

Tinjauan Literatur mengenai Mekanisme Neurobiologis Vestibular Migraine

Nurul Annisa Amin^{1*}, Achmad Harun Muchsin¹, Ade Rahmy Sujuthi¹

Fakultas Kedokteran Universitas Muslim Indonesia, Makassar.

*Corresponding Author E-mail: nurulannisaamin15@gmail.com¹

Article History: Received: February 18, 2026; Accepted: June 28, 2026

ABSTRACT

Neurological disorders remain a major global health problem that can lead to reduced quality of life, disability, and limitations in daily activities. One of the increasingly recognized disorders is Vestibular Migraine, which is an important cause of recurrent vertigo with a prevalence of approximately 3% in the adult population and occurs more frequently in women. This condition is characterized by a combination of vertigo, balance disturbances, migraine headache, and hypersensitivity to visual and auditory stimuli. Objective: This study aims to analyze the neurobiological mechanisms of vestibular migraine based on literature studies, including the roles of the vestibular system, trigeminovascular system, neurotransmitters, neuroinflammation, and brain network connectivity disorders. Methods: This research is a literature review based on national and international scientific articles obtained from Google Scholar, PubMed, Elsevier, NCBI, and Clinical Key databases using relevant keywords. Results: The findings show that the mechanism of vestibular migraine involves activation of the trigeminovascular system, which triggers the release of neurogenic inflammatory mediators such as calcitonin gene-related peptide (CGRP), serotonin, and substance P. This activation increases the sensitivity of vestibular neurons and disrupts central neural signal transmission. In addition, increased glutamatergic activity leads to excessive neuronal excitability, contributing to vertigo and balance disturbances. Neuroimaging studies also reveal reduced connectivity in the sensorimotor network (SMN), dorsal attention network (DAN), and visual network, leading to impaired multisensory integration. Altered activity in the brainstem, cerebral cortex, and cerebellum further contributes to motion perception disturbances and sensory hypersensitivity. Conclusion: Vestibular migraine is a complex neurological disorder involving multisystem central nervous system dysfunction. Understanding its mechanisms is essential for improving diagnosis and developing more effective therapeutic strategies.

Keywords: vestibular migraine, neurobiology, vestibular system, pathophysiology, and neuroinflammation

ABSTRAK

Gangguan neurologis masih menjadi masalah kesehatan global yang berdampak pada penurunan kualitas hidup, kecacatan, hingga keterbatasan aktivitas sehari-hari. Salah satu gangguan yang semakin banyak ditemukan adalah Vestibular Migraine, yang merupakan penyebab penting vertigo berulang dengan prevalensi sekitar 3% pada populasi dewasa dan lebih sering terjadi pada perempuan. Kondisi ini ditandai oleh kombinasi gejala vertigo, gangguan keseimbangan, sakit kepala migrain, serta hipersensitivitas terhadap rangsangan visual dan auditorik. Objektif : Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis mekanisme neurobiologis vestibular migraine berdasarkan studi literatur yang mencakup peran sistem vestibular, sistem trigeminovaskular, neurotransmitter, neuroinflamasi, serta gangguan konektivitas jaringan otak. Metode : Literature review dengan penelusuran artikel ilmiah nasional dan internasional dari database Google Scholar, PubMed, Elsevier, NCBI, dan Clinical Key sesuai dengan kata kunci yang relevan. Hasil : Hasil kajian menunjukkan bahwa mekanisme vestibular migraine melibatkan aktivasi sistem trigeminovaskular yang memicu pelepasan mediator inflamasi neurogenik seperti calcitonin gene-related peptide (CGRP), serotonin, dan substansi P. Aktivasi ini meningkatkan sensitivitas neuron vestibular dan mengganggu transmisi sinyal saraf pusat. Selain itu, peningkatan aktivitas glutamatergik menyebabkan eksitabilitas neuronal berlebih yang berkontribusi terhadap vertigo dan gangguan keseimbangan. Studi neuroimaging juga menunjukkan penurunan konektivitas pada sensorimotor network (SMN), dorsal attention network (DAN), serta jaringan visual, yang mengganggu integrasi multisensorik. Perubahan aktivitas pada batang otak, korteks serebral, dan cerebellum turut berperan dalam gangguan persepsi gerak dan hipersensitivitas sensorik. Kesimpulan menunjukkan bahwa vestibular migraine merupakan gangguan neurologis kompleks

yang melibatkan disfungsi multisistem saraf pusat, sehingga pemahaman mekanismenya penting untuk pengembangan diagnosis dan terapi yang lebih efektif.

Kata kunci: Vestibular migraine, neurobiologi, vestibular, patofisiologi, dan neuroinflamasi.

1. PENDAHULUAN

Gangguan neurologis masih menjadi salah satu masalah kesehatan masyarakat di dunia karena dapat menyebabkan penurunan kualitas hidup, kecacatan, hingga kematian. Salah satu gangguan neurologis yang semakin banyak ditemukan adalah Vestibular Migraine (Cantillo-Martínez, M., 2025). Vestibular migraine (VM) kemungkinan merupakan penyebab kedua tersering dari pusing (dizziness), yang memengaruhi sekitar 3% populasi. Persentase pasien dengan vestibular migraine (VM) dilaporkan berada pada kisaran 7% hingga 16% di klinik neurologi dan neuro-otologi. Pada populasi umum di Amerika Serikat, sekitar 12% responden melaporkan mengalami pusing atau gangguan keseimbangan, dan di antara mereka sebanyak 23,4% memenuhi kriteria diagnosis VM menurut penulis, yang setara dengan prevalensi sekitar 3% pada orang dewasa (Villar-Martinez, M., 2024).

Vestibular migraine (VM) lebih sering terjadi pada perempuan dan dipengaruhi oleh faktor lingkungan maupun faktor genetik seperti pada migrain. Selain itu, VM juga diduga memiliki mekanisme patofisiologi yang sama dengan migrain, yaitu cortical spreading depression. Fenomena ini pada migrain dapat mengaktifasi sistem nosiseptif trigeminal yang berkontribusi terhadap hipersensitivitas sensorik, serta memiliki hubungan langsung antara nucleus trigeminal caudalis dan nukleus vestibular, termasuk adanya neuron yang mengekspresikan calcitonin gene-related peptide (CGRP) pada nukleus vestibular. Namun, VM cenderung menunjukkan karakteristik yang khas, termasuk durasi sakit kepala yang lebih lama, intensitas nyeri yang lebih tinggi, serta peningkatan kejadian motion sickness dan depresi, sehingga memerlukan strategi terapi yang spesifik dan berbeda dari migrain biasa (Choi, J., 2024).

Mekanisme neurobiologis vestibular migraine juga melibatkan aktivasi sistem trigeminovaskular yang memicu pelepasan berbagai mediator inflamasi neurogenik seperti serotonin, substansi P, dan calcitonin gene-related peptide (CGRP). Pelepasan mediator tersebut dapat meningkatkan sensitivitas neuron vestibular dan memengaruhi transmisi sinyal saraf di otak. Selain itu, aktivitas abnormal pada batang otak dan korteks serebral turut berkontribusi terhadap gangguan persepsi gerak dan nyeri kepala pada penderita vestibular migraine (Wattiez, A., 2021).

Selain faktor neurogenik, proses neuroinflamasi juga diketahui memiliki peran penting dalam patofisiologi vestibular migraine. Neuroinflamasi terjadi akibat aktivasi sel imun dan pelepasan sitokin proinflamasi yang menyebabkan peningkatan respons inflamasi pada jaringan saraf. Kondisi tersebut dapat memperburuk sensitivitas sistem vestibular dan menyebabkan gejala

vestibular menjadi lebih berat. Beberapa penelitian juga menunjukkan bahwa adanya inflamasi kronis dapat memengaruhi fungsi neurotransmitter sehingga memperkuat hubungan antara migrain dan gangguan vestibular (Biscetti, L., 2023).

Stres oksidatif juga menjadi salah satu faktor yang berperan dalam mekanisme terjadinya vestibular migraine. Ketidakseimbangan antara produksi radikal bebas dan kemampuan sistem antioksidan tubuh dapat menyebabkan kerusakan sel saraf dan gangguan fungsi neuron. Pada kondisi stres oksidatif, radikal bebas dapat memicu kerusakan membran sel, protein, dan asam nukleat sehingga mengganggu proses transmisi sinyal pada sistem vestibular dan sistem saraf pusat. Kerusakan tersebut dapat meningkatkan kerentanan seseorang terhadap serangan vestibular migraine yang berulang (Fila, M., 2026).

Berdasarkan berbagai penelitian yang telah dilakukan, pemahaman mengenai mekanisme neurobiologis vestibular migraine sangat penting dalam pengembangan diagnosis dan terapi yang lebih efektif. Tinjauan literatur ini berfokus pada berbagai mekanisme yang mendasari terjadinya vestibular migraine, termasuk peran sistem vestibular, sistem trigeminovaskular, neuroinflamasi, serta stres oksidatif dalam patofisiologi penyakit ini. Dengan pemahaman yang lebih baik, diharapkan penatalaksanaan vestibular migraine dapat dilakukan secara lebih optimal sehingga kualitas hidup penderita dapat meningkat.

2. METODE PENELITIAN

- Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode literature review dengan pendekatan kajian pustaka terhadap berbagai literatur ilmiah yang relevan.

- Tujuan Penelitian

Untuk mengetahui dan menganalisis mekanisme neurobiologis pada vestibular migraine berdasarkan tinjauan literatur.

- Sumber Data

Data diperoleh dari literatur nasional dan internasional berupa artikel ilmiah, jurnal penelitian, dan publikasi akademik yang diakses melalui beberapa database, yaitu:

- Google Scholar
- PubMed
- Elsevier
- NCBI
- ClinicalKey
- Alat Penelitian

Alat yang digunakan meliputi:

- Laptop/komputer
- Mendeley sebagai reference manager
- Microsoft Word untuk penyusunan naskah
- Strategi Pencarian Literatur

Artikel dicari menggunakan kata kunci: “Vestibular migraine”, “neurobiology”, “vestibular system”, “pathophysiology”, dan “neuroinflammation”, baik secara tunggal maupun kombinasi menggunakan operator Boolean (AND, OR) pada database yang digunakan.

- Kriteria Inklusi
- Literatur yang membahas mekanisme neurobiologis vestibular migraine
- Literatur yang membahas sistem vestibular pada vestibular migraine
- Literatur yang membahas sistem trigeminovaskular
- Literatur yang membahas neuroinflamasi dan stres oksidatif
- Artikel penelitian berbahasa Indonesia dan Inggris
- Artikel yang dipublikasikan pada rentang tahun 2021–2026
- Artikel full text yang dapat diakses
- Kriteria Eksklusi
- Artikel selain bahasa Indonesia dan Inggris
- Artikel full text yang tidak dapat diakses
- Artikel yang tidak sesuai dengan topik atau kata kunci penelitian
- Artikel yang dipublikasikan di luar rentang tahun 2021–2026
- Seleksi Artikel

Artikel yang diperoleh diseleksi berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi hingga diperoleh literatur yang relevan untuk digunakan dalam penyusunan literature review.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Tahun	Judul	Metode	Penulis	Sumber	Hasil
2022	Calcitonin gene-related peptide receptor antagonist BIBN4096BS regulates synaptic transmission in	Penelitian eksperimental pada model tikus chronic migraine menggunakan pemberian nitrogliserin (NTG), analisis	Tan R. dkk.	The Journal of Headache and Pain	Menunjukkan bahwa CGRP memiliki peran penting dalam mekanisme neurobiologis vestibular migraine melalui

	the vestibular nucleus and improves vestibular function via PKC/ERK/CRE B pathway in an experimental chronic migraine rat model	western blot, immunofluorescent staining, qRT-PCR, transmission electron microscope, dan Golgi-cox staining			peningkatan ekspresi CGRP, CLR, dan RAMP1 pada nukleus vestibular. Aktivasi jalur PKC/ERK/CRE B berkontribusi terhadap perubahan transmisi sinaptik dan gangguan fungsi vestibular.
2023	Inhibition of glutamatergic trigeminal nucleus caudalis-vestibular nucleus projection neurons attenuates vestibular dysfunction in the chronic-NTG model of migraine	Penelitian eksperimental pada model tikus chronic-NTG migraine menggunakan inhibisi neuron glutamatergik TNC-VN dengan AAVs encoding engineered Gi-coupled hM4D receptor	Yun Zhang dkk.	The Journal of Headache and Pain	Menunjukkan adanya hubungan neurobiologis antara sistem trigeminal dan vestibular melalui jalur glutamatergik dari trigeminal nucleus caudalis (TNC) ke vestibular nucleus (VN). Neuron CGRP di VN memperkuat keterlibatan sistem trigeminovaskular pada vestibular migraine.
2022	Altered brain network functional connectivity patterns in patients with vestibular migraine diagnosed according to the diagnostic criteria of the Bárány Society and the	Studi observasional menggunakan functional magnetic resonance imaging (fMRI) dengan independent component analysis pada pasien vestibular migraine, dan	Zhe-Yuan Li dkk.	Journal of Neurology	Menunjukkan adanya perubahan konektivitas jaringan otak pada vestibular migraine, terutama penurunan fungsi sensorimotor network (SMN), yang mengindikasikan

	International Headache Society	kontrol sehat			gangguan pemrosesan vestibular sentral dan hipersensitivitas sensorik.
2023	Altered large-scale internetwork functional connectivity in patients with vestibular migraine and migraine without aura	Studi observasional menggunakan resting-state fMRI dan independent component analysis (ICA) pada pasien vestibular migraine, migraine tanpa aura, dan kontrol sehat	Bing Zhang dkk.	Neuroscience Letters	Menunjukkan bahwa vestibular migraine melibatkan gangguan konektivitas antarjaringan otak, terutama pada DAN, SMN, pmVN, dan IVN, yang berperan dalam abnormalitas integrasi multisensorik penyebab vertigo dan gangguan keseimbangan.
2024	Dynamics and concordance alterations of regional brain function indices in vestibular migraine: a resting-state fMRI study	Studi observasional menggunakan resting-state fMRI dengan analisis amplitude of low-frequency fluctuations (ALFF) dan regional homogeneity (ReHo)	Xing Xiong dkk.	The Journal of Headache and Pain	Menunjukkan adanya perubahan dinamika aktivitas otak regional pada area motorik, serebelum, dan korteks oksipital yang berkaitan dengan gangguan kontrol vestibular dan pemrosesan multisensorik sebagai mekanisme neurobiologis vestibular migraine.

Gangguan neurologis masih menjadi salah satu masalah kesehatan masyarakat di dunia karena dapat menyebabkan penurunan kualitas hidup, kecacatan, hingga kematian. Salah satu gangguan neurologis yang semakin banyak ditemukan adalah Vestibular Migraine (Kim, B., 2025).

Vestibular migraine merupakan gangguan neurologis yang ditandai dengan episode vertigo berulang yang berhubungan dengan migrain. Mekanisme neurobiologis vestibular migraine melibatkan interaksi kompleks antara sistem vestibular, sistem trigeminovaskular, dan sistem saraf pusat sehingga menyebabkan gangguan keseimbangan, vertigo, serta hipersensitivitas sensorik pada penderita (Zhang, A., 2021).

Pembahasan

Vestibular migraine merupakan salah satu gangguan neurologis yang mekanisme patofisiologinya masih terus diteliti hingga saat ini (Patel, N., 2023). Berdasarkan berbagai penelitian yang telah dikaji dalam tinjauan literatur ini, diketahui bahwa mekanisme neurobiologis vestibular migraine melibatkan interaksi kompleks antara sistem vestibular, sistem trigeminovaskular, neurotransmitter, serta jaringan saraf pusat yang berperan dalam pemrosesan sensorik dan keseimbangan. Interaksi tersebut menyebabkan munculnya gejala khas berupa vertigo, gangguan keseimbangan, serta hipersensitivitas terhadap rangsangan visual dan auditorik.

Salah satu mekanisme utama yang ditemukan dalam vestibular migraine adalah keterlibatan calcitonin gene-related peptide (CGRP). Aktivasi CGRP pada nukleus vestibular menunjukkan adanya hubungan erat antara sistem trigeminal dan sistem vestibular dalam patogenesis vestibular migraine. Peningkatan aktivitas CGRP dapat memicu sensitisasi sentral dan perubahan transmisi sinaptik sehingga menyebabkan gangguan vestibular. Temuan ini mendukung teori bahwa vestibular migraine memiliki dasar neurobiologis yang serupa dengan migrain, namun dengan keterlibatan sistem vestibular yang lebih dominan. Selain itu, efektivitas antagonis reseptor CGRP dalam memperbaiki gangguan vestibular menunjukkan bahwa jalur ini berpotensi menjadi target terapi yang penting pada vestibular migraine (Patel, N., 2023).

Tinjauan literatur ini juga menunjukkan bahwa hubungan antara trigeminal nucleus caudalis (TNC) dan vestibular nucleus (VN) berperan dalam terjadinya disfungsi vestibular. Jalur glutamatergik yang menghubungkan kedua struktur tersebut diketahui dapat meningkatkan eksitabilitas neuronal dan menyebabkan hiperaktivitas sistem vestibular. Aktivasi neurotransmitter glutamat secara berlebihan berkontribusi terhadap munculnya vertigo dan gangguan keseimbangan pada vestibular migraine. Dengan demikian, mekanisme neurobiologis vestibular migraine tidak hanya melibatkan gangguan vaskular, tetapi juga perubahan neurotransmisi pada sistem saraf pusat (Benbow, T., 2021).

Selain perubahan neurotransmitter, berbagai penelitian neuroimaging menunjukkan adanya gangguan konektivitas dan aktivitas pada jaringan otak yang berhubungan dengan fungsi vestibular dan pemrosesan multisensorik. Penurunan konektivitas pada sensorimotor network (SMN), dorsal attention network (DAN), serta jaringan visual menunjukkan adanya gangguan integrasi informasi antara sistem vestibular, visual, dan somatosensorik. Gangguan integrasi multisensorik tersebut

diduga menjadi dasar munculnya gejala vertigo, ketidakseimbangan, photophobia, dan phonophobia pada pasien vestibular migraine (Benbow, T., 2021).

Perubahan aktivitas regional otak juga menunjukkan adanya keterlibatan area yang berfungsi dalam koordinasi motorik, pemrosesan visual, dan kontrol keseimbangan. Hal ini memperlihatkan bahwa vestibular migraine merupakan gangguan neurologis yang melibatkan disfungsi jaringan vestibular sentral secara luas. Dengan adanya gangguan pada pemrosesan sensorik dan integrasi multisensorik, pasien vestibular migraine menjadi lebih sensitif terhadap rangsangan lingkungan, terutama rangsangan visual dan gerakan (Benbow, T., 2021).

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil article review, dapat disimpulkan bahwa vestibular migraine memiliki hubungan erat dengan mekanisme migrain dan sistem vestibular. Gangguan ini terjadi akibat interaksi kompleks antara sistem vestibular, sistem trigeminovaskular, neurotransmitter seperti CGRP dan glutamat, serta perubahan konektivitas otak yang berperan dalam munculnya gejala vertigo, gangguan keseimbangan, dan hipersensitivitas sensorik. Hasil literatur menunjukkan bahwa aktivasi mekanisme migrain dapat memengaruhi sistem vestibular sehingga memicu gejala vestibular pada pasien vestibular migraine. Dengan demikian, vestibular migraine merupakan gangguan neurologis multisensorik yang melibatkan hubungan antara migrain dan sistem keseimbangan tubuh.

Penelitian ini memiliki keterbatasan karena hanya menggunakan metode literature review, terbatas pada artikel tahun 2021–2026, bahasa Indonesia dan Inggris, serta database tertentu. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan menggunakan studi klinis atau systematic review dengan cakupan literatur lebih luas untuk memperjelas mekanisme neurobiologis vestibular migraine.

Ucapan Terima Kasih

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada pihak – pihak yang terlibat pada penelitian ini, khususnya kepada rekan-rekan sejawat dan sivitas akademika Universitas Muslim Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- Cantillo-Martínez M, Lorente-Piera J, Manrique-Huarte R. Insights into vestibular migraine: diagnostic challenges, differential spectrum and therapeutic horizons. *J Clin Med*. 2025.
- Villar-Martinez MD, Goadsby PJ. Vestibular migraine: an update. *Curr Opin Neurol*. 2024;37(3).
- Choi JH, Choi KD, Oh EH, Choi SY. Preventive medical treatment of vestibular migraine: a practical review. *Korean Balance Soc*. 2025.

- Cellular senescence in migraine – a hypothesis-driven narrative review. *J Headache Pain*. 2026;27:128. doi:10.1186/s10194-026-02347-6.
- Biscetti L, Cresta E, Cupini LM, Calabresi P, Sarchielli P. The putative role of neuroinflammation in the complex pathophysiology of migraine: from bench to bedside. *Neurobiol Dis*. 2023.
- Zhang AJ, Zhang AY, Gao LZ, Zhou L, Wang AN. Vestibular migraine with brainstem auras: a review of pathogenesis, clinical varieties, abortive and prophylactic treatment. *J Neurol Res*. 2021. doi:10.14740/jnr651.
- Tian R, Zhang Y, Pan Q, Wang Y. CGRP receptor antagonist BIBN4096BS regulates synaptic transmission in the vestibular nucleus and improves vestibular function via PKC/ERK/CREB pathway in chronic migraine rat model. *J Headache Pain*. 2022. doi:10.1186/s10194-022-01403-1.
- Inhibition of glutamatergic trigeminal nucleus caudalis–vestibular nucleus projection neurons attenuates vestibular dysfunction in chronic-NTG model of migraine. *J Headache Pain*. 2023;24:77. doi:10.1186/s10194-023-01607-z.
- Zhang B, Wu D, Guo Y, Yan W, Liu X, Yang Z, et al. Altered large-scale internetwork functional connectivity in patients with vestibular migraine and migraine without aura. *Neurosci Lett*. 2023.
- Xiong X, Dai L, Chen W, Lu J, Hu C, Zhao H, Ke J. Dynamics and concordance alterations of regional brain function indices in vestibular migraine: a resting-state fMRI study. *J Headache Pain*. 2024;25:1. doi:10.1186/s10194-023-01705-y.
- Wattiez AS, Sowers LP, Russo AF. Calcitonin gene-related peptide (CGRP): role in migraine pathophysiology and therapeutic targeting. *J Headache Pain*. 2021.
- Kim BK. Vestibular migraine: challenges in diagnosis and management. *Headache Pain Res*. 2025;26(2):106–115.
- Patel N, Talewar K. Vestibular migraine. *Headache Series*. 2022.
- Benbow T, Cairns BE. Dysregulation of the peripheral glutamatergic system: a key player in migraine pathogenesis? *Cephalalgia*. 2021;41(11–12):1249–1261.