

## Hubungan Kebisingan dengan Kadar Glukosa Darah pada Manusia: Review

Flora Rumiati<sup>1\*</sup>,  
Alfredo Lailossa<sup>2</sup>,  
William Susanty Dewi  
Winata<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Departemen Fisiologi,  
Fakultas Kedokteran dan  
Ilmu Kesehatan, Universitas  
Kristen Krida Wacana,  
Jakarta, Indonesia.

<sup>2</sup> Fakultas Kedokteran dan  
Ilmu Kesehatan, Universitas  
Kristen Krida Wacana,  
Jakarta, Indonesia.

<sup>3</sup> Departemen Kehatan dan  
Keselamatan Kerja, Fakultas  
Kedokteran dan Ilmu  
Kesehatan, Universitas  
Kristen Krida Wacana,  
Jakarta, Indonesia.

### Abstrak

Kebisingan merupakan suara atau bunyi yang keberadaannya tidak diinginkan, sehingga berdampak pada gangguan kesehatan, lingkungan tidak nyaman dan dapat menyebabkan ketulian. Dampak dari kebisingan pada kesehatan dapat terjadi di tempat kerja dan menimbulkan gangguan yang diklasifikasikan secara bertahap. Pada beberapa penelitian ditemukan bahwa adanya paparan bunyi secara tiba-tiba menimbulkan reaksi fisiologis seperti: denyut nadi, tekanan darah, metabolisme, gangguan tidur dan penyempitan pembuluh darah. Pencarian artikel jurnal penelitian didapat dari media publikasi, disaring dari kriteria inklusi dan eksklusi dan didapatkan 10 jurnal yang akan direview. Hasil pengkajian dari penulisan ini adalah pada semua artikel yang direview oleh penulis memperlihatkan adanya hubungan antara paparan kebisingan dalam jangka waktu lama dengan kadar glukosa darah manusia. Paparan kebisingan menyebabkan peningkatan fosforilasi jnk (c-Jun N-terminal kinase), serta penurunan fosforilasi pada otot rangka sebagai respons terhadap stimulasi insulin eksogen, dan hasil lainnya adalah tingkat plasma TNF- $\alpha$  dan IL-6 di otot rangka meningkat setelah terpapar kebisingan jangka panjang. Paparan kebisingan juga menyebabkan disregulasi aktivitas aksis adrenal hipotalamo-hipofisis dengan pembacaan kortikosteron tinggi, yang tampaknya menumpulkan aksi insulin di jaringan perifer, akibatnya membatasi pengambilan glukosa serta deposisi glikogen pada otot hati dan *gastrocnemius*.

**Kata Kunci:** glukosa darah, kebisingan, sindrom metabolik

## The Relationship between Noise and Blood Glucose Levels in Humans: A Review

\*Corresponding Author : Flora  
Rumiati

Corresponding Email :  
flora.rumiati@ukrida.ac.id

Submission date: October 11<sup>th</sup>, 2022

Revision date: November 17<sup>th</sup>, 2022

Accepted date :December 10<sup>th</sup>, 2022

Publish date : December 17<sup>th</sup>, 2022

Copyright (c) 2022 Flora Rumiati,  
Alfredo Lailossa, William  
William, Susanty Dewi Winata.



This work is licensed under a Creative  
Commons Attribution-  
NonCommercial-ShareAlike 4.0  
International License.

### Abstract

Noise is a sound whose presence is unwanted that it has an impact on health problems, an uncomfortable environment and can cause deafness. The impact of noise on health can occur in workplace and cause disturbances that are classified in stages. Several studies have found that sudden exposure to sound causes physiological reactions such as pulse, blood pressure, metabolism, sleep disturbances and constriction of blood vessels. The search for research journal articles was obtained from publication media, filtered from inclusion and exclusion criteria and obtained 10 journals to be reviewed. The results of this study are that in all the articles reviewed by the author there is a relationship between long-term noise exposure and human blood glucose levels. Noise exposure led to increased phosphorylation of jnk (c-Jun N-terminal kinase) as well as decreased phosphorylation in skeletal muscle in response to exogenous insulin stimulation, and another result was that plasma levels of TNF- $\alpha$  and IL-6 in skeletal muscle increased after long-term noise exposure. Noise exposure also causes dysregulation of the activity of the hypothalamo-pituitary adrenal axis with high corticosterone, which appears to blunt insulin action in peripheral tissues, consequently limiting glucose uptake and glycogen deposition in the liver and *gastrocnemius* muscle.

**Keywords:** blood glucose, metabolic syndrome, noise

### How to Cite

Rumiati F, Lailossa AL, William W, Winata SD. The Relationship of Noise with Blood Glucose Levels in Humans: A Review. *Jurnal MedScientiae*. 2022; 1 (2) : 62-72. DOI : <https://doi.org/10.36452/jmedscientiae.v1i2.2632> Link: <http://ejournal.ukrida.ac.id/ojs/index.php/ms/article/view/2632>

## Pendahuluan

Transportasi adalah perpindahan orang dan barang dari asal ke tujuan. Dalam perpindahan atau pergerakan, tentunya dengan menggunakan kendaraan, yang dapat menghasilkan suara selama pengoperasiannya, seperti suara mesin melalui pipa knalpot atau klakson. Suara yang dihasilkan oleh kendaraan pada level ini masih dapat ditoleransi, tetapi pada tingkat yang lebih tinggi dapat menjadi jenis gangguan atau polusi yang dikenal sebagai kebisingan.<sup>1,2</sup>

Kebisingan merupakan salah satu permasalahan yang umum terjadi kepada para pekerja. Kebisingan adalah suara atau bunyi yang tidak dikehendaki pada kegiatan dan waktu tertentu yang dapat menimbulkan gangguan kesehatan. Menurut Keputusan Menteri Kesehatan No.1405 Tahun 2002 menjelaskan bahwa kebisingan diartikan sebagai suara atau bunyi yang dapat membahayakan dan mengganggu kesehatan manusia. Sebesar 80% sumber kebisingan muncul karena adanya penggunaan pada mesin selama berlangsungnya aktivitas industri. Lebih dari 600 juta orang di seluruh dunia diperkirakan terkena kebisingan di tempat kerjanya, dan 20 juta di Amerika Serikat dikatakan terpapar kebisingan melebihi 85 dB(A).<sup>3</sup>

Tenaga kerja berisiko terpapar kebisingan secara intens yang berbahaya bagi kesehatan. Dampak bagi kesehatan yang ditimbulkan oleh kebisingan dibagi menjadi dua, yaitu dampak terhadap auditori dan non-auditori. Kebisingan mampu merusak sel-sel sensori pendengaran di koklea yang menimbulkan *Noise Induced Hearing Loss* (NIHL). Selain itu, kebisingan juga mampu meningkatkan risiko terjadinya penyakit kardiovaskular, hipertensi, diabetes, gangguan psikologis, gangguan hormonal dan peningkatan glukosa darah. Kebisingan dapat menyebabkan gangguan kesehatan yang dapat dipengaruhi oleh masa kerja, seringnya terpapar suara bising, lama paparan kebisingan, dan penggunaan Alat Pelindung Telinga (APT) atau paparan kebisingan mempunyai pengaruh terhadap kadar glukosa darah.

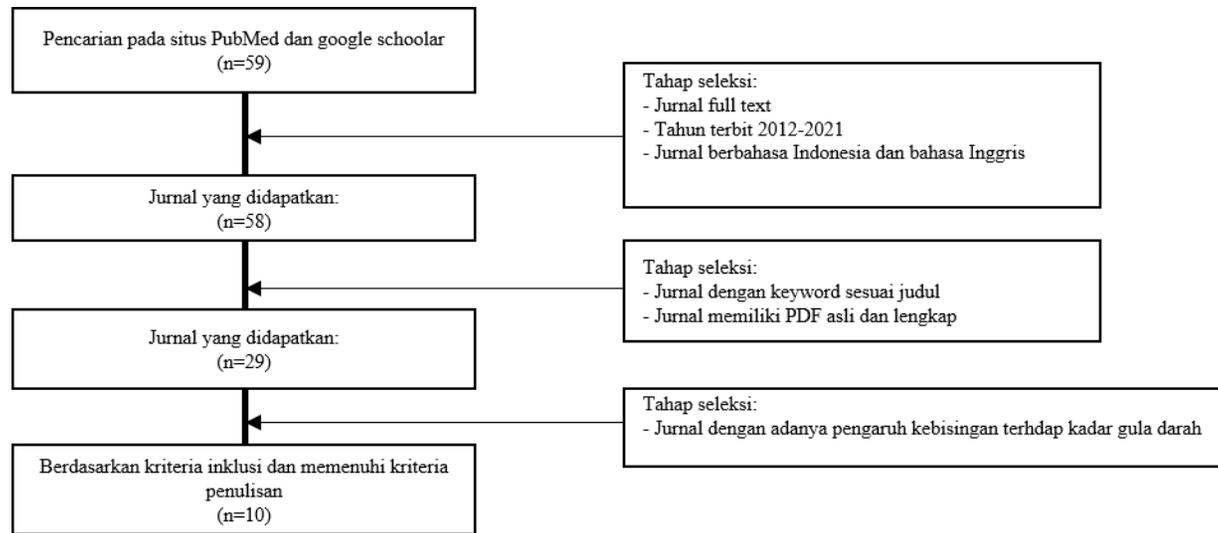
Berdasarkan uraian diatas, maka dapat diketahui bahwa kebisingan menjadi salah satu masalah yang tanpa kita sadari. Oleh karena itu, penulis hendak melakukan pengkajian ulang

terhadap sumber-sumber kepustakaan yang membahas tentang pengaruh kebisingan terhadap peningkatan kadar glukosa darah.

## Metodologi

Penulisan ini merupakan studi literatur yang menggunakan jurnal penelitian dan review jurnal. Pencarian literatur melalui internet dengan menggunakan *database* ilmiah yang mendukung pemberian data seputar topik yang diangkat sesuai judul penulisan, seperti *Google Scholar* dan *PubMed*. Literatur dicari dengan *keyword* yaitu *effect noise on increasing blood sugar and effect of noise on diabetes melitus*. Penulis menemukan sebanyak 59 literatur yang berhubungan dengan tema. Dalam menentukan literatur yang akan dianalisis dan dikupas oleh penulis terdapat beberapa kriteria berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi.

Kriteria inklusi terdiri dari: jurnal dengan tema adanya pengaruh kebisingan terhadap gula darah, jurnal penelitian yang dipublikasikan dalam kurun waktu tahun 2012-2021 (10 tahun terakhir), jurnal dalam bahasa Inggris atau bahasa Indonesia, jurnal tersedia secara lengkap/*full text*, jurnal dalam jenis apa pun yang berhubungan dengan topik. Sedang kriteria eksklusi meliputi jurnal dengan pendekatan *in vitro*, jurnal dengan pendekatan bioinformatika, jurnal tanpa akses *full text*, dan jurnal dengan hasil penelitian yang tidak konklusif.



**Bagan 1. Seleksi Studi dan Penilaian Kualitas**

**Tabel 1. Hasil Pencarian Artikel Penelitian**

No	Nama Penulis	Judul	Subyek	Metode	Hasil dan Pembahasan
1.	Setiawan (2012) <sup>4</sup>	Hubungan kebisingan dengan peningkatan kadar glukosa darah sewaktu pada mencit.	Mencit jantan ekor	24 Desain kelompok kontrol pra tes dan pasca tes	Adanya hubungan lama paparan kebisingan 90 dB selama 110 menit, 125 menit, dan 140 menit dengan peningkatan kadar glukosa darah sewaktu-waktu (otot) jantan.
2.	Morakinyo <i>et al.</i> (2019) <sup>5</sup>	<i>Adverse effects of noise stress on glucose homeostasis and insulin resistance in Sprague-Dawley rats</i>	Mencit jantan ekor	24 <i>Cross sectional</i>	Paparan kebisingan menyebabkan disregulasi aktivitas aksis adrenal hipotalamo-hipofisis dengan pembacaan kortikosteron tinggi, yang tampaknya menumpulkan aksi insulin di jaringan perifer; dan, akibatnya membatasi pengambilan glukosa serta deposisi glikogen pada otot hati dan gastrocnemius tikus.
3.	BoCui <i>et al.</i> (2016) <sup>6</sup>	<i>Effects of chronic noise on glucose metabolism and gut microbiota–host inflammatory homeostasis in rats</i>	Mencit jantan ekor	64 <i>Cross sectional</i>	Paparan kebisingan kronis menginduksi kelainan persisten dalam regulasi glukosa disertai dengan perubahan mikrobiota usus dan respon imun host.

4.	Ohlwein et al. (2019) <sup>7</sup>	<i>Indoor and outdoor road traffic noise and incident diabetes mellitus: Results from a longitudinal German cohort study</i>	Manusia orang	3.396	Studi kohort	Paparan jangka panjang terhadap kebisingan lalu lintas jalan dalam dan luar ruangan dapat meningkatkan risiko terjadinya diabetes melitus tipe 2 dari paparan polusi udara.
5.	Shin et al. (2020) <sup>8</sup>	<i>Association between road traffic noise and incidence of diabetes mellitus and hypertension in Toronto</i>	Manusia orang	914.607	Studi kohort	Adanya kaitan paparan jangka panjang terhadap lalu lintas jalan raya dengan peningkatan insiden diabetes mellitus di Toronto.
6.	Ikenna et al. (2017) <sup>9</sup>	<i>Exposure to night-time traffic noise, melatonin-regulating gene variants and change in glycemia in adults</i>	Manusia orang	3.350	Studi kohort	Pada non-diabetes, mengamati hubungan yang umumnya tidak signifikan antara kebisingan transportasi dan HbA1c. Di antara penderita diabetes, hubungan dengan kebisingan kereta api dan pesawat adalah positif (mencapai signifikan hanya untuk kebisingan pesawat), sedangkan hubungan dengan kebisingan lalu lintas jalan adalah negatif. Jalur melatonin sangat berperan dalam kerentanan kebisingan, jika paparan kebisingan menyebabkan bangun lebih awal dan kemungkinan makan lebih awal, maka dapat merangsang sekresi insulin selama kadar melatonin yang tinggi, dan juga bisa menyebabkan peningkatan kadar glukosa darah.
7.	Mohammad et al. (2016) <sup>10</sup>	<i>The effect of occupational noise exposure on blood and biochemical parameters: a case study of an insulator manufacturer in Iran</i>	Manusia 49 orang		Cross sectional	Tidak ada perbedaan signifikan yang ditemukan di antara data demografis dari kedua kelompok ( $p > 0,05$ ). Rata-rata kadar glukosa dan kolesterol pada kedua kelompok signifikan secara statistik ( $p < 0,05$ ). Perbedaan rata-rata jumlah RBC, jumlah WBC, dan kadar serum Hb dan Hct secara statistik signifikan antara kedua kelompok ( $p < 0,05$ ). Selain itu, parameter hematologi ini meningkat di antara pekerja selama tahun ini.
8.	Thiesse et al. (2020) <sup>11</sup>	<i>Adverse impact of nocturnal transportation noise on glucose regulation in healthy young adults: Effect of different noise scenarios</i>	Manusia 21 orang		Kondisi prastudi dan kondisi pascastudi	Pada 21 orang relawan ditemukan adanya gangguan toleransi glukosa. tidak ada kaitannya kebisingan transportasi merusak regulasi glukosa melalui penurunan kualitas dan kuantitas tidur.
9.	Yu et al. (2019) <sup>12</sup>	<i>Air pollution, noise exposure, and metabolic syndrome—a cohort study in elderly Mexican-Americans in Sacramento area</i>	Manusia 1.554 orang		Studi kohort prospektif	Ketika peningkatan paparan kebisingan selama 24 jam tahunan ditemukan bahwa adanya gangguan sindrom metabolik, dalam hal ini hiperglikemia dan hipertensi.
10.	Mauludyahwati (2019) <sup>13</sup>	Pengaruh paparan kebisingan kronis terhadap kadar glukosa darah pada pekerja pemotongan kayu di Kecamatan Arjasa, Kabupaten Jember	Manusia 34 orang		Cross sectional	Ditemukan peningkatan kadar glukosa puasa pada kelompok yang terpapar bising.

## Pembahasan

Telinga merupakan organ pendengaran yang memiliki peran penting dalam menjaga keseimbangan tubuh. Pada telinga terdapat beberapa bagian yang memiliki peran dalam pendengaran. Bagian-bagian tersebut adalah telinga luar yang terdiri dari daun telinga, liang telinga hingga lapisan *tympani*.<sup>14</sup>

Suara yang sampai ke telinga kita adalah energi gelombang suara. Gelombang suara menggetarkan gendang telinga (*membran tympani*), yang merupakan membran tipis dan transparan. Selain itu, getaran ini mencapai telinga tengah, yang terdapat tulang-tulang pendengaran. Tulang-tulang ini termasuk *malleus, incus dan stapes*. Bagian *malleus* melekat pada bagian dalam gendang telinga, dan bergetar ketika *membran tympani* bergetar.<sup>15</sup>

Kebisingan (*noise*) diartikan sebagai suara yang tidak diinginkan dan berpotensi mengganggu kesehatan, berasal dari pekerjaan atau non pekerjaan. Kebisingan didefinisikan sebagai bunyi yang tidak diinginkan dari kegiatan dalam waktu tertentu yang dapat menimbulkan gangguan kesehatan manusia dan kenyamanan lingkungan. Bunyi atau suara yang didengar sebagai rangsangan saraf sensori pendengaran berasal dari getaran yang ditimbulkan oleh sumber bunyi. Getaran merambat melalui media elastis (udara, air, padatan) secara longitudinal. Suara mempunyai frekuensi yang bervariasi, umumnya suara bising terjadi pada frekuensi yang tinggi. Apabila bunyian tersebut tidak dikehendaki karena mengganggu, maka bunyi tersebut dapat dinyatakan sebagai kebisingan.<sup>16</sup>

Kebisingan dapat menimbulkan dampak negatif pada kesehatan, yaitu dampak auditori dan non-auditori. Paparan kebisingan di suatu lingkungan kerja yang berkepanjangan dan terus menerus dapat menyebabkan gangguan pendengaran atau disebut juga *Noise Induced Hearing Loss (NIHL)*. *Noise Induced Hearing Loss* dicirikan dengan kehilangan pendengaran sensorineural, bilateral, *irreversible*, dan progresif. Paparan bising menyebabkan kerusakan pada struktur telinga bagian dalam yaitu sel-sel rambut silia di koklea. Respon terhadap stimulasi oleh stereosilia pada sel-sel rambut menjadi berkurang. Semakin tinggi intensitas bunyi, sel-sel rambut akan semakin

rusak dan timbul degenerasi pada saraf pendengaran.<sup>17</sup>

Selain menimbulkan dampak negatif terhadap pendengaran, kebisingan juga dapat mengganggu sistem kardiovaskular, mengganggu kualitas tidur dan mempengaruhi glukosa darah. Paparan kebisingan menyebabkan peningkatan denyut jantung dan tekanan darah. Kebisingan akut akan memicu kondisi stres yang dapat menstimulasi saraf simpatis dan meningkatkan hormon stres (epinefrin dan norepinefrin) yang menyebabkan vasokonstriksi pembuluh darah sehingga menaikkan *cardiac output* dan resistensi perifer.<sup>18</sup>

Paparan kebisingan secara terus menerus dapat menyebabkan gangguan tidur. Penelitian sebelumnya pada 12 orang yang terpapar kebisingan dengan intensitas 85 dB(A) selama 12 jam menunjukkan adanya perubahan diantaranya yaitu pemendekan siklus tidur, dan peningkatan *deep sleep* pada siklus tidur kedua. Paparan kebisingan di malam hari berpotensi untuk mempersingkat durasi tidur dan mengurangi kualitas tidur.<sup>18</sup>

Temuan dari penulisan ini menunjukkan sebagian besar artikel atau jurnal mengulas tentang pengaruh kebisingan terhadap kadar glukosa darah. Glukosa darah adalah glukosa yang terdapat dalam darah. Glukosa dalam darah bersumber dari absorpsi karbohidrat dalam makanan, perubahan dari asam amino menjadi glukosa, dan disimpan sebagai glikogen di hati dan otot rangka.<sup>19</sup>

Sebagian besar dari beberapa penelitian dalam penulisan ini, mengambil sampel dari data studi kohort dan sisanya mengambil data dari penelitian mencit. Penelitian awal dimulai pada mencit. Setiawan melakukan penelitian dengan sampel objek yaitu mencit jantan 24 ekor. Penelitian ini menggunakan desain kelompok kontrol pra tes dan pasca tes untuk mengetahui perbedaan intensitas 90 dB pada peningkatan kadar glukosa darah sewaktu pada saat tertentu. *Mus musculus* jantan dibagi menjadi 4 perlakuan secara contoh acak sederhana dan setiap kelompok terdiri dari 6 mencit. Kelompok pertama tanpa paparan bising, kelompok 2 dipapar bising dengan intensitas 90 dB selama 110 menit per hari, kelompok 3 dipapar bising dengan intensitas 90 dB selama 125 menit per hari, bising dengan intensitas 90 dB selama 140

menit per hari. Semua diperlakukan selama 7 hari berturut-turut. Glukosa darah di ukur sebelum dan sesudah paparan 7 hari. Kemudian pada penelitian ini, didapatkan hasil bahwa ada peningkatan kadar glukosa pada mencit, dan semakin lama mencit ini mendapatkan bising, maka semakin meningkat kadar glukosa dalam tubuh mencit ini.<sup>4</sup>

Sama halnya penelitian di Nigeria yang masih menggunakan bahan mencit, Ayodelle dan kawan-kawan menemukan bahwa paparan kebisingan menyebabkan disregulasi aktivitas aksis adrenal hipotalamo-hipofisis dengan pembacaan kortikosteron tinggi, yang tampaknya menumpulkan aksi insulin di jaringan perifer, dan akibatnya membatasi pengambilan glukosa serta deposisi glikogen pada otot hati dan gastrocnemius. Penelitian ini pun juga sama menggunakan tikus sebanyak 24 ekor. Dua puluh empat tikus jantan dewasa *Sprague-Dawley* ditetapkan menjadi empat kelompok. Semua tikus kecuali kelompok kontrol terpapar kebisingan 95dB menggunakan generator kebisingan selama 28 hari berturut-turut. Sekelompok tikus diselidiki segera setelah 28 hari paparan kebisingan, sementara yang lain dibiarkan pulih dari stres kebisingan selama 7 hari dan 14 hari. Tingkat serum insulin, *corticosterone* (CORT) dan *corticosterone-releasing-factor* (CRF) ditentukan dengan menggunakan ELISA.<sup>5</sup>

Penelitian yang sama juga dilakukan oleh Bocui dan kawan-kawan di Tiongkok yang meneliti 64 ekor tikus terkait efek kebisingan kronis pada metabolisme glukosa dan mikrobiota usus homeostasis inflamasi inang pada tikus. Dalam penelitian ini diperiksa metabolisme glukosa, respon imun, dan perubahan mikrobiota usus/homeostasis inflamasi inang pada tikus yang terpapar kebisingan selama 30 hari berturut-turut. Pada penelitian ini ditemukan empat hasil yaitu yang pertama adalah paparan kebisingan kronis meningkatkan kadar glukosa darah dan kortikosteron (CORT).<sup>6</sup>

Mereka memeriksa perubahan berat badan dan mengukur kadar glukosa darah dan CORT dengan enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) pada tikus yang terpapar kebisingan untuk berbagai periode. Paparan kebisingan tidak berpengaruh pada berat badan, namun kadar glukosa darah meningkat relatif terhadap kontrol

pada hari setelah paparan sebelum menurun ke *baseline* 3 hari setelah akhir periode paparan kebisingan 28 hari. Hasil ELISA menunjukkan bahwa kadar CORT meningkat masing-masing sebesar 26,2%; 13,3%; dan 14,0% pada hari ke 0, 3, dan 14. Hasil ini menunjukkan bahwa paparan kebisingan kronis menginduksi respons stres yang persisten dan disregulasi glukosa.<sup>6</sup>

Pada hasil yang kedua menunjukkan paparan kebisingan kronis menurunkan sensitivitas insulin hati. Pengaruh paparan kebisingan kronis pada sensitivitas insulin dinilai dengan mengukur kadar insulin plasma darah, glikogen, dan trigliserida (TG) oleh ELISA serta reseptor insulin hati (IR), substrat IR (IRS), AKT dan glikogen sintase kinase (GSK)-3 $\beta$  tingkat dengan *western blotting*. Paparan kebisingan meningkatkan konsentrasi insulin dan TG, dengan penurunan glikogen hati yang sesuai yang bertahan selama 0-3 hari setelah penghentian kebisingan. Tingkat IR dan IRS menurun setelah paparan kronis terhadap kebisingan; tren ini bertahan hingga 14 hari setelah penghentian stimulasi kebisingan. Fosforilasi (p-)AKT dan p-GSK-3 $\beta$  tingkat diturunkan dalam kelompok yang terpapar kebisingan 0, 3, 7, dan 14 hari setelah paparan. Data ini menunjukkan bahwa paparan kebisingan kronis menyebabkan aktivasi terus-menerus dari IRS-AKT-GSK3 $\beta$  sinyal di hati, berpotensi berkontribusi terhadap resistensi insulin.<sup>6</sup>

Kemudian pada hasil yang ketiga adalah paparan kebisingan kronis mengubah komposisi komunitas mikroba usus. Sebanyak enam sampel feses (masing-masing tiga dari tikus kontrol dan tikus yang terpapar kebisingan pada hari ke 0 setelah paparan) dikumpulkan untuk pengurutan gen 16S rRNA. Setiap sampel memiliki 1276 OTU dan rata-rata 41.847 urutan. Stres dapat mengubah komposisi mikrobiota usus, oleh karena itu perlu mengevaluasi komposisi komunitas mikroba dalam sampel feses. Analisis koordinat utama UniFrac tertimbang dan analisis klaster hasil sekuensing 16S rRNA menunjukkan bahwa paparan kebisingan kronis menyebabkan perubahan signifikan dalam populasi mikrobiota usus pada tingkat filum dan genus. Artinya, jumlah Proteobacteria dan Actinobacteria diubah setelah paparan kebisingan. Selanjutnya, Coriobacteriia dan Actinobacteria berkurang pada tingkat kelas sedangkan Roseburia

ditingkatkan dan *Faecalibacterium* berkurang pada tingkat genus dalam sekum tikus yang terpapar kebisingan.<sup>6</sup>

Dan hasil berikutnya adalah paparan kebisingan kronis meningkatkan respons inflamasi. Untuk memperjelas peristiwa inflamasi yang mengarah ke disfungsi metabolik yang disebabkan oleh paparan kebisingan kronis, diukur imunoglobulin (Ig)A, interleukin (IL)-1, dan faktor nekrosis tumor (TNF)- $\alpha$  kadar di ileumby ELISA. Paparan kebisingan menyebabkan peningkatan IgA, IL-1, dan TNF- $\alpha$  tingkat yang bertahan selama setidaknya 3 sampai 7 hari setelah penghentian kebisingan. Data ini menunjukkan bahwa paparan kebisingan kronis menyebabkan peradangan terus-menerus di ileum, menyiratkan hubungan mekanistik dengan gangguan metabolisme seperti diabetes dan obesitas.<sup>6</sup>

Beralih ke data studi kohort pertama adalah penelitian mengenai kebisingan terhadap gangguan kadar glukosa dalam darah yang terjadi di negara Jerman. Simone dan kawan-kawan meneliti 3.396 jiwa, dan menggunakan data dari studi kohort longitudinal HNR (faktor risiko, evaluasi kalsium koroner dan gaya hidup) berbasis populasi yang berlokasi di tiga kota yang berdekatan di dalam Area Ruhr Jerman yang sangat urban. Penilaian termasuk kuesioner yang dikelola sendiri, wawancara tatap muka, pemeriksaan klinis, dan analisis laboratorium yang komprehensif. Studi HNR telah disetujui oleh komite etik Rumah Sakit Universitas Essen. Semua peserta memberikan persetujuan tertulisnya. Simone *dkk.*, memasukkan 3.396 peserta bebas diabetes mellitus pada awal, di antaranya 305 (9,0%) mengembangkan DMT2 selama rata-rata waktu tindak lanjut 5,1 tahun, dengan 162 peserta melaporkan sendiri onset DMT2 atau menerima obat antidiabetes dan 211 peserta mengalami peningkatan kadar glukosa darah. Para peserta memiliki usia rata-rata 58,8 tahun. Sehingga bisa disimpulkan pada penelitian dari hasil analisis studi kohort prospektif berbasis populasi menunjukkan bahwa paparan jangka panjang terhadap kebisingan lalu lintas jalan dalam dan luar ruangan dapat meningkatkan risiko pengembangan DMT2.<sup>7</sup>

Sama halnya dengan penelitian dari Jerman, Saeha Shin dan kawan-kawan melakukan penelitian di Toronto Kanada terkait

hubungan kebisingan terhadap hipertensi dan diabetes mellitus berbasis populasi. Metode pada penelitian menggunakan *Ontario Population Health and Environment Cohort*, studi kohort berbasis populasi retrospektif dari penduduk jangka panjang Toronto, berusia 35 hingga 100 tahun, yang terdaftar untuk asuransi kesehatan yang didanai pemerintah Provinsi, dan tanpa riwayat hipertensi dan diabetes mellitus. Pemantauan kebisingan dilakukan selama seminggu menggunakan data *logger* pengukur tingkat suara kebisingan yang dipilih dari kombinasi kepadatan penduduk, penggunaan lahan (yaitu, perumahan, ruang terbuka, pekerjaan, dan industri/komersial), dan situs-situs tertentu. Dalam studi kohort retrospektif berbasis populasi ini, mengeksplorasi hubungan antara paparan kebisingan lalu lintas jangka panjang terhadap penyakit kardiometabolik, termasuk diabetes mellitus dan hipertensi, di Toronto, Ontario, Kanada. Hasilnya menunjukkan bahwa setiap peningkatan 10-dBA dari paparan jangka panjang terhadap lalu lintas jalan kebisingan dikaitkan dengan 8% peningkatan risiko insiden diabetes mellitus dan 2% peningkatan risiko insiden hipertensi di antara individu, berusia 35 sampai 100 tahun, yang tinggal di Toronto.<sup>8</sup>

Penelitian yang hampir sama juga dilakukan di negara Swiss oleh Ikenna dan kawan-kawan, mengenai paparan kebisingan lalu lintas malam hari, varian gen pengatur melatonin dan perubahan glikemia pada orang dewasa. Penelitian menggunakan data studi kohort, dengan menggunakan 3350 orang dewasa berusia 29-81 tahun yang menyelesaikan wawancara dan pemeriksaan kesehatan pada survei lanjutan SAPALDIA pertama (SAP2) dan kedua (SAP3), dan memiliki informasi lengkap tentang kovariat yang relevan. Menggunakan kombinasi data kuesioner dan nilai HbA1c, yang mengidentifikasi peserta sebagai kasus diabetes jika mengalami diabetes yang didiagnosis sendiri oleh dokter, menggunakan obat diabetes, atau memiliki nilai HbA1c  $\geq 6,5\%$  di SAP2 atau SAP3. Didefinisikan diabetes yang dikonfirmasi/lanjutan, dibatasi hanya pada peserta yang minum obat. Ditemukan hubungan positif yang signifikan dari HbA1c dengan kebisingan pesawat pada non-diabetes, di mana rata-rata HbA1c meningkat 0,02% (95% CI 0, 0,03) per perbedaan 10 dB dalam malam hari.

Tidak ada hubungan yang signifikan dengan kebisingan kereta api, maka bisa disimpulkan dari penelitian ini bahwa memang terdapat pengaruh kebisingan terhadap perubahan kadar glikemia pada orang dewasa di Swiss.<sup>9</sup>

Selain itu, paparan kebisingan malam hari dapat mengganggu homeostasis glukosa melalui gangguan pada siklus tidur atau gangguan irama sirkadian. Jalur sirkadian ditangkap menggunakan varian genetik yang mengatur melatonin sebagai *proxy*, yang mencerminkan risiko genetik untuk disregulasi profil melatonin. Pada penelitian ini menemukan hubungan positif antara paparan kebisingan jalan raya malam hari dan perubahan delapan tahun HbA1c pada non-mover, yang secara signifikan lebih kuat di antara individu diabetes dengan risiko genetik gangguan ritme sirkadian. Kemudian adanya hubungan positif dengan kebisingan pesawat yang sekali lagi lebih kuat pada penderita diabetes, tetapi kebisingan kereta api tidak terkait dengan perubahan HbA1c. Melatonin terlibat dalam pengaturan ritme sirkadian manusia melalui perannya dalam termoregulasi dan induksi tidur. Sekresi melatonin terjadi selama malam hari dan dalam keadaan puasa, dimana kondisi sekresi insulin juga rendah. Oleh karena itu, jalur melatonin sangat berperan dalam kerentanan kebisingan, jika paparan kebisingan menyebabkan bangun lebih awal dan kemungkinan makan lebih awal, maka dapat merangsang sekresi insulin selama kadar melatonin yang tinggi, dan juga bisa menyebabkan peningkatan kadar glukosa darah.<sup>9</sup>

Pada penelitian di Iran pun demikian, dimana Hamze dan kawan-kawan melakukan penelitian terhadap 49 orang mengenai pengaruh paparan kebisingan di tempat kerja pada parameter darah dan biokimia. Studi kasus-kontrol ini dilakukan pada pekerja di bagian produksi (49 orang sebagai kelompok kasus) dan staf administrasi (10 orang sebagai kelompok kontrol) di satu pabrik pembuatan isolator dari tahun 2010 hingga 2014. Untuk menilai paparan individu pekerja terhadap kebisingan, model dosimeter kebisingan TES-1355 digunakan. Pengujian dosimetri kebisingan dilakukan berdasarkan pola paparan pekerja terhadap kebisingan sesuai dengan standar nasional Iran (tingkat kriteria 85 dBA dan nilai tukar  $Q = 3$  dBA). Parameter darah seperti glukosa darah,

kolesterol, sel darah merah (RBC), sel darah putih (WBC), hemoglobin (Hb), dan hematokrit (Hct) dipelajari pada pekerja produksi (kasus) dan staf administrasi (kontrol) selama lima kali berturut-turut. Setelah dilakukan penelitian pada pekerja, maka ditemukan hasil bahwa rata-rata kadar glukosa dan kolesterol pada kedua kelompok signifikan secara statistik ( $p < 0,05$ ).<sup>10</sup> Pada penelitian ini menunjukkan bahwa jumlah sel darah merah, sel darah putih, hemoglobin, dan hematokrit sel darah meningkat karena paparan kebisingan, yang disebabkan oleh efek getaran suara pada sistem kekebalan tubuh dan peningkatan parameter darah. Sebuah studi yang dilakukan oleh Hamzeh dan kawan-kawan menyimpulkan bahwa polusi suara dapat meningkatkan jumlah sel darah merah, hematokrit, dan hemoglobin pada pekerja kilang minyak, sementara mekanisme proses ini masih belum jelas.

Terdapat keterkaitan antara kebisingan kronik dan peningkatan risiko terjadinya diabetes. Seseorang yang terpapar kebisingan dalam kurun waktu 1-5 tahun, meningkatkan risiko diabetes 14% lebih tinggi dibandingkan seseorang yang tidak terpapar kebisingan. Kebisingan akan meningkatkan hormon glukokortikoid, kemudian menghambat sekresi insulin oleh sel  $\beta$  pankreas dan mengurangi sensitivitas insulin di hati dan otot rangka sehingga meningkatkan risiko diabetes mellitus tipe 2. Faktor-faktor yang dapat memengaruhi kadar glukosa darah meliputi keturunan, usia, diet, obesitas, olahraga, dan konsumsi alkohol. Faktor lain yang memengaruhi glukosa darah berasal dari lingkungan kerja, yaitu kebisingan.<sup>10</sup>

Penelitian Laurie dan kawan-kawan di negara Swiss pun juga menemukan hasil yang serupa, yang mengambil dua puluh satu sukarelawan muda yang sehat (sembilan perempuan) berpartisipasi dalam studi laboratorium enam hari dimulai dengan malam awal yang bebas kebisingan, kemudian empat malam tidur dengan skenario kebisingan transportasi yang disajikan secara acak (skenario kebisingan tiga jalan dan satu kereta api) dengan rata-rata yang identik tingkat suara 45 dB tetapi berakhir dengan malam pemulihan yang bebas kebisingan. Metode penilaian gangguan tidur diukur dengan polisomnografi. Sementara toleransi glukosa dan sensitivitas insulin diukur

setelah baseline, malam kebisingan terakhir dan malam pemulihan dengan tes toleransi glukosa oral menggunakan indeks sensitivitas insulin. Sebelas peserta diberi skenario kebisingan yang kurang penting selama malam kebisingan terakhir (kelompok LE), sementara sepuluh lainnya memiliki skenario kebisingan yang lebih besar (kelompok ME). Hasil penelitian ini pun tidak jauh berbeda dengan penelitian setiawan, dimana memang terdapat peningkatan kadar glukosa pada 21 peserta setelah terpapar kebisingan pada malam hari. Pada penelitian ini juga menemukan hasil bahwa tidak ada kaitannya kebisingan transportasi merusak regulasi glukosa melalui penurunan kualitas dan kuantitas tidur.<sup>11</sup>

Serupa dengan penelitian Laurie dan kawan-kawan, Yu Yua dan kawan-kawan melakukan penelitian terkait dengan polusi udara, paparan kebisingan dan sindrom metabolic dengan menggunakan desain studi kohort pada lansia di Meksiko-Amerika. Yu Yua dan kawan-kawan melihat hubungan antara oksida nitrogen dengan kebisingan terhadap sindrom metabolik dan hasilnya adanya peningkatan yang signifikan. Ketika tingkat kebisingan 24 jam dan malam hari masing-masing lebih tinggi dari 65 db, yang secara positif membuat kejadian baru yaitu gangguan sindrom metabolik. Gangguan sindrom metabolik yang ditemukan diantaranya hipertensi, hiperglikemi dan hipertrigliserida.<sup>12</sup>

Di Indonesia baru pertama kali dilakukan penelitian terhadap manusia yaitu pada pekerja pemotongan kayu. Penelitian di Indonesia ini dilakukan oleh Luluk Mauludyahwati dan kawan-kawan terkait dengan pengaruh kebisingan kronis terhadap kadar glukosa darah. Nilai ambang batas kebisingan yang digunakan dalam penelitian luluk adalah 97,5 dB yang berada di atas ambang batas kebisingan yang sudah ditentukan dalam Permenkes RI no.70 tahun 2016 tentang standar kesehatan lingkungan industri. Peningkatan yang signifikan dalam kadar glukosa darah puasa juga diamati dalam penelitian Luluk.<sup>13</sup>

Pada penelitian terhadap mencit ataupun pada manusia diatas, bisa dipastikan bahwa memang ada hubungan antara kebisingan kronis dengan kadar glukosa darah manusia. Sebagai stressor, kebisingan dapat merangsang sistem saraf simpatis dan mengaktifkan sistem hipotalamus pituitari adrenal. Hipotalamus pituitari adrenal (HPA) akan menerima berbagai

input, termasuk stressor bising. *Corticotropin releasing hormone* (CRH), kemudian disekresikan oleh hipotalamus pituitari adrenal (HPA) untuk merangsang hipofisis anterior agar dapat mensintesis *adrenocorticotropin hormone* (ACTH). Selanjutnya, ACTH memicu korteks adrenal- untuk mensekresi kortisol. Kortisol dapat meningkatkan kadar glukosa darah melalui proses glukoneogenesis.<sup>13</sup>

Di hati, kortisol meningkatkan enzim yang mengubah asam amino menjadi glukosa. Selanjutnya kortisol akan memindahkan asam amino di jaringan ekstrahepatik, terutama di sel otot. Hal ini akan mengakibatkan lebih banyak asam amino yang memasuki proses glukoneogenesis sehingga meningkatkan produksi glukosa. Pada hipotalamus akan ditekan oleh peningkatan kortisol, sedangkan hipofisis anterior akan dihambat untuk mensekresi ACTH karena kadar kortisol yang lebih tinggi. tetapi, bila stressor berupa bising tersebut terjadi secara berulang dan terus menerus akan melemahkan penekanan CRH sehingga terjadi peningkatan sekresi kortisol. Dampak peningkatan sekresi kortisol, menyebabkan terjadinya peningkatan glukoneogenesis dan kadar glukosa darah.<sup>4</sup>

Pada studi kasus Setiawan menunjukkan adanya perbedaan tingkat kadar glukosa darah sesuai dengan lama paparan kebisingan yang diterima oleh mancis tersebut. Hormon stres, seperti kortisol, epinefrin dan nonepinefrin bertanggung jawab atas peningkatan glukosa darah. Di antara hormon stres, nonepinefrin yang meningkatkan glukosa darah dengan menurunkan sekresi insulin dan glikogenolisis, sedangkan epinefrin meningkatkan glukoneogenesis dan glikogenolisis. Melalui glikogenolisis, kortisol meningkatkan kadar glukosa darah dan menurunkan pemanfaatan glukosa oleh sel.<sup>4</sup>

## Kesimpulan

Terdapat hubungan antara paparan kebisingan dalam jangka waktu lama dengan kadar glukosa darah manusia. Paparan kebisingan diatas ambang normal dan terpapar terus menerus bisa menyebabkan peningkatan kadar glukosa darah. Peningkatan kadar glukosa darah bisa disebabkan karena stress bising yang menekan hormon kortisol, epinefrin dan non epinefrin melalui proses glukoneogenesis dan glikogenolisis. Paparan kebisingan menyebabkan disregulasi

aktivitas aksis adrenal hipotalamo-hipofisis dengan pembacaan kortikosteron tinggi, yang menumpulkan aksi insulin di jaringan perifer; dan, akibatnya membatasi pengambilan glukosa serta deposisi glikogen pada otot hati dan *gastrocnemius*. Kebisingan kronis selain meningkatkan kadar glukosa darah juga bisa dapat mengubah komposisi komunitas mikroba usus pada tingkat filum dan genus.

## Daftar Pustaka

1. Hendrawan A, Yulianeu. The impact of physical environment of work stress in abk (crew) fishing boat in Cilacap. Proceeding ICSTIEM International Conference on Social, Technological Innovation, Economics and Management, 2017;1-21.
2. Umar JS, Ginanjar R, Listyaandini R. Analisis paparan kebisingan terhadap stress kerja pada tenaga kerja pengolahan kelapa sawit PTPN VIII PKS 2 kelurahan Cikasungka Kabupaten Bogor. Jurnal Mahasiswa Kesehatan Masyarakat PROMOTOR. 2021;4(4): 329-37.
3. Candraditya R, Dwiyaniti E. Hubungan tingkat pendidikan, masa kerja dan tingkat kebisingan dengan stress kerja di PT. X. Jurnal Penelitian Kesehatan. 2017; 15(1):1-9.
4. Setiawan I. Hubungan kebisingan dengan peningkatan kadar glukosa darah sewaktu pada mencit. Sainatika Medika. 2011;7(2).
5. Morakinyo AO, Samuel TA, Awobajo FO, Adekunbi DA, Olatunji IO, Binibor FU, Oni AF. Adverse effects of noise stress on glucose homeostasis and insulin resistance in sprague-dawley rats. Heliyon. 2019;5(12).
6. Cui B. Effects of chronic noise on glucose metabolism and gut microbiota–host inflammatory homeostasis in rats. Scientific Reports. 2016;(1):1-8.
7. Ohlwein S, Hennig F, Lucht S, Matthiessen C, Pundt N, Moebus S, Jockel K-H, Hoffmann B. . Indoor and outdoor road traffic noise and incident diabetes mellitus: results from a longitudinal German cohort study. Environmental Epidemiology. 2019; 3(1).
8. Shin S. Association between road traffic noise and incidence of diabetes mellitus and hypertension in Toronto, Canada: a population-based cohort study. Journal of the American Heart Association. 2020; 9(6).
9. Eze IC, Imboden M, Foraster M, *et al.* Exposure to night-time traffic noise, melatonin-regulating gene variants and change in glycemia in adults. International journal of environmental research and public health. 2017;14(12): 1492.
10. Mohammad H. The effect of occupational noise exposure on blood and biochemical parameters: a case study of an insulator manufacturer in Iran. Electronic Physician. 2016; 8(1): 1740.
11. Thiesse L, Rudzik F, Spiegel K, *et al.* Adverse impact of nocturnal transportation noise on glucose regulation in healthy young adults: effect of different noise scenarios. Environment International. 2018;121: 1011 - 23.
12. Yu Y, Paul K, Arah OA, Mayeda ER, *et al.* Air pollution, noise exposure, and metabolic syndrome - A cohort study in elderly Mexican-Americans in Sacramento area. Environ Int. 2020;134:1-19.
13. Mauludyahwati L, Handoko A, Elfiah U. Pengaruh paparan kebisingan kronis terhadap kadar glukosa darah pada pekerja pemotongan kayu di kecamatan Arjasa, kabupaten Jember. Al-Sihah: The Public Health Science Journal. 2019;11(1):9-17.
14. Taban E, Mortazavi SB, Vosoughi S, Khavanin A, Mahabadi HA. Noise exposure effects on blood glucose, cortisol and weight changes in the male mice. Health Scope. 2017;6(2): 1-5.
15. Sumiyati, Anggraini DD, Kartika L, *dkk.* Anatomi Fisiologi. Jakarta: Yayasan Kita Menulis. 2021.
16. Prasetiarini HR. Analisa sudut Mpr hasil post-processing Ct-Scan temporal bone untuk evaluasi telinga bagian tengah. Tugas Akhir D3. Surabaya: Universitas Airlangga; 2019.
17. Alghadir A, Awad H, Al-Eisa ES, Alghwiri AA. Diabetes risk 10 years forecast in the capital of Saudi Arabia: Canadian diabetes risk assessment questionnaire (canrisk)

- perspective. *Biomedical Research*. 2014;25(1): 88-96.
18. Afriwandi. Faktor-faktor penyebab terjadinya diabetes melitus di ruangan murai RSUD Arifin Ahmad Pekanbaru. 2012.
  19. Awad N, Langi YA, Pandelaki K. Gambaran faktor resiko pasien diabetes melitus tipe II di poliklinik endokrin bagian/smf FK UNSRAT RSU Prof. Dr. R.D. Kandou, Manado periode Mei 2011-Oktober 2011. *Jurnal ebiomedik (ebm)*. 2013;1(1):45-9.