

Jalur Saraf Vergence : Systematic Literature Review

Zalafi Kartika Azka^{1*}, Alvian Dwisakti Kurniatio²

¹ Universitas Sebelas Maret, Indonesia

² Universitas Islam Sultan Agung, Indonesia

Alamat: Ketingan Jl. Ir. Sutami No.36, Jebres, Kec. Jebres, Kota Surakarta, Jawa Tengah 57126

Korespondensi penulis: zalafiazka@gmail.com

Abstract. Vergence movement is a critical mechanism in coordinating eye function to maintain visual focus. It is controlled by complex neural pathways involving brain structures such as the oculomotor nerve nucleus (CN III), abducens nucleus (CN VI), pontine reticular formation (PRF), and areas of the visual and motor cortices. Disruptions in these pathways can lead to conditions like convergence insufficiency, esotropia, exotropia, and diplopia, which impair binocular vision. This study utilizes a Systematic Literature Review (SLR) method, analyzing five national and international articles from 2015–2025 sourced from databases including SINTA, Scopus, and Google Scholar. The review finds that vergence disorders frequently affect children and the elderly, caused by factors ranging from benign to neurological. Key brain regions such as the parietal eye field (PEF), frontal eye field (FEF), superior colliculus (SC), and PRF play crucial roles in coordinating vergence. Research also notes deficits in Parkinson's patients, who exhibit longer response times and lower vergence accuracy. In technological contexts, especially virtual reality (VR), vergence errors contribute to visual fatigue and misjudged depth perception. Neurotransmitters like GABA, glutamate, and dopamine are involved in modulating the neural signals that govern vergence movements. Understanding these pathways is essential for improving diagnostics and therapies in ophthalmology and neurology. Furthermore, insights into vergence mechanisms support the development of more adaptive visual technologies such as VR systems and eye-tracking tools, aligning them more closely with human visual physiology.

Keywords: Neural Pathways, Systematic Literature Review, Vergence

Abstrak. Gerakan vergensi merupakan mekanisme penting dalam mengoordinasikan fungsi mata untuk mempertahankan fokus visual. Gerakan ini dikendalikan oleh jalur saraf kompleks yang melibatkan struktur otak seperti nukleus saraf okulomotor (CN III), nukleus abduksen (CN VI), formasi retikuler pons (PRF), dan area korteks visual dan motorik. Gangguan pada jalur ini dapat menyebabkan kondisi seperti insufisiensi konvergensi, esotropia, eksotropia, dan diplopia, yang mengganggu penglihatan binokular. Studi ini menggunakan metode Tinjauan Literatur Sistematis (SLR), menganalisis lima artikel nasional dan internasional dari tahun 2015–2025 yang bersumber dari basis data termasuk SINTA, Scopus, dan Google Scholar. Tinjauan tersebut menemukan bahwa gangguan vergensi sering memengaruhi anak-anak dan orang tua, yang disebabkan oleh berbagai faktor mulai dari jinak hingga neurologis. Daerah otak utama seperti bidang mata parietal (PEF), bidang mata frontal (FEF), kolikulus superior (SC), dan PRF memainkan peran penting dalam mengoordinasikan vergensi. Penelitian juga mencatat defisit pada pasien Parkinson, yang menunjukkan waktu respons yang lebih lama dan akurasi vergensi yang lebih rendah. Dalam konteks teknologi, terutama realitas virtual (VR), kesalahan vergensi berkontribusi terhadap kelelahan visual dan persepsi kedalaman yang salah. Neurotransmitter seperti GABA, glutamat, dan dopamin terlibat dalam modulasi sinyal saraf yang mengatur gerakan vergensi. Memahami jalur ini sangat penting untuk meningkatkan diagnostik dan terapi dalam oftalmologi dan neurologi. Lebih jauh, wawasan tentang mekanisme vergensi mendukung pengembangan teknologi visual yang lebih adaptif seperti sistem VR dan alat pelacak mata, yang menyelaraskannya lebih dekat dengan fisiologi visual manusia.

Kata kunci: Jalur Saraf, Tinjauan Literatur Sistematis, Vergence

1. LATAR BELAKANG

Vergence merupakan salah satu sistem pergerakan mata yang unik, karena merupakan satu-satunya respons visual yang menyebabkan pergerakan mata secara disonjugasi (Muchlis, Maulana, & Fitriyah, 2018). Sistem ini memainkan peran penting

dalam persepsi kedalaman dan refiksasi gerakan mata, bekerja secara sinergis dengan sistem sirkadik untuk memungkinkan perubahan fiksasi secara simetris dan cepat. Fixasi bifoveal dan stereopsis bergantung pada kesejajaran akurat dari sumbu visual, yang diperlukan untuk melakukan refiksasi dari satu jarak ke jarak lain, sehingga mendukung persepsi kedalaman dan lokalisasi objek dalam ruang (Syauqie & Putri, 2014). Oleh karena itu, sistem vergence yang berfungsi dengan baik menjadi komponen vital dalam gerakan ekstraokular yang digunakan dalam aktivitas sehari-hari (Fernanda, Amalia, & others, 2018).

Pergerakan mata vergence dapat diklasifikasikan menjadi dua subkategori utama, yaitu konvergensi dan divergensi (Chen et al., 2010). Konvergensi merupakan gerakan disonjugasi ke dalam dari kedua mata, sedangkan divergensi adalah gerakan keluar yang berlawanan arah (Straumann, 2007). Stimulus utama bagi pergerakan vergence meliputi blur retinal dan pergeseran target visual (Mays, 1984). Gangguan pada jalur saraf yang mengatur sistem vergence dapat terjadi akibat kondisi degeneratif atau cedera otak yang diperoleh akibat trauma atau iskemia. Akibatnya, individu yang mengalami gangguan ini dapat menunjukkan gejala seperti diplopia, asthenopia, serta penurunan persepsi kedalaman, yang berdampak pada kualitas hidup sehari-hari (Searle & Rowe, 2016).

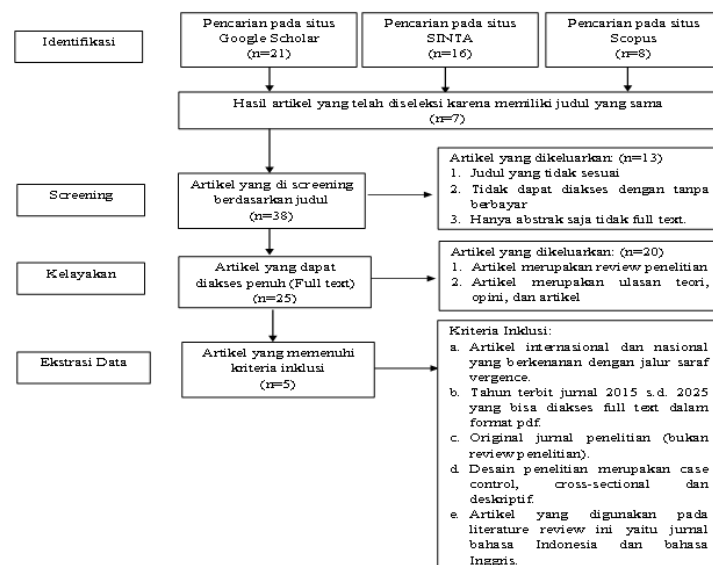
Pemahaman mengenai jalur saraf yang mengontrol sistem vergence sangat penting dalam bidang neuro-oftalmologi dan rehabilitasi visual (Cohen, 2013). Studi yang lebih mendalam mengenai mekanisme neural ini dapat membantu dalam diagnosis dan pengembangan strategi terapi yang lebih efektif untuk gangguan oculomotor yang berkaitan dengan vergence (Ciuffreda, Tannen, Singman, & Han, 2020). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk melakukan tinjauan sistematis terhadap jalur saraf yang berperan dalam sistem vergence berdasarkan analisis literatur yang telah diterbitkan sebelumnya.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode Systematic Literature Review (SLR), yaitu studi literatur yang dilakukan secara sistematis, menyeluruh, dan terstruktur dengan proses identifikasi, evaluasi, serta pengumpulan data dari penelitian yang telah dipublikasikan (Purwadhi, Widjaja, Lukas, & Hapa, 2025). Sumber data dalam penelitian ini diperoleh melalui Google Scholar, SINTA, dan Scopus untuk mencari jurnal nasional maupun internasional yang relevan. Artikel yang ditemukan akan diseleksi berdasarkan kriteria inklusi yang telah ditetapkan. Pencarian artikel dilakukan dengan menggunakan kata kunci

vergence. Kriteria inklusi dalam penelitian ini mencakup artikel nasional dan internasional yang memiliki relevansi dengan jalur saraf vergence, diterbitkan dalam rentang tahun 2015 hingga 2025, serta dapat diakses dalam teks lengkap (full text). Artikel yang dipilih harus memiliki desain penelitian case-control, cross-sectional, atau deskriptif. Sementara itu, artikel yang bukan merupakan penelitian asli (original research article) akan dieliminasi dari proses seleksi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 1. Tahapan Systematic Literature Review

Tabel 1. Hasil Literature Review

No	Identitas Jurnal	Metode Penelitian	Hasil
1	Disorders of Vergence Eye Movements (Brune & Eggenberger, 2018)	Randomized controlled trials	Gangguan divergensi sering terjadi pada populasi anak dan orang dewasa yang menua. Penyebab jinak sering terjadi, tetapi riwayat dan pemeriksaan yang tepat yang menekankan pada motilitas okular sangat penting untuk menyingkirkan diagnosis yang lebih mengkhawatirkan. Presentasi yang tidak lazim harus segera dievaluasi secara menyeluruh, termasuk neuroimaging. Pengobatan penyebab jinak dari kelainan vergensi harus dilakukan secara bertahap, dimulai dengan intervensi yang paling tidak invasif, meskipun beberapa pasien mungkin memerlukan pembedahan.
2	Vergence eye movements in	Dolman hole-in-the-card test	Pengamat umumnya membuat kesalahan vergensi saat melihat dalam

	virtual reality (McAnally, Grove, & Wallis, 2024)			VR, sehingga mata dominan lebih akurat disejajarkan daripada mata yang tidak dominan. Kesalahan vergensi sering kali lebih besar daripada rentang fusi Panum. Tidak adanya diplopia yang dilaporkan menunjukkan bahwa beberapa input visual dari satu mata ditekan atau gambar ganda luput dari perhatian. Kesalahan vergensi tidak dapat dijelaskan oleh kontaminasi oleh variasi diameter pupil. Kesalahan vergensi tidak berkurang ketika konflik akomodasi-vergensi dihilangkan dengan koreksi optik. Hasil ini menunjukkan bahwa kemampuan untuk menyimpulkan jarak tatapan dengan benar dalam VR mungkin dibatasi oleh kesalahan vergensi mata yang sebenarnya, bukan oleh kesalahan pengukuran yang disebabkan oleh keterbatasan pelacakan mata.
3	The interaction of pupil response with the vergence system (Feil, Moser, & Abegg, 2017)	<i>infrared tracker</i>	<i>eye</i>	Kami menemukan respons pupil dekat yang dapat diandalkan. Penghapusan akomodasi dan konvergensi dalam pergeseran tatapan dari jauh ke dekat menghapuskan respons dekat pupil. Akomodasi saja tidak menyebabkan penyempitan pupil, sementara konvergensi dan akomodasi bersama-sama menyebabkan respons pupil yang mirip dengan respons dekat penuh. Pemicu utama respons pupil tampaknya adalah konvergensi. Baik akomodasi maupun kedekatan, keduanya tidak menyebabkan penyempitan pupil yang signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa miosis dari triad dekat terkait erat dengan sistem vergensi dan bukan diatur secara independen.
4	Objective assessment of eye alignment and disparity-driven vergence in Parkinson's disease (Gupta et al., 2023)	high-resolution video-oculography		Kami mengkategorikan subjek PD ke dalam tiga kelompok, dengan mempertimbangkan kontrol berbasis waktu dari penyelarasan mata mereka dibandingkan dengan kontrol yang sehat dalam melihat secara teropong. Kelompok 1 = 45% memiliki kontrol yang baik dan menghabiskan >80% waktu ketika mata sejajar dengan baik, Kelompok 2 = 26% memiliki kontrol menengah dan menghabiskan <80%

	tetapi lebih besar >5% dari waktu ketika mata sejajar dengan baik, dan Kelompok 3 = 29% memiliki kontrol yang sangat buruk dengan peningkatan deviasi mata sebagian besar (<5% dari waktu ketika mata sejajar dengan baik). Ketiga kelompok menunjukkan deviasi mata yang lebih besar pada penglihatan bermata satu dibandingkan kontrol. Subjek PD menunjukkan defisit vergensi yang memulai fusi dan mempertahankan fusi (latensi yang berkepanjangan, berkurangnya penguatan vergensi, peningkatan varians komponen yang mempertahankan fusi) dengan kemungkinan lebih besar untuk gerakan saccadic daripada kontrol. Subjek Grup 2 dan Grup 3 lebih cenderung menunjukkan kegagalan untuk memulai vergensi (> 20%) daripada uji coba Grup 1 (13%) dan kontrol (0%). Tidak ada perbedaan signifikan yang ditemukan dalam nilai Unified Parkinson's Disease Rating Scale (UPDRS - alat untuk mengukur tingkat keparahan PD) antara tiga kelompok PD (Kelompok 1 = 33.69 ± 14.22, Kelompok 2 = 38.43 ± 22.61, dan Kelompok 3 = 23.44 ± 1, $p > 0.05$). Mayoritas subjek PD dalam kelompok kami memiliki disfungsi binokular dengan peningkatan deviasi mata pada penglihatan monokular dan defisit vergensi yang disebabkan oleh perbedaan. Subjek PD dengan kontrol deviasi mata menengah atau buruk pada penglihatan binokular memiliki defisit vergensi yang lebih besar pada inisiasi fusi dan pemeliharaan fusi. Studi ini menyoroti pentingnya menilai disfungsi binokular pada subjek PD terlepas dari tingkat keparahan gejala motorik.
5 Using biomechanics to investigate the effect of VR on eye vergence	<i>ocular biomechanics and eye tracking</i> Sudut vergence nyata selama pencelupan secara signifikan lebih tinggi daripada sudut vergence ideal dan menunjukkan variabilitas yang lebih tinggi yang mengarah pada isyarat kedalaman yang salah yang

system (Iskander, Hossny, & Nahavandi, 2019)(Iskander et al., 2019)	memengaruhi persepsi kedalaman dan juga menyebabkan kelelahan visual untuk pengalaman virtual yang berkepanjangan. Selain itu, kami menemukan bahwa ketika kedalaman yang disimulasikan meningkat, kemampuan pengguna untuk memanipulasi objek virtual dengan mata mereka berkurang, sehingga mengurangi kemungkinan interaksi melalui tatapan mata. Model biomekanik yang digunakan di sini dapat diperluas lebih lanjut untuk mempelajari aktivitas otot mata selama pencelupan. Ini menyajikan alat penilaian yang efisien dan fleksibel untuk lingkungan virtual.
--	---

Dari hasil tinjauan literatur yang telah dikaji, berbagai penelitian menunjukkan bahwa jalur saraf yang mengontrol gerakan vergence memiliki peran krusial dalam koordinasi gerakan mata dan pemrosesan visual. Vergence merupakan mekanisme penting yang memungkinkan kedua mata untuk berfokus pada suatu objek dengan menyesuaikan arah pandang masing-masing bola mata (Coubard, 2013). Jalur saraf yang mengendalikan vergence melibatkan interaksi kompleks antara beberapa struktur utama di otak, termasuk batang otak, otak tengah, serta korteks visual dan motorik (Searle & Rowe, 2016). Nukleus mesensefalik saraf oculomotor (CN III) berperan dalam konvergensi dengan mengontrol otot rektus medial, sedangkan nukleus abducens (CN VI) berperan dalam divergensi dengan mengontrol otot rektus lateral (Padungkiatsagul & Moss, 2020). Selain itu, formasi retikular pontin (PRF) memainkan peran penting dalam mengintegrasikan informasi sensorik dan motorik yang diperlukan untuk koordinasi gerakan mata (Meidian & Maratis, n.d.).

Penelitian oleh Brune & Eggenberger (2018) menunjukkan bahwa gangguan divergensi sering terjadi pada populasi anak-anak dan orang dewasa yang menua. Gangguan ini dapat disebabkan oleh faktor jinak atau kondisi yang lebih serius yang memerlukan diagnosis menyeluruh. Pemeriksaan mendalam terhadap motilitas okular menjadi penting untuk memastikan penyebab gangguan, dan dalam beberapa kasus, neuroimaging diperlukan untuk menyingkirkan kemungkinan kondisi neurologis yang mendasari (Prayitnaningsih, Rohman, Sujuti, Abdullah, & Vierlia, 2021). Gangguan jalur saraf vergence dapat menyebabkan insufisiensi konvergensi, esotropia, eksotropia, dan diplopia akibat ketidakseimbangan antara sinyal konvergensi dan divergensi (Dinkin,

2014). Pengobatan terhadap gangguan ini harus dilakukan secara bertahap, dimulai dari terapi visual berbasis optometri hingga intervensi yang lebih agresif seperti pembedahan.

Dalam konteks teknologi, penelitian McAnally, Grove, & Wallis (2024) menunjukkan bahwa pengguna sering mengalami kesalahan vergence saat menggunakan perangkat realitas virtual (VR). Dengan menggunakan Dolman hole-in-the-card test, studi ini menemukan bahwa mata dominan cenderung lebih akurat dalam penyelarasan dibandingkan mata yang tidak dominan. Kesalahan vergence yang ditemukan lebih besar daripada rentang fusi Panum, yang mengindikasikan adanya keterbatasan mekanisme fusi visual dalam lingkungan VR. Gangguan ini berkaitan dengan mekanisme neurofisiologi vergence, di mana korteks visual, parietal eye field (PEF), dan frontal eye field (FEF) berperan dalam memilih target visual dan mengoordinasikan perintah motorik. Ketidaksesuaian antara jalur akomodasi-vergensi dengan kondisi visual yang disimulasikan dalam VR dapat menyebabkan kelelahan visual, ketidaknyamanan, dan kesulitan dalam menentukan jarak tatapan dengan benar (Taub et al., 2015).

Lebih lanjut, penelitian Feil, Moser, & Abegg (2017) menemukan bahwa konvergensi memiliki peran utama dalam memicu respons pupil dekat. Dengan menggunakan infrared eye tracker, mereka mengamati bahwa penghapusan akomodasi dan konvergensi dari proses pengalihan tatapan dari jauh ke dekat menghilangkan respons pupil dekat (Kiyokawa, 2015). Akomodasi saja tidak cukup untuk menyebabkan penyempitan pupil, tetapi kombinasi antara konvergensi dan akomodasi menghasilkan respons pupil yang mirip dengan respons pupil penuh (Hansen, 1976). Temuan ini mendukung teori bahwa superior colliculus (SC) dan formasi retikular pontin (PRF) memainkan peran dalam integrasi sinyal antara sistem vergence dan kontrol pupil (Agarwal et al., 2016). Neurotransmitter seperti GABA, glutamat, dan dopamin juga berperan dalam mengatur respons pupil terhadap perubahan jarak tatapan. Defisiensi dalam neurotransmitter ini dapat menyebabkan gangguan penglihatan binokular yang berdampak pada ketajaman visual dan koordinasi gerakan mata (Wang, Han, & Hao, 2024).

Selain itu, penelitian oleh Gupta et al. (2023) menyoroti hubungan antara defisit vergence dengan penyakit Parkinson (PD). Dengan menggunakan high-resolution video-oculography, mereka mengategorikan pasien PD ke dalam tiga kelompok berdasarkan kontrol penyelarasan mata mereka. Mayoritas subjek dalam penelitian ini mengalami disfungsi binokular yang menyebabkan peningkatan deviasi mata pada penglihatan monokular serta defisit dalam inisiasi dan pemeliharaan fusi. Pasien PD dengan kontrol deviasi mata yang buruk menunjukkan latensi yang berkepanjangan dan pengurangan

penguatan vergence, yang merupakan tanda-tanda khas dari defisit motorik akibat disfungsi jalur saraf di batang otak dan korteks visual. Hal ini menegaskan bahwa gangguan pada sistem vergence dapat memperburuk defisit visual dan motorik yang sudah ada, sehingga evaluasi terhadap fungsi binokular pada pasien dengan gangguan neurologis menjadi sangat penting.

Studi lainnya yang dilakukan oleh Iskander, Hossny, & Nahavandi (2019) meneliti pengaruh VR terhadap sistem vergence. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa sudut vergence yang dihasilkan selama pencelupan dalam lingkungan virtual secara signifikan lebih tinggi daripada sudut vergence ideal, yang menyebabkan persepsi kedalaman yang salah dan meningkatkan risiko kelelahan visual. Studi ini menggunakan pendekatan biomekanik dan pelacakan mata untuk mengevaluasi dampak VR pada sistem vergence. Ketika kedalaman yang disimulasikan meningkat, kemampuan pengguna untuk memanipulasi objek virtual dengan mata mereka berkurang, yang berdampak pada efektivitas interaksi berbasis tatapan dalam VR. Oleh karena itu, penelitian ini menjadi dasar penting dalam pengembangan teknologi VR yang lebih responsif terhadap karakteristik fisiologis sistem vergence manusia.

Berdasarkan hasil tinjauan literatur, jalur saraf vergence memiliki peran yang sangat penting dalam koordinasi gerakan mata dan pemrosesan visual. Gangguan pada jalur ini dapat menyebabkan berbagai masalah penglihatan, termasuk insufisiensi konvergensi, esotropia, eksotropia, dan diplopia. Selain itu, penelitian terbaru menunjukkan bahwa teknologi VR dapat memperburuk kesalahan vergence, sementara defisit vergence juga dapat ditemukan pada penyakit neurodegeneratif seperti Parkinson. Oleh karena itu, pemahaman yang lebih dalam tentang jalur saraf vergence tidak hanya penting dalam bidang oftalmologi dan neurologi, tetapi juga dapat berkontribusi pada pengembangan teknologi yang lebih responsif terhadap karakteristik fisiologis manusia.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Gerakan vergence dikendalikan oleh jalur saraf yang kompleks, melibatkan berbagai struktur otak seperti nukleus mesensefalik saraf oculomotor, nukleus abducens, formasi retikular pontin, serta korteks visual dan motorik. Gangguan pada sistem ini dapat menyebabkan masalah penglihatan binokular, termasuk insufisiensi konvergensi, esotropia, eksotropia, dan diplopia. Studi menunjukkan bahwa defisit vergence juga ditemukan pada pasien Parkinson dan pengguna teknologi realitas virtual, yang dapat memengaruhi persepsi visual dan koordinasi mata. Selain itu, neurotransmitter seperti

GABA, glutamat, dan dopamin berperan dalam modulasi sinyal saraf vergence. Pemahaman mendalam tentang mekanisme ini penting untuk pengembangan terapi rehabilitatif dan inovasi teknologi visual yang lebih adaptif.

DAFTAR REFERENSI

- Agarwal, M., Ulmer, J. L., Chandra, T., Klein, A. P., Mark, L. P., & Mohan, S. (2016). Imaging correlates of neural control of ocular movements. *European Radiology*, 26, 2193–2205. <https://doi.org/10.1007/s00330-015-4055-3>
- Brune, A. J., & Eggenberger, E. R. (2018). Disorders of vergence eye movements. *Current Treatment Options in Neurology*, 20, 1–8. <https://doi.org/10.1007/s11940-018-0524-z>
- Chen, Y.-F., Lee, Y.-Y., Chen, T., Semmlow, J. L., Alvarez, T. L., & others. (2010). Behaviors, models, and clinical applications of vergence eye movements. *Journal of Medical and Biological Engineering*, 30(1), 1–15.
- Ciuffreda, K. J., Tannen, B., Singman, E., & Han, M. H. (2020). Evaluation and treatment of visual dysfunction. In *Brain Injury Medicine* (pp. xx–xx). Springer/Demos.
- Cohen, A. H. (2013). Vision rehabilitation for visual-vestibular dysfunction: The role of the neuro-optometrist. *NeuroRehabilitation*, 32(3), 483–492. <https://doi.org/10.3233/NRE-130870>
- Coubard, O. A. (2013). Saccade and vergence eye movements: A review of motor and premotor commands. *European Journal of Neuroscience*, 38(10), 3384–3397. <https://doi.org/10.1111/ejn.12348>
- Dinkin, M. (2014). Diagnostic approach to diplopia. *Continuum: Lifelong Learning in Neurology*, 20(4), 942–965. <https://doi.org/10.1212/01.CON.0000453315.21761.37>
- Feil, M., Moser, B., & Abegg, M. (2017). The interaction of pupil response with the vergence system. *Graefes' Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology*, 255, 2247–2253. <https://doi.org/10.1007/s00417-017-3755-3>
- Fernanda, N., Amalia, H., & others. (2018). Hubungan akomodasi insufisiensi dan astenopia pada remaja di Jakarta Barat. *Jurnal Biomedika dan Kesehatan*, 1(1), 10–17.
- Gupta, P., Murray, J. M., Beylergil, S. B., Jacobs, J., Kilbane, C. W., Shaikh, A. G., & Ghasia, F. F. (2023). Objective assessment of eye alignment and disparity-driven vergence in Parkinson's disease. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 15, 1217765. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2023.1217765>
- Hansen, E. (1976). *Neurologi*. Erlangga.
- Iskander, J., Hossny, M., & Nahavandi, S. (2019). Using biomechanics to investigate the effect of VR on eye vergence system. *Applied Ergonomics*, 81, 102883. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2019.102883>

- Kiyokawa, K. (2015). Head-mounted display technologies for augmented reality. In *Fundamentals of Wearable Computing and Augmented Reality* (pp. 59–84). <https://doi.org/10.1201/b18703>
- Mays, L. E. (1984). Neural control of vergence eye movements: Convergence and divergence neurons in midbrain. *Journal of Neurophysiology*, 51(5), 1091–1108. <https://doi.org/10.1152/jn.1984.51.5.1091>
- McAnally, K., Grove, P., & Wallis, G. (2024). Vergence eye movements in virtual reality. *Displays*, 83, 102683. <https://doi.org/10.1016/j.displa.2023.102683>
- Meidian, A. C., & Maratis, J. (n.d.). *Modul Mata Kuliah Neurosains (FNS 216)*.
- Muchlis, I., Maulana, R., & Fitriyah, H. (2018). Implementasi pengenalan pergerakan bola mata menggunakan elektroda dengan exponential filter. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 2(9), 3093–3102.
- Padungkiatsagul, T., & Moss, H. E. (2020). Cranial Neuropathies II, III, IV, and VI. In *Hankey's Clinical Neurology* (pp. 693–716). CRC Press.
- Prayitnaningsih, S., Rohman, M. S., Sujuti, H., Abdullah, A. A. H., & Vierlia, W. V. (2021). Pengaruh hipertensi terhadap glaukoma. Universitas Brawijaya Press.
- Purwadhi, P., Widjaja, Y. R., Lukas, D. C., & Hapa, M. (2025). Implementasi Balanced Scorecard sebagai alat pengukuran kinerja di rumah sakit: Systematic Literature Review. *EKOMA: Jurnal Ekonomi, Manajemen, Akuntansi*, 4(2), 3548–3556.
- Searle, A., & Rowe, F. J. (2016). Vergence neural pathways: A systematic narrative literature review. *Neuro-Ophthalmology*, 40(5), 209–218. <https://doi.org/10.3109/01658107.2016.1171804>
- Straumann, D. (2007). Disconjugate eye movements. *Developments in Ophthalmology*, 40, 90–106. <https://doi.org/10.1159/000100428>
- Syauqie, M., & Putri, S. H. M. (2014). Development of binocular vision. *Jurnal Kesehatan Andalas*, 3(1), xx–xx.
- Taub, E., Mark, V. W., Uswatte, G., Perez, C., Chokron, S., Urbanski, M., ... others. (2015). PART III--Visual training programs in organic deficits and their neural bases. In *Neurovision: Neural Bases of Binocular Vision and Coordination and Their Implications in Visual Training Programs* (Vol. 5).
- Wang, K., Han, G., & Hao, R. (2024). Advances in the study of the influence of photoreceptors on the development of myopia. *Experimental Eye Research*, 245, 109976. <https://doi.org/10.1016/j.exer.2024.109976>