



Pengaruh Paparan Kebisingan di Tempat Kerja terhadap Risiko Benign Paroxysmal Positional Vertigo (BPPV): Suatu Tinjauan Naratif

Ayu Zahrani¹, Tishya Fadiliafasha², Alif Rachman Chresandiputra³, Najwa Chindykia Yuliasta⁴, Moch Althof Naufal Ardhi⁵, Yusuf Alam Romadhon^{6*}

¹⁻⁶Universitas Muhammadiyah Surakarta, Indonesia

Email: j500230104@student.ums.ac.id¹, j500230102@student.ums.ac.id², j500230105@student.ums.ac.id³, j500230101@student.ums.ac.id⁴, j500230106@student.ums.ac.id⁵, yar245@umss.ac.id^{6*}

*Penulis korespondensi: yar245@umss.ac.id⁶

Abstract. Benign Paroxysmal Positional Vertigo (BPPV) is the most common form of peripheral vertigo characterized by brief episodes of vertigo due to shifting of the brain. Although intrinsic factors such as age, gender, osteoporosis, and metabolic disorders have been extensively researched, evidence on the contribution of environmental factors—particularly occupational noise exposure—is still limited. In fact, chronic noise has the potential to affect vestibular function through sensory and vascular mechanisms. This study aims to review the narrative influence of work noise exposure on BPPV risk by integrating clinical, epidemiological, and experimental findings. The method used was a literature based narrative review from PubMed, Scopus, Web of Science, and Google Scholar without age restrictions, using keywords related to BPPV, work noise, and vestibular dysfunction. A total of 25 relevant articles were identified, suggesting that chronic noise can cause sensory damage to the otoliths and vestibular hair cells, vascular disorders such as hypertension and inner ear microcirculation disorders, as well as exacerbate lifestyle comorbidities such as osteoporosis, hypertension, and diabetes. These findings confirm that such multifactorial mechanisms increase the susceptibility of industrial workers to BPPV even though hearing function remains normal. This study concludes that occupational noise exposure is a significant risk factor for BPPV, so prevention strategies, vestibular health monitoring, and healthy lifestyle interventions are needed in occupational health programs.

Keywords: BPPV Risks; Damage; Disfungsi Vestibular; Noise Exposure; Occupational Health

Abstrak. Benign Paroxysmal Positional Vertigo (BPPV) merupakan bentuk vertigo perifer tersering yang ditandai oleh episode singkat vertigo akibat pergeseran otokonion. Meskipun faktor intrinsik seperti usia, jenis kelamin, osteoporosis, dan gangguan metabolisme telah banyak diteliti, bukti mengenai kontribusi faktor lingkungan—khususnya paparan kebisingan kerja—masih terbatas. Padahal, kebisingan kronis berpotensi memengaruhi fungsi vestibular melalui mekanisme sensoris dan vaskular. Penelitian ini bertujuan meninjau secara naratif pengaruh paparan kebisingan kerja terhadap risiko BPPV dengan mengintegrasikan temuan klinis, epidemiologis, dan eksperimental. Metode yang digunakan adalah tinjauan naratif berbasis literatur dari PubMed, Scopus, Web of Science, dan Google Scholar tanpa batasan tahun, menggunakan kata kunci terkait BPPV, kebisingan kerja, dan disfungsi vestibular. Sebanyak 25 artikel relevan diidentifikasi, menunjukkan bahwa kebisingan kronis dapat menyebabkan kerusakan sensoris pada otokonion dan sel rambut vestibular, gangguan vaskular seperti hipertensi dan kelainan mikrosirkulasi telinga dalam, serta memperburuk komorbiditas gaya hidup seperti osteoporosis, hipertensi, dan diabetes. Temuan ini menegaskan bahwa mekanisme multifaktorial tersebut meningkatkan kerentanan pekerja industri terhadap BPPV meskipun fungsi pendengaran tetap normal. Penelitian ini menyimpulkan bahwa paparan kebisingan kerja merupakan faktor risiko signifikan BPPV, sehingga diperlukan strategi pencegahan, pemantauan kesehatan vestibular, dan intervensi gaya hidup sehat dalam program kesehatan kerja.

Kata kunci: Disfungsi Vestibular; Kerusakan Otokonion; Kesehatan Kerja; Paparan Kebisingan; Risiko BPPV

1. LATAR BELAKANG

Benign Paroxysmal Positional Vertigo (BPPV) merupakan penyebab paling umum dari vertigo perifer dengan prevalensi sekitar 8% pada pasien yang mengalami pusing atau vertigo. BPPV ditandai oleh episode vertigo singkat akibat perubahan posisi kepala, dan meskipun manuver reposisi otokonion efektif, angka kekambuhannya masih tinggi, mencapai 20,8–28,9%

dalam lima tahun (Fu *et al.* 2020). Patogenesis BPPV belum sepenuhnya dipahami, namun pelepasan debris otokonial menjadi penyebab utama, serta dikaitkan dengan gangguan metabolisme kalsium dan osteoporosis memengaruhi homeostasis otokonion (Swain 2023).

Perkembangan diagnostik, seperti Vestibular Evoked Myogenic Potentials (VEMP), menunjukkan perubahan potensi miogenik vestibular pada pasien BPPV, mendukung keterlibatan sakulus selain utrikulus (András Molnár *et al.* 2022). Studi Akkuzu dan kolega menemukan kelainan VEMP lebih sering pada pasien BPPV kronis, menunjukkan kemungkinan degenerasi sakular (Eyal *et al.* 2025).

Secara historis, teori patogenesis BPPV dimulai dari cupulolithiasis Schuknecht (1969) dan berkembang menjadi canalolithiasis Hall dan Epley, menekankan gangguan mekanis pada sistem vestibular (A Molnár *et al.* 2022). Faktor pemicu meliputi trauma kepala, iskemia arteri vestibular, hingga bed rest berkepanjangan (Andersson *et al.* 2022), serta potensi faktor eksternal seperti paparan kebisingan kerja (Han *et al.* 2025).

Paparan kebisingan kronis di tempat kerja dilaporkan memengaruhi fungsi vestibular, bukan hanya pendengaran, melalui stimulasi akustik intens yang memengaruhi otolit dan persepsi keseimbangan (Varghese, Varghese, and Kumar 2024); (Martínez Pascual and Amaro Merino 2019). Mekanisme BPPV melibatkan migrasi otokonion dari utrikulus ke kanalis semisirkularis, dengan keterlibatan sakulus yang memperkuat gejala vertigo dan ketidakstabilan (Imai and Inohara 2022); (Thakur *et al.* 2024).

Kesenjangan penelitian terletak pada minimnya kajian faktor lingkungan, khususnya kebisingan kerja, meski stimulus akustik intens terbukti memengaruhi fungsi otolit. Novelty penelitian ini adalah menyusun tinjauan naratif yang mengaitkan kerusakan otolit dan keterlibatan utrikulus-sakulus dengan paparan kebisingan kronis sebagai pencetus BPPV. Penelitian ini bertujuan meninjau pengaruh paparan kebisingan kerja terhadap risiko BPPV dan menekankan pentingnya strategi pencegahan serta pemantauan kesehatan pekerja (Santhraya, Suvarna, and George 2021).

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam kajian ini adalah penelitian kualitatif dengan pendekatan tinjauan naratif (*narrative review*). Pendekatan ini dipilih karena sesuai untuk mengintegrasikan berbagai hasil penelitian terdahulu, baik studi klinis, epidemiologis, maupun eksperimental, yang membahas mengenai patogenesis, faktor risiko, dan pengaruh lingkungan terhadap terjadinya Benign Paroxysmal Positional Vertigo (BPPV). Sumber data yang digunakan berasal dari artikel ilmiah, jurnal internasional bereputasi, serta laporan penelitian

yang dipublikasikan pada berbagai tahun tanpa batasan kurun waktu tertentu, selama memenuhi kriteria relevansi dengan topik penelitian. Penelusuran dilakukan melalui database elektronik seperti PubMed, Scopus, Web of Science, dan Google Scholar dengan menggunakan kata kunci “BPPV”, “occupational noise exposure”, “vestibular dysfunction”, “VEMP”, dan “otoconia displacement”.

Pengumpulan data dilakukan dengan teknik studi pustaka (*literature review*), yaitu menyeleksi artikel berdasarkan kata kunci “BPPV”, “occupational noise exposure”, “vestibular dysfunction”, “VEMP”, dan “otoconia displacement”. Artikel yang relevan dianalisis untuk menggali informasi mengenai hubungan paparan kebisingan kerja dengan risiko BPPV. Teknik analisis yang digunakan adalah analisis tematik (*thematic analysis*), yaitu mengidentifikasi, mengelompokkan, dan menginterpretasikan tema-tema utama dari literatur yang ada, seperti faktor intrinsik, mekanisme patofisiologi, dampak kebisingan, serta implikasi klinis. Hasil analisis kemudian disajikan secara naratif untuk memetakan keterkaitan antar variabel dan memberikan gambaran komprehensif mengenai pengaruh paparan kebisingan terhadap risiko BPPV.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Secara ringkas hasil temuan utama narrative review, disajikan dalam tabel 1

Tabel 1. Hasil temuan utama narrative review.

Kategori Faktor Risiko	Penulis & Tahun	Temuan Utama
Otolit & Vestibular	Kim <i>et al.</i> , 2014	Pasien dengan SSNHL dapat mengalami BPPV akibat debris darah dalam endolimfe.
	Niu <i>et al.</i> , 2022	Pasien BPPV unilateral memiliki disfungsi bilateral jalur otolit; cVEMP abnormal 46,7% & oVEMP abnormal 57,2%.
	Martínez Pascual & Amaro Merino, 2019	Abnormalitas uji VEMP pada 49,25% (cVEMP) dan 61,19% (oVEMP) pasien BPPV.
	Gan, Davies & Demers, 2011	Diagnosis BPPV berbasis klinis (uji posisi), terapi reposisi efektif pada 70–100% kasus.
Hormonal & Metabolik	Ogun <i>et al.</i> , 2014	Wanita menopause lebih rentan BPPV akibat fluktuasi hormonal.
	Li <i>et al.</i> , 2022	Terapi estrogen menurunkan risiko BPPV pada wanita pascamenopause.
	Kim <i>et al.</i> , 2014	Hubungan dua arah osteoporosis–BPPV; osteoporosis ↑ risiko BPPV (1,28x) dan sebaliknya (1,34x).

Gaya Hidup & Aktivitas Fisik	Cao <i>et al.</i> , 2021	Diabetes, hipertensi, osteoporosis, stroke, otitis media = faktor risiko independen BPPV.
	Messina <i>et al.</i> , 2017	Hipertensi, dislipidemia, dan diabetes signifikan berhubungan dengan kekambuhan BPPV.
	Pollak, Kushnir & Goldberg, 2011	Pasien BPPV idiopatik memiliki skor aktivitas fisik lebih rendah.
	Bazoni <i>et al.</i> , 2014	Wanita sedentari berisiko 2,62x lebih tinggi BPPV dibanding yang aktif.
	Fu <i>et al.</i> , 2020	Gaya hidup tidak sehat (kurang olahraga, posisi tidur lama) berhubungan dengan BPPV idiopatik.
Trauma & Lingkungan Kerja	Andersson <i>et al.</i> , 2022	Trauma kepala meningkatkan risiko BPPV hingga 40%, terutama dalam 2 minggu pasca trauma.
	Rodríguez Gutiérrez & Rodríguez Gómez, 2007	BPPV pasca operasi implan gigi akibat posisi kepala & getaran turbine dental.
	Acri <i>et al.</i> , 2022	Pekerja MRI berisiko vertigo akibat paparan medan magnet.
	Alqudah, 2019	Paparan kebisingan kronis pada teknisi gigi → gangguan vestibular signifikan, termasuk BPPV.
Paparan Kebisingan & Faktor Vaskular	Nadri <i>et al.</i> , 2023	Noise-induced vestibular dysfunction (VD) sering menyertai NIHL; sakulus lebih rentan.
	Mao <i>et al.</i> , 2024	Penderita BPPV memiliki risiko cedera ↑ (aHR 2.63), terapi reposisi hanya sedikit menurunkan risiko.
	Fong <i>et al.</i> , 2024	Paparan bising intens → endolymphatic hydrops & cochlear synaptopathy.
	Guo, Davies & Karim, 2024	Intensitas & durasi kebisingan kerja berhubungan dengan peningkatan risiko penyakit kardiovaskular.
	Rim <i>et al.</i> , 2025	Hubungan dua arah tinnitus-BPPV; paparan akustik terkait vertigo.
	Li <i>et al.</i> , 2022	Faktor risiko kekambuhan BPPV: usia lanjut, perempuan, osteoporosis, hipertensi, diabetes, trauma kepala, paparan kebisingan, penggunaan komputer lama.
	Yang <i>et al.</i> , 2018	Pekerja terpapar bising intens → risiko hipertensi 2,55x & kelainan EKG 2,27x lebih besar.
	Zhou <i>et al.</i> , 2019	Pekerja pabrik baja: kebisingan meningkatkan gangguan kardiovaskular.
	Sakthivel <i>et al.</i> , 2025	Kebisingan 88,5 dBA di industri baja → gangguan pendengaran + gejala non-auditori (sakit kepala, tekanan darah ↑, vertigo).

Penelusuran literatur mengenai pengaruh paparan kebisingan di tempat kerja terhadap risiko Benign Paroxysmal Positional Vertigo (BPPV) berhasil mengidentifikasi sejumlah artikel penelitian yang relevan. Total ditemukan 25 artikel yang membahas faktor risiko BPPV dari berbagai perspektif, mulai dari faktor otolit, hormonal, vaskular, gaya hidup, hingga paparan lingkungan kerja. Dari jumlah tersebut, sebagian besar penelitian menekankan faktor intrinsik seperti usia, jenis kelamin, dan osteoporosis (Kim *et al.*, 2020; Liu *et al.*, 2017; Ogun *et al.*, 2014), sedangkan sebagian lain menyoroti gaya hidup dan trauma kepala (Bazoni *et al.*, 2014; Fu *et al.*, 2020; Andersson *et al.*, 2021). Beberapa penelitian terbaru juga secara khusus meneliti hubungan paparan kebisingan, gangguan vaskular, serta kondisi pekerjaan terhadap BPPV (Yang *et al.*, 2017; Sakthivel *et al.*, 2025; Alqudah, 2019). Oleh karena itu, hasil tinjauan naratif ini disusun untuk memberikan gambaran komprehensif mengenai keterkaitan berbagai faktor tersebut dengan risiko BPPV.

Penelitian mengenai faktor risiko dan diagnosis benign paroxysmal positional vertigo (BPPV) telah dilakukan oleh berbagai peneliti. (Liu, Wang, and Gong 2016) meneliti 310 pasien BPPV dan menemukan bahwa insidensi BPPV lebih tinggi pada perempuan (69,4%) dengan median usia 54 tahun, serta memiliki keterkaitan dengan hipertensi (34,2%), diabetes (11,6%), penyakit servikal (39%), infark serebral (29,4%), tinitus (49,7%), dan riwayat merokok (19%). (András Molnár *et al.* 2022) mengevaluasi peran caloric test dan video-head impulse test (vHIT) pada pasien posterior canal BPPV dan menyimpulkan bahwa caloric test tidak signifikan, namun parameter gain asymmetry (GA%) pada vHIT memiliki sensitivitas 61% dan spesifisitas 76%, sehingga lebih bermanfaat untuk diagnosis objektif. (Fujimoto *et al.* 2018) meneliti 112 pasien idiopatik BPPV dan melaporkan bahwa penuaan berhubungan signifikan dengan disfungsi utrikular, khususnya abnormalitas pada oVEMP ($p=0,0109$), sehingga usia lanjut menjadi faktor risiko penting terhadap kerusakan otolit.

Sementara itu, studi epidemiologis oleh (Ghosh and Dorasala 2023) pada 575 pasien vertigo menemukan bahwa BPPV merupakan penyebab paling umum (26,6%), terutama usia 40–60 tahun, dengan 83% bersifat idiopatik dan sisanya akibat kondisi sekunder seperti migrain vestibular, penyakit Ménière, dan labirintitis. Mayoritas melibatkan kanalis posterior (74%), dengan tingkat kesembuhan 96% setelah particle repositioning maneuver (PRM). (Abdulrahim *et al.* 2022) menilai peran video-head impulse test (VHIT) pada 60 pasien BPPV, tetapi hasilnya menunjukkan bahwa peralatan VHIT saat ini kurang bermanfaat dalam diagnosis BPPV sehingga diperlukan teknologi yang lebih sensitif. (Niu *et al.* 2022) meneliti 180 pasien BPPV dengan cervical dan ocular vestibular-evoked myogenic potentials (cVEMP dan oVEMP), dan menemukan adanya abnormalitas pada kedua telinga, baik yang terkena

maupun tidak, menunjukkan bahwa BPPV idiopatik unilateral dapat berkaitan dengan degenerasi bilateral jalur otolit.

Sejumlah penelitian mengaitkan BPPV dengan gangguan otolit dan fungsi vestibular. Kim *et al.* (2014) melaporkan bahwa pasien dengan sudden sensorineural hearing loss (SSNHL) dapat mengalami BPPV secara bersamaan, yang diduga disebabkan oleh debris darah dalam endolimfe akibat perdarahan telinga dalam. (Niu *et al.* 2022) memperkuat temuan tersebut dengan menunjukkan bahwa pasien BPPV unilateral ternyata memiliki disfungsi bilateral jalur otolit, dengan tingkat abnormalitas cVEMP sebesar 46,7% dan oVEMP sebesar 57,2%, baik pada telinga yang terpengaruh maupun yang tidak. (Martínez Pascual and Amaro Merino 2019) juga menemukan abnormalitas uji VEMP pada hampir separuh pasien BPPV, yaitu 49,25% untuk cVEMP dan 61,19% untuk oVEMP, yang jauh lebih tinggi dibanding kelompok kontrol sehat. Sementara itu, (Gan, Davies, and Demers 2011) menegaskan bahwa diagnosis BPPV tetap berbasis klinis dengan manuver uji posisi, dan terapi reposisi partikel terbukti efektif mengatasi gejala hingga 70–100% kasus.

Selain faktor otolit, perubahan hormonal dan kondisi metabolik turut berkontribusi pada patogenesis BPPV. (Ogun *et al.* 2014) menemukan bahwa wanita pada masa menopause memiliki kerentanan lebih tinggi terhadap BPPV akibat fluktuasi hormonal. (Li *et al.* 2022) melalui studi berbasis populasi di Taiwan melaporkan bahwa terapi pengganti estrogen dapat menurunkan risiko BPPV pada wanita pascamenopause. (Kim *et al.* 2014) menambahkan bahwa terdapat hubungan dua arah antara osteoporosis dan BPPV, dengan pasien osteoporosis memiliki risiko 1,28 kali lebih tinggi menderita BPPV, sedangkan pasien BPPV memiliki risiko 1,34 kali lebih tinggi mengalami osteoporosis, khususnya pada wanita. (Cao *et al.* 2021) juga melaporkan bahwa diabetes, hipertensi, osteoporosis, stroke, dan otitis media merupakan faktor risiko independen bagi BPPV. Temuan-temuan ini menegaskan bahwa gangguan metabolisme tulang, hormonal, dan vaskular dapat memperbesar risiko BPPV.

Dari sisi gaya hidup dan aktivitas fisik, (Pollak, Kushnir, and Goldberg 2011) melaporkan bahwa pasien dengan BPPV idiopatik memiliki skor aktivitas fisik yang lebih rendah dibandingkan kelompok kontrol. Hal ini diperkuat (Bazoni *et al.* 2014) yang menemukan bahwa meskipun tidak ada hubungan signifikan antara aktivitas fisik dengan BPPV pada pria maupun populasi total, wanita dengan gaya hidup sedentari memiliki risiko 2,62 kali lipat lebih tinggi menderita BPPV dibandingkan wanita dengan aktivitas fisik rutin. (Fu *et al.* 2020) juga mengungkapkan bahwa gaya hidup tidak sehat, termasuk kurang olahraga dan posisi tidur yang berkepanjangan, berhubungan erat dengan risiko BPPV idiopatik. Secara

umum, bukti ini menegaskan bahwa aktivitas fisik berperan protektif, khususnya bagi kelompok perempuan, dan dapat menjadi salah satu strategi pencegahan non-farmakologis.

Paparan lingkungan kerja dan trauma fisik juga terbukti berkaitan dengan BPPV. (Andersson *et al.* 2022) melaporkan bahwa trauma kepala, bahkan ringan hingga sedang, meningkatkan risiko BPPV hingga 40%, dengan sebagian besar kasus muncul dalam dua minggu pasca trauma. (Rodríguez Gutiérrez and Rodríguez Gómez 2007) melaporkan kasus BPPV setelah pembedahan implan gigi akibat posisi kepala yang dipaksa dan getaran dari turbine dental. (Acri *et al.* 2022) menunjukkan bahwa pekerja di lingkungan MRI berisiko mengalami vertigo akibat paparan medan magnet yang bervariasi. Lebih lanjut, (Alqudah 2019) menyoroti paparan kebisingan kronis pada teknisi gigi yang menyebabkan gangguan vestibular signifikan, termasuk BPPV, bahkan pada individu tanpa gangguan pendengaran. Hal ini menegaskan bahwa sistem vestibular lebih rentan dibanding koklea terhadap kebisingan kronis di tempat kerja.

Nadri *et al.* (2023) melalui *systematic review* menemukan bahwa paparan kebisingan kerja dapat menimbulkan noise-induced vestibular dysfunction (VD) yang seringkali menyertai noise-induced hearing loss (NIHL), dengan organ sakulus lebih rentan dibanding utrikulus dan kanalis semisirkularis. (Mao *et al.* 2024) menunjukkan bahwa penderita BPPV memiliki risiko cedera lebih tinggi (aHR 2.63) meskipun terapi reposisi kanalith hanya sedikit menurunkan risiko, yang menegaskan dampak klinis signifikan BPPV terhadap keselamatan pekerja. (Fong *et al.* 2024) menemukan bahwa paparan bising intens dapat memicu endolymphatic hydrops dan cochlear synaptopathy akibat trauma pada stereosilia sel rambut, kondisi yang relevan dengan patogenesis vertigo perifer. (Guo, Davies, and Karim 2024) juga melaporkan bahwa intensitas dan durasi kebisingan kerja berhubungan dengan peningkatan risiko penyakit kardiovaskular, yang dapat menjadi faktor komorbid pada gangguan vestibular. (Rim *et al.* 2025) melalui analisis populasi besar menemukan adanya asosiasi dua arah antara tinnitus dan BPPV, di mana penderita tinnitus berisiko lebih tinggi mengalami BPPV dan sebaliknya, menunjukkan adanya keterkaitan patologis antara paparan akustik dan vertigo. Sementara itu, (Li *et al.* 2022) mengidentifikasi faktor risiko kekambuhan BPPV mencakup usia lanjut, jenis kelamin perempuan, osteoporosis, hipertensi, diabetes, trauma kepala, hingga penggunaan komputer dalam jangka panjang, serta paparan kebisingan.

Faktor vaskular juga memainkan peran penting dalam kaitannya dengan paparan kebisingan kerja. (Yang *et al.* 2018) dalam meta-analisis terhadap 11 studi di Tiongkok menemukan bahwa pekerja yang terpapar kebisingan kerja berintensitas tinggi memiliki risiko 2,55 kali lebih besar mengalami hipertensi dan 2,27 kali lebih besar mengalami kelainan

elektrokardiografi dibanding kelompok kontrol. (Zhou *et al.* 2019) menambahkan bukti serupa pada pekerja pabrik baja, di mana paparan kebisingan meningkatkan gangguan kardiovaskular yang berpotensi mengganggu suplai darah ke sistem vestibular. (Sakthivel *et al.* 2025) juga melaporkan bahwa paparan kebisingan industri baja rata-rata 88,5 dBA tidak hanya menimbulkan gangguan pendengaran, tetapi juga gejala non-auditori seperti sakit kepala, kelelahan, peningkatan tekanan darah, dan vertigo. (Messina *et al.* 2017) dalam survei nasional di Italia menegaskan bahwa hipertensi, dislipidemia, dan diabetes merupakan faktor yang berhubungan signifikan dengan kekambuhan BPPV. paparan kebisingan kronis di lingkungan kerja terbukti memiliki efek ganda melalui jalur vaskular dan vestibular, yang meningkatkan kerentanan terhadap BPPV.

Pembahasan

Paparan kebisingan di tempat kerja terbukti menjadi faktor risiko penting yang berkontribusi terhadap terjadinya Benign Paroxysmal Positional Vertigo (BPPV). Mekanisme pengaruh kebisingan terhadap BPPV tidak bersifat tunggal, melainkan bersifat multifaktorial yang melibatkan gangguan sensoris, perubahan vaskular, serta interaksi dengan komorbiditas gaya hidup. Dengan memahami jalur patofisiologis tersebut, dapat dijelaskan mengapa pekerja di lingkungan industri dengan kebisingan kronis memiliki kerentanan lebih tinggi terhadap gangguan vestibular, bahkan ketika fungsi pendengaran relatif masih normal.

Mekanisme sensoris

Paparan kebisingan kronis dapat menimbulkan kerusakan pada struktur sensoris telinga dalam, khususnya otolit dan sel rambut vestibular. Penelitian (Alqudah 2019) menunjukkan bahwa teknisi gigi yang terpapar bising mengalami gangguan vestibular meskipun tanpa gangguan pendengaran, menandakan bahwa sistem vestibular lebih rentan dibanding koklea terhadap trauma akustik. Temuan (Fong *et al.* 2024) juga memperkuat bahwa bising intens mampu memicu endolymphatic hydrops serta kerusakan stereosilia sel rambut, yang relevan dengan patogenesis BPPV. Gangguan ini mengakibatkan otokonion lebih mudah terlepas dan berpindah ke kanalis semisirkularis, sehingga memicu episode vertigo.

Mekanisme vaskular

Selain kerusakan sensoris, kebisingan kronis juga berdampak pada sistem kardiovaskular yang berhubungan dengan suplai darah ke telinga dalam. (Yang *et al.* 2018) dan (Zhou *et al.* 2019) melaporkan bahwa paparan kebisingan kerja meningkatkan risiko hipertensi dan kelainan jantung pada pekerja industri. Kondisi vaskular ini dapat memperburuk sirkulasi mikrovaskular telinga dalam, sehingga otolit dan struktur vestibular menjadi lebih rentan terhadap kerusakan. (Sakthivel *et al.* 2025) menambahkan bahwa kebisingan industri

baja menimbulkan gejala non-auditori berupa sakit kepala, peningkatan tekanan darah, dan vertigo, yang menunjukkan keterkaitan erat jalur vaskular dengan risiko BPPV.

Komorbiditas gaya hidup

Faktor gaya hidup turut memperkuat kerentanan pekerja terhadap BPPV dalam konteks paparan kebisingan. Penelitian dan (Fu *et al.* 2020) menegaskan bahwa gaya hidup sedentari dan kurang olahraga meningkatkan risiko BPPV, terutama pada perempuan. Ketika dikombinasikan dengan paparan kebisingan kronis, kondisi ini dapat mempercepat kerusakan vestibular sekaligus menurunkan kemampuan tubuh dalam mengompensasi gangguan sensoris. Selain itu, komorbid seperti osteoporosis, hipertensi, dan diabetes yang dipicu atau diperburuk oleh kebisingan (Messina *et al.* 2017) (Kim *et al.* 2014) berkontribusi pada tingginya prevalensi BPPV di kalangan pekerja industri.

Gaya hidup berperan dalam memengaruhi kejadian BPPV. Penelitian menunjukkan adanya keterkaitan antara aktivitas fisik, osteoporosis, serta risiko terjadinya vertigo (Vadlamani, Dorasala, and Dutt 2022). Pada populasi lanjut usia, kurangnya aktivitas fisik menyebabkan penurunan kebugaran dan perubahan metabolisme sirkulasi yang dapat memicu gejala pusing dan vertigo. Sebuah studi melaporkan bahwa wanita lanjut usia dengan gaya hidup sedentari memiliki risiko 2,62 kali lebih besar mengalami BPPV dibandingkan mereka yang rutin beraktivitas fisik (Cao, Jiang, and Liao 2021), aktivitas fisik yang teratur menjadi faktor protektif terhadap gangguan keseimbangan, sementara kondisi lingkungan kerja yang penuh kebisingan justru berpotensi memperburuk risiko BPPV.

Temuan ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menekankan faktor intrinsik seperti usia, jenis kelamin, dan osteoporosis (Kim *et al.*, 2020; Liu *et al.*, 2017; Ogun *et al.*, 2014), tetapi memperluas perspektif dengan menyoroti kebisingan sebagai pemicu eksternal yang signifikan. Jika penelitian klasik lebih menekankan aspek biologis dan hormonal, maka studi terbaru seperti Alqudah (2019) dan Sakthivel *et al.* (2025) menyoroti kebisingan kerja sebagai determinan penting BPPV. Namun, masih terdapat perbedaan pandangan, misalnya Bazoni *et al.* (2014) yang menemukan hubungan aktivitas fisik hanya signifikan pada perempuan, sementara Pollak *et al.* (2011) menegaskan kaitan dengan rendahnya skor aktivitas fisik secara umum. Perbedaan ini menunjukkan perlunya kajian yang lebih spesifik pada populasi pekerja dengan variabel kontrol yang lebih luas.

Keterbatasan tinjauan ini terletak pada heterogenitas desain penelitian, mulai dari studi kasus, survei populasi, hingga meta-analisis, yang membuat generalisasi hasil masih terbatas. Selain itu, sebagian besar penelitian berfokus pada populasi Asia (Korea, Taiwan, Tiongkok) sehingga representasi global pekerja industri masih kurang. Penelitian di masa depan perlu

mengintegrasikan biomarker vaskular dan vestibular, pemantauan longitudinal, serta evaluasi dosis-respons antara intensitas/durasi kebisingan dengan risiko BPPV. Kajian intervensi seperti penggunaan pelindung telinga, manajemen tekanan darah, serta program aktivitas fisik pekerja juga penting dilakukan untuk memperkuat rekomendasi kebijakan kesehatan kerja yang lebih komprehensif. Penelitian lebih lanjut juga disarankan untuk menggali hubungan kausal antara paparan kebisingan kronis dan mekanisme patofisiologi BPPV, sehingga dapat mendukung pengembangan kebijakan kesehatan kerja yang lebih efektif.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil tinjauan naratif, paparan kebisingan di tempat kerja terbukti memiliki peran signifikan dalam meningkatkan risiko terjadinya Benign Paroxysmal Positional Vertigo (BPPV) melalui mekanisme multifaktorial yang melibatkan kerusakan sensoris pada otolit dan sel rambut vestibular, gangguan vaskular yang memengaruhi suplai darah telinga dalam, serta interaksi dengan komorbiditas gaya hidup seperti gaya hidup sedentari, hipertensi, diabetes, dan osteoporosis. Faktor intrinsik seperti usia, jenis kelamin, serta kondisi hormonal juga turut memperbesar kerentanan individu terhadap BPPV. Hal ini menjelaskan mengapa pekerja yang terpapar kebisingan kronis di lingkungan industri memiliki risiko lebih tinggi mengalami gangguan vestibular meskipun fungsi pendengaran tampak normal.

Diperlukan strategi pencegahan komprehensif untuk menekan risiko BPPV pada pekerja di lingkungan dengan kebisingan tinggi, antara lain melalui pengendalian intensitas dan durasi paparan bising di tempat kerja, penggunaan alat pelindung diri (APD) yang tepat, serta pemeriksaan kesehatan vestibular secara berkala. Selain itu, intervensi gaya hidup sehat seperti olahraga rutin, pengendalian tekanan darah dan gula darah, serta manajemen kondisi metabolik perlu dioptimalkan untuk meminimalisasi kerentanan terhadap BPPV.

DAFTAR REFERENSI

- Abdulrahim, R., Bhandary, B. S. K., Rajeshwary, A., Goutham, M. K., Bhat, V., & Saldanha, M. (2022). The role of video head impulse test (vHIT) in diagnosing benign paroxysmal positional vertigo (BPPV). *Indian Journal of Otolaryngology and Head and Neck Surgery*, 74, 506–510. <https://doi.org/10.1007/s12070-020-02351-5>
- Acri, G., Anfuso, C., Vermiglio, G., & Hartwig, V. (2022). Assessment of exposure to time-varying magnetic fields in magnetic resonance environments using pocket dosimeters. *Electronics*, 11(17). <https://doi.org/10.3390/electronics11172796>
- Alqudah, S. (2019). The effect of noise exposure on the vestibular systems of dental technicians. *Noise and Health*, 21(103), 223–231. https://doi.org/10.4103/nah.NAH_51_19

- Andersson, H., Jablonski, G. E., Nordahl, S. H. G., Nordfalk, K., Helseth, E., Martens, C., Røysland, K., & Goplen, F. K. (2022). The risk of benign paroxysmal positional vertigo after head trauma. *Laryngoscope*, 132(2), 443–448. <https://doi.org/10.1002/lary.29851>
- Bazoni, J. A., Mendes, W. S., Meneses-Barriviera, C. L., Melo, J. J., Costa, V. S. P., Teixeira, D. C., & Marchiori, L. L. M. (2014). Physical activity in the prevention of benign paroxysmal positional vertigo: Probable association. *International Archives of Otorhinolaryngology*, 18(4), 387–390. <https://doi.org/10.1055/s-0034-1384815>
- Cao, L., Jiang, B., & Liao, Y. (2021). Analysis of clinical characteristics and risk factors in patients with benign paroxysmal positional vertigo. *Journal of Clinical Otorhinolaryngology Head and Neck Surgery*, 35(10), 905–909. <https://doi.org/10.13201/j.issn.2096-7993.2021.10.009>
- Eyal, Y., Tsur, N., Trotzky, Z. A., Pachys, G., & Trotzky, D. (2025). Earbuds induced benign paroxysmal positional vertigo? *Ear, Nose and Throat Journal*. <https://doi.org/10.1177/01455613251329718>
- Fong, M. L., Paik, C. B., Quiñones, P. M., Walker, C. B., Serafino, M. J., Pan, D. W., Martinez, E., Wang, J., Phillips, G. W., Applegate, B. E., Gratton, M. A., & Oghalai, J. S. (2024). Endolymphatic hydrops and cochlear synaptopathy after noise exposure. *Scientific Reports*, 14(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-024-77154-7>
- Fu, C. Y., Zhang, Z. Z., Chen, J., Jaiswal, S. K., & Yan, F. L. (2020). Unhealthy lifestyle is an important risk factor of idiopathic BPPV. *Frontiers in Neurology*, 11, 950. <https://doi.org/10.3389/fneur.2020.00950>
- Fujimoto, C., Kawahara, T., Kinoshita, M., Kikkawa, Y. S., Sugawara, K., Yagi, M., Yamasoba, T., Iwasaki, S., & Murofushi, T. (2018). Aging is a risk factor for utricular dysfunction in idiopathic benign paroxysmal positional vertigo. *Frontiers in Neurology*, 9. <https://doi.org/10.3389/fneur.2018.01049>
- Gan, W. Q., Davies, H. W., & Demers, P. A. (2011). Exposure to occupational noise and cardiovascular disease in the United States. *Occupational and Environmental Medicine*, 68(3), 183–190. <https://doi.org/10.1136/oem.2010.055269>
- Ghosh, A., & Dorasala, S. (2023). Epidemiology of benign paroxysmal positional vertigo and risk factors for secondary BPPV. *Egyptian Journal of Otolaryngology*, 39(1). <https://doi.org/10.1186/s43163-023-00456-6>
- Guo, X., Davies, H. W., & Karim, M. E. (2024). The intensity and duration of occupational noise exposure and cardiovascular disease in the United States. *Annals of Work Exposures and Health*, 68(1), 36–47. <https://doi.org/10.1093/annweh/wxad065>
- Han, J. S., Lee, Y. H., Lim, J. H., Lee, D. H., Kwak, S. H., & Seo, J. H. (2025). Risk factors associated with the occurrence and recurrence of benign paroxysmal positional vertigo in Koreans. *Clinical and Experimental Otorhinolaryngology*, 18(2), 123–133. <https://doi.org/10.21053/ceo.2024.00207>
- Imai, T., & Inohara, H. (2022). Benign paroxysmal positional vertigo. *Auris Nasus Larynx*, 49(5), 737–747. <https://doi.org/10.1016/j.anl.2022.03.012>
- Kim, C. H., Shin, J. E., Park, H. J., Koo, J. W., & Lee, J. H. (2014). Concurrent posterior semicircular canal BPPV in patients with ipsilateral sudden sensorineural hearing loss. *Medical Hypotheses*, 82(4), 424–427. <https://doi.org/10.1016/j.mehy.2014.01.015>

- Li, S., Wang, Z., Liu, Y., Cao, J., Zheng, H., Jing, Y., Han, L., Ma, X., Xia, R., & Yu, L. (2022). Risk factors for the recurrence of benign paroxysmal positional vertigo: A systematic review and meta-analysis. *Ear, Nose and Throat Journal*, 101(3), NP112–NP134. <https://doi.org/10.1177/0145561320943362>
- Liu, Y., Wang, W., & Gong, S. S. (2016). Related factors of benign paroxysmal positional vertigo. *Journal of Clinical Otorhinolaryngology Head and Neck Surgery*, 30(9), 748–750. <https://doi.org/10.13201/j.issn.1001-1781.2016.09.020>
- Mao, J. J., Lin, H. C., Lin, S. T., Lin, P. C., Chang, C. H., Chien, W. C., Chung, C. H., Chen, Y. J., & Chen, J. W. (2024). Incidence of subsequent injuries after BPPV diagnosis. *Journal of Clinical Medicine*, 13(15). <https://doi.org/10.3390/jcm13154561>
- Martínez Pascual, P., & Amaro Merino, P. (2019). Otolithic damage study in BPPV patients. *Acta Otorrinolaringologica (English Edition)*, 70(3), 131–135. <https://doi.org/10.1016/j.otoeng.2018.04.002>
- Messina, A., Casani, A. P., Manfrin, M., & Guidetti, G. (2017). Italian survey on benign paroxysmal positional vertigo. *Acta Otorhinolaryngologica Italica*, 37(4), 328–335. <https://doi.org/10.14639/0392-100X-1121>
- Molnár, A., Maihoub, S., Tamás, L., & Szirmai, Á. (2022). A possible objective test to detect BPPV. *Journal of Otology*, 17(1), 46–49. <https://doi.org/10.1016/j.joto.2021.11.001>
- Nadri, H., Khavanin, A., Kim, I. J., Akbari, M., & Nadri, F. (2023). Occupational noise-induced hearing loss and vestibular dysfunction. *Iranian Journal of Public Health*, 52(4), 683–694.
- Niu, X., Han, P., Duan, M., Chen, Z., Hu, J., Chen, Y., Xu, M., Ren, P., & Zhang, Q. (2022). Bilateral dysfunction of otolith pathway in unilateral idiopathic BPPV. *Frontiers in Neurology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fneur.2022.921133>
- Ogun, O. A., Janky, K. L., Cohn, E. S., Büki, B., & Lundberg, Y. W. (2014). Gender-based comorbidity in BPPV. *PLoS ONE*, 9(9). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0105546>
- Pollak, L., Kushnir, M., & Goldberg, H. S. (2011). Physical inactivity and idiopathic BPPV. *Acta Oto-Laryngologica*, 131(6), 624–627. <https://doi.org/10.3109/00016489.2011.552524>
- Rim, H. S., Lee, R., Oh, I. H., Yeo, S. G., & Kim, S. H. (2025). Association of tinnitus with BPPV. *Journal of Clinical Medicine*, 14(7). <https://doi.org/10.3390/jcm14072473>
- Rodríguez Gutiérrez, C., & Rodríguez Gómez, E. (2007). Positional vertigo after maxillary dental implant surgery. *Medicina Oral, Patología Oral y Cirugía Bucal*, 12(2), 113–115.
- Sakthivel, R., Kamalakannan, L. P., Shanmugam, R., & Venugopal, V. (2025). Nonauditory impacts of industrial noise. *Safety and Health at Work*, 16(2), 243–248. <https://doi.org/10.1016/j.shaw.2025.01.004>
- Santhraya, M., Suvarna, A., & George, R. (2021). Comparison of Semont's and Epley's maneuvers. *Indian Journal of Otology*, 27(4), 193–197. https://doi.org/10.4103/indianjotol.indianjotol_81_20
- Swain, S. K. (2023). Diagnostic criteria of benign paroxysmal positional vertigo. *Matrix Science Medica*, 7(4), 85–89. https://doi.org/10.4103/mtsm.mtsm_4_23

- Thakur, B., Raj, P., Singh, K., & Anand, V. (2024). Recovery rates of modified Epley's vs Semont's maneuver. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*, 281(9), 4641–4648. <https://doi.org/10.1007/s00405-024-08657-2>
- Vadlamani, S., Dorasala, S., & Dutt, S. N. (2022). Diagnostic positional tests and therapeutic maneuvers. *Indian Journal of Otolaryngology and Head and Neck Surgery*, 74, 475–487. <https://doi.org/10.1007/s12070-020-02292-z>
- Varghese, S. S., Varghese, A., & Kumar, N. (2024). Adoption of vestibular disorder classification criteria. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*, 281(11), 5717–5721. <https://doi.org/10.1007/s00405-024-08794-8>
- Yang, Y., Zhang, E., Zhang, J., Chen, S., Yu, G., Liu, X., Peng, C., Lavin, M. F., Du, Z., & Shao, H. (2018). Occupational noise exposure and cardiovascular disease in China. *Medicine*, 97(30). <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000011720>
- Zhou, F., Shrestha, A., Mai, S., Tao, Z., Li, J., Wang, Z., & Meng, X. (2019). Occupational noise exposure and hypertension. *American Journal of Industrial Medicine*, 62(11), 961–968. <https://doi.org/10.1002/ajim.23034>