum. Proses ini merupakan tahap awal yang penting dalam hampir seluruh prosedur fraksional atau pemisahan sel, yang bertujuan memisahkan endapan dari suatu suspensi berdasarkan perbedaan ukuran partikel yang signifikan. Perbedaan serum dan plasma berkaitan dengan integritas sel darah, dimana isi sel harus tetap berada didalam sel agar tidak terjadi hemolisis

yang dapat mempengaruhi keakuratan hasil pemeriksaan (Sebayang et al., 2020)

2.4.2 Proses pembentukan serum

Sampel darah terlebih dahulu didiamkan pada suhu kamar selama 15-30 menit hingga terjadi proses pembekuan. Setelah itu, darah disentrifugasi selama 15 menit dengan kecepatan 3000 RPM untuk memisahkan serum. Proses pemisahan serum dilakukan sesuai standar, yaitu tidak lebih dari 2 jam setelah pengambilan sampel darah. Proses pembekuan selama sekitar 30 menit memungkinkan terjadinya retraksi bekuan yang optimal sehingga cairan dalam bekuan darah dapat terperas keluar secara maksimal.

Tujuan pembentukan serum melalui proses pembekuan darah sebelum sentrifugasi adalah untuk mencegah terjadinya hemolisis akibat kontaminasi eritrosit yang dapat memengaruhi kadar lemak dan menyebabkan hasil pemeriksaan menjadi lebih tinggi dari nilai sebenarnya. Selain itu, proses pembekuan memungkinkan retraksi bekuan berlangsung secara optimal sehingga pemisahan serum saat sentrifugasi menjadi lebih sempurna dan komponen lemak dapat terpisah dengan baik ke dalam serum. Jika sampel darah langsung disentrifugasi tanpa melalui proses pembekuan terlebih dahulu, sebagian kandungan lemak mungkin belum terlepas secara sempurna, sehingga berpotensi memengaruhi hasil pemeriksaan (Prarastri & Saktiningsih, 2024).

2.4.3 Komposisi Serum

Darah merupakan jaringan ikat berbentuk cair yang beredar di dalam pembuluh darah dan memiliki warna merah. Secara umum, darah tersusun atas dua komponen utama, yaitu komponen cair berupa plasma atau serum darah serta komponen padat yang dikenal sebagai sel-sel darah. Komponen serum darah sebagian besar terdiri atas air sekitar 91%, protein sekitar 8%, dan mineral sekitar 0,9%. Adapun komponen padat darah meliputi eritrosit (sel darah merah), leukosit (sel darah putih), dan trombosit yang berperan dalam proses pembekuan darah (Kusumah et al., 2021).

2.4.4 Fungsi Serum

Dalam bidang kimia klinik, serum lebih sering digunakan sebagai sampel pemeriksaan dibandingkan plasma. Hal ini disebabkan serum tidak mengandung antikoagulan atau bahan tambahan lainnya, sehingga komponen yang terkandung di dalamnya tidak mengalami perubahan akibat interaksi dengan zat eksternal dan dapat memberikan hasil pemeriksaan yang lebih akurat (Tinsia Husain et al., 2022).

2.4.5 Faktor yang Mempengaruhi Kualitas Serum

Salah satu faktor yang berperan dalam menentukan kualitas serum adalah proses sentrifugasi. Sentrifugasi merupakan metode pemisahan komponen cair dan padat dengan memanfaatkan gaya sentrifugasi. Sentrifugasi digunakan untuk memisahkan serum dari sel-sel darah

sehingga diperoleh bagian cair yang dapat digunakan sebagai sampel pemeriksaan. Selain itu, sentrifugasi merupakan tahapan awal yang banyak digunakan dalam proses fraksionasi atau pemisahan komponen sel, terutama untuk memisahkan endapan dari suspensi yang memiliki perbedaan ukuran partikel yang cukup besar (Sebayang et al., 2020).

Salah satu faktor yang dapat menyebabkan menurunnya stabilitas serum lyophilized universal control adalah penggunaan freezer yang tidak memenuhi standar laboratorium, yaitu dengan suhu ideal sekitar -15°C . Jika serum tersebut menunjukkan penurunan stabilitas setelah direkonstitusi dan disimpan selama satu bulan lebih dalam freezer, maka pooled serum yang disimpan pada kondisi serupa diperkirakan memiliki resiko yang lebih besar mengalami penurunan stabilitas. Hal ini menunjukkan pentingnya pengendalian suhu penyimpanan untuk mempertahankan mutu serum (Tunjung et al., 2021).

2.5 *Rattus norvegicus*



Gambar 2.4 *Rattus norvegicus* (Wati, 2024).

2.4.1 Definisi

Tikus putih (*Rattus Norvegicus*) merupakan hewan yang sering digunakan dalam penelitian biomedis karena kemampuannya untuk mempresentasikan sistem biologis manusia. Sebagai hewan pengerat, tikus ini memiliki tingkat reproduksi yang tinggi, mudah dipelihara dalam jumlah besar, dan memiliki variasi yang cukup luas. Penggunaan tikus putih dalam penelitian ini dipilih karena perawatannya yang relatif mudah. Selain itu, tikus jantan lebih dipilih daripada betina karena memiliki sistem hormonal yang lebih stabil serta metabolisme obat lebih cepat (Harefa & Khairunnisa, 2023).

2.4.2 Klasifikasi *Rattus Norvegicus*

Kingdom : Anmalia
Filum : Chordata
Kelas : Mamalia

Ordo : Rodensia
Famili : Murinae
Sub Famili : Murinae
Genus : Rattus
Spesies : Rattus Norvegicus (Ringgo, 2025).

2.4.3 Karakteristik

Karakteristik tikus putih (*Rattus Norvegicus*) terbagi menjadi dua bagian utama, yaitu kepala dan tubuh. Tikus ini memiliki ciri – ciri morfologi yang khas, diantaranya pada usia dua bulan, berat tikus betina mencapai 200 – 300 gram, sedangkan jantan 300 – 400 gram. Tikus ini memiliki hidung tumpul, tubuh yang besar dengan panjang sekitar 18 – 25 cm, telinga kecil, serta bola mata yang berwarna merah. Kepala dan tubuhnya lebih pendek dibandingkan ekornya, yang membuatnya mudah dipegang. Bentuk kepala tikus ini menyerupai kerucut, dengan kumis yang berfungsi sebagai alat peraba di area moncongnya. Matanya menonjol ke luar dan terletak di sisi kepala. Tikus ini hanya memiliki gigi seri dan gigi gerahang, namun tidak memiliki taring. Gigi seri pada tikus ini terus tumbuh dan berfungsi untuk mengurus benda keras (Harefa & Khairunnisa, 2023).

2.4.4 Anatomi

Anatomi *Rattus norvegicus* mencakup berbagai organ penting, antara lain kelenjar saliva submaksilaris, laring, kelenjar tiroid, paru-paru, jantung, diafragma, hati, lambung atau ventrikel, usus halus, usus besar, limpa, ginjal, kandung kemih, serta organ reproduksi seperti rahim pada betina dan testis pada jantan. Bagian kepala meliputi mulut, bibir, hidung, mata yang dilengkapi membran niktitans, daun telinga, saluran telinga, dan vibrissae. Sementara itu, bagian tubuh terdiri atas dada, perut, puting susu, anus, dan perineum (Aisyah et al., 2023).

2.4.5 Fisiologi

Fisiologis tikus putih yang diamati mencakup suhu tubuh, denyut jantung, dan frekuensi napas. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa suhu tubuh berada pada kisaran 36,6°C hingga 39,1°C kali per menit. Kedua nilai tersebut masih dalam batas fisiologis normal untuk *Rattus norvegicus*. Selain itu, frekuensi napas antara 101 hingga 158 kali per menit, yang juga menunjukkan kondisi fisiologis yang tetap normal (Sudisma et al., 2023).

Tikus putih (*Rattus norvegicus*) memiliki kemampuan reproduksi yang sangat tinggi dan dapat berkembang biak dengan cepat, sehingga dalam kurun waktu satu tahun bisa mengalami kebuntingan lebih dari sepuluh kali dengan jumlah anak mencapai sekitar lima belas ekor setiap kelahiran. Pada tikus jantan, sistem reproduksi berperan melalui testis sebagai lokasi terjadinya spermatogenesis, yang dikendalikan oleh

hormon LH (*luteinizing hormone*) yang berfungsi sebagai produksi testosteron dan hormon FSH (*follicle stimulating hormone*) yang berfungsi sebagai pematangan sel sperma. Hormon-hormon tersebut mendukung produksi testosteron pada sel leydig serta membantu proses pematangan sel spermatozoa oleh sel sertoli (Sitasiwi et al., 2023)

