

Eksplorasi Pemahaman Mahasiswa Pada Konsep Komunikasi Antar Neuron Sebagai Dasar Fisiologi Dan Relevansinya Dalam Konsep Sistem Koordinasi

Sari Rahmawati

Program Studi Pendidikan IPA, FKIP, Universitas Muhammadiyah Gorontalo

Corresponding Author: Sari Rahmawati, e-mail: Sarirahmawati@umgo.ac.id

Published: May, 2025

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi pemahaman mahasiswa Pendidikan IPA mengenai konsep komunikasi antar neuron sebagai dasar fisiologi sistem koordinasi. Menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif, penelitian ini berhasil mengungkap adanya variasi pemahaman mahasiswa, serta memberikan wawasan mengenai relevansi konsep dalam konteks sistem koordinasi. Temuan menunjukkan bahwa meskipun sebagian besar mahasiswa memiliki pemahaman dasar mengenai struktur dan fungsi neuron, pemahaman yang lebih mendalam mengenai mekanisme komunikasi sinaptik, terutama pada tingkat molekuler dan fisiologis, masih bervariasi. Mahasiswa dengan pemahaman yang lebih baik tentang komunikasi sinaptik cenderung lebih mampu mengaitkan proses komunikasi neuron dengan fungsi-fungsi sistem koordinasi. Implikasi dari temuan ini sangat relevan bagi praktik pengajaran Pendidikan IPA, dengan saran pengembangan materi pembelajaran yang lebih visual dan interaktif, penerapan strategi pembelajaran aktif, penekanan pada hubungan konseptual, dan pelatihan pedagogis bagi calon guru. Penelitian ini memberikan wawasan berharga, meskipun keterbatasan ukuran sampel menunjukkan perlunya penelitian lebih lanjut untuk mengkonfirmasi temuan ini dalam konteks yang lebih luas.

Kata Kunci: Komunikasi Antar Neuron, Sistem Koordinasi, Pemahaman Mahasiswa, Fisiologi

ABSTRAK

This study aims to explore the understanding of science education students regarding the concept of interneuron communication as the basis of the physiology of the coordination system. Using a qualitative descriptive approach, this study successfully revealed variations in students' understanding, as well as providing insight into the relevance of the concept in the context of the coordination system. The findings indicate that although most students have a basic understanding of the structure and function of neurons, a deeper understanding of the mechanisms of synaptic communication, especially at the molecular and physiological levels, still varies. Students with a better understanding of synaptic communication tend to be better able to link neuronal communication processes to the functions of the coordination system. The implications of these findings are highly relevant to the teaching practice of science education, with suggestions for the development of more visual and interactive learning materials, the implementation of active learning strategies, an emphasis on conceptual relationships, and pedagogical training for prospective teachers. This study provides valuable insights, although the limited sample size suggests the need for further research to confirm these findings in a broader context.

Keywords: Inter-neuronal Communication, Coordination System, Student Understanding, Physiology.

© The Author(s). 2021 Open Access This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. To view a copy of this licence, visit <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>

PENDAHULUAN

Sistem koordinasi merupakan pondasi penting dalam fisiologi, yang memungkinkan makhluk hidup untuk merespons perubahan lingkungan dan mempertahankan proses homeostasis tubuh. Fungsi berbagai organ dan sistem dalam tubuh sangat bergantung pada komunikasi yang efektif antar sel dan di sinilah peran komunikasi antar neuron menjadi pusatnya. Neuron sebagai unit fungsional dasar dari sistem saraf, bertanggung jawab atas penerimaan, pemrosesan, dan transmisi informasi melalui sinyal elektrokimia (Purves et al., 2018). Pemahaman mendalam mengenai mekanisme komunikasi antar neuron bukan hanya penting dalam melakukan studi fisiologi, tetapi juga menjadi penting dalam memahami kompleksitas sistem koordinasi secara keseluruhan. Proses komunikasi antar neuron terjadi melalui sinapsis, sebuah celah mikroskopis di mana sinyal kimia (neurotransmitter) dilepaskan dari neuron presinaptik dan berikatan dengan reseptor pada neuron postsinaptik, menghasilkan respons listrik atau kimiawi (Lodish et al., 2016). Keragaman jenis neurotransmitter dan reseptor memungkinkan modulasi sinyal yang sangat kompleks, yang mendasari berbagai fungsi kognitif, motorik, dan sensorik (Kandel et al., 2013). Gangguan pada komunikasi sinaptik telah terbukti menjadi akar dari berbagai kondisi neurologis dan psikologis, menyoroti betapa vitalnya proses ini bagi fungsi normal tubuh (Siegelbaum & Hudspeth, 2020).

Dalam konteks pendidikan IPA, pemahaman konsep sistem koordinasi seringkali menjadi tantangan bagi mahasiswa. Kompleksitas struktur dan fungsi sistem saraf, termasuk mekanisme komunikasi antar neuron, memerlukan pemahaman yang mendalam. Penelitian eksplorasi yang mendalam mengenai dasar fisiologis komunikasi antar neuron dan kaitannya dengan konsep sistem koordinasi diharapkan dapat mengeksplorasi pemahaman mahasiswa secara signifikan. Dengan memahami prinsip-prinsip penting tersebut, mahasiswa akan lebih mampu memahami proses mikroskopis di tingkat sel dengan fenomena makroskopis dalam sistem koordinasi, seperti refleks, gerakan terarah, dan integrasi sensorik. Penelitian sebelumnya telah menjelaskan pentingnya pemahaman neurosains dalam pendidikan IPA khususnya Biologi. Penelitian yang dilakukan oleh (Smith et al., 2022) menunjukkan bahwa penggunaan analogi dan model visual dalam menjelaskan komunikasi sinaptik secara signifikan meningkatkan retensi konsep pada mahasiswa. Penelitiannya lainnya juga dilakukan oleh (Jones & Brown, 2023) mengeksplorasi miskonsepsi umum mahasiswa terkait mekanisme transmisi sinaptik dan menyarankan strategi pengajaran untuk mengatasi hal tersebut. Lebih lanjut lagi, penelitian yang dilakukan oleh (Garcia et al., 2024) dalam *Journal of Neuroscience Education* yang meneliti efektivitas penggunaan simulasi interaktif dalam mengajarkan prinsip-prinsip potensial aksi dan pelepasan neurotransmitter, menemukan bahwa pendekatan ini meningkatkan keterlibatan dan pemahaman mahasiswa.

Berdasarkan penelitian sebelumnya, penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi pemahaman mahasiswa mengenai komunikasi antar neuron sebagai dasar fisiologi sistem koordinasi. Melalui

eksplorasi pemahaman konseptual mahasiswa, penelitian ini juga diharapkan dapat memberikan wawasan mengenai tantangan pembelajaran yang dihadapi oleh calon guru IPA di sekolah. Dengan demikian, hasil penelitian ini diharapkan dapat berkontribusi pada pengembangan kurikulum dan mempersiapkan calon guru IPA yang nantinya dapat menanamkan pemahaman konsep yang efektif

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif untuk mengeksplorasi pemahaman mahasiswa Pendidikan IPA mengenai komunikasi antar neuron sebagai dasar fisiologi sistem koordinasi. Pendekatan kualitatif dipilih dengan tujuan untuk mendapatkan pemahaman yang mendalam dan komprehensif mengenai konsep yang dimiliki mahasiswa dan variasi pemahaman dalam interpretasi mereka. Metode deskriptif digunakan untuk menggambarkan secara sistematis dan faktual bagaimana pemahaman mahasiswa tanpa adanya manipulasi variabel lainnya.

Subjek dalam penelitian ini adalah mahasiswa sebagai responden yang saat ini aktif dalam program studi Pendidikan IPA angkatan 2024. Pengambilan sampel penelitian dilakukan dengan teknik *purposive sampling* berdasarkan kriteria mahasiswa yang sedang menempuh mata kuliah Biologi Dasar II pada materi system saraf. Jumlah mahasiswa yang diambil sebanyak 10 orang, yang dianggap cukup untuk mendapatkan variasi data yang memadai dalam konteks penelitian kualitatif (Creswell & Poth, 2018).

Teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah wawancara semi terstruktur dan observasi. Adapun hal tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Wawancara semi terstruktur

Wawancara mendalam dilakukan secara individual dengan partisipan menggunakan panduan wawancara yang telah disusun sebelumnya. Panduan ini berisi pertanyaan terbuka yang dirancang untuk menggali pemahaman mahasiswa mengenai struktur dan fungsi neuron, mekanisme komunikasi sinaptik termasuk peran neurotransmitter dan reseptor, serta bagaimana komunikasi antar neuron mendasari fungsi sistem koordinasi.

Rekaman wawancara akan ditranskripsikan secara verbatim menjadi teks. Selanjutnya data data transkripsi dan catatan selama pengumpulan data akan direduksi dengan memilih, memfokuskan, menyederhanakan, dan mengabstraksikan informasi yang relevan dengan fokus penelitian penulis. Dengan demikian diharapkan akan diperoleh informasi tentang sejauh mana pemahaman konsep yang dimaksud oleh peneliti

2. Observasi

Observasi dapat dilakukan selama sesi perkuliahan saat diskusi kelompok yang membahas topik sistem saraf dan komunikasi antar neuron. Selanjutnya melihat bagaimana interaksi selama proses

perkuliahan seperti pertanyaan yang diajukan serta respon atau jawaban yang diberikan. Hasil observasi ini yang nantinya akan digunakan sebagai data pendukung.

Selanjutnya data yang diperoleh akan dianalisis dengan menggunakan kategori tabel pemahaman Taksonomy Bloom untuk melihat sejauh mana pemahaman mahasiswa tentang konsep yang kuasai

Tabel 1. Kategori pemahaman

No.	Kategori Pemahamann	Deskripsi
1.	Faktual/Mengingat (Remembering)	Kemampuan untuk mengenali atau mengingat informasi, fakta, dan konsep dasar tanpa perlu memahami maknanya secara mendalam. Ini adalah tingkat pemahaman paling rendah.
2.	Konseptual/Memahami (Understanding)	Kemampuan untuk menginterpretasi, menjelaskan, meringkas, dan mengklasifikasikan informasi. Ini melibatkan pemahaman makna dari informasi yang diberikan.
3.	Prosedural/Mengaplikasikan (Applying)	Kemampuan untuk menggunakan prosedur atau menerapkan pengetahuan dalam situasi baru atau yang tidak dikenal. Ini melibatkan penggunaan konsep dalam konteks konkret.
4.	Analitis/Menganalisis (Analyzing)	Kemampuan untuk memecah informasi menjadi bagian-bagian komponen, mengidentifikasi hubungan antara bagian-bagian tersebut, dan menentukan bagaimana bagian-bagian tersebut terhubung dengan struktur atau tujuan keseluruhan.
5.	Sintesis/Mengevaluasi (Evaluating)	Kemampuan untuk membuat penilaian berdasarkan kriteria dan standar. Ini melibatkan kritik dan pembelaan suatu argumen atau ide.
6.	Kreatif/Mencipta (Creating)	Kemampuan untuk menyatukan elemen-elemen untuk membentuk keseluruhan yang koheren atau fungsional; menata ulang elemen-elemen ke dalam pola atau struktur baru. Ini adalah tingkat pemahaman tertinggi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian ini mengungkapkan variasi pemahaman mahasiswa mengenai konsep komunikasi antar neuron sebagai dasar fisiologi sistem koordinasi. Analisis data wawancara dan observasi menunjukkan beberapa poin terkait pemahaman konseptual, dan relevansi konsep dalam konteks sistem koordinasi.

Berikut adalah hasil data dari wawancara yang menggambarkan kategori pemahaman mahasiswa tentang konsep yang dikuasai

No.	Indikator Pertanyaan	Pertanyaan	Jawaban	Kategori Pemahaman
1.	Pemahaman Dasar Neuron	Menurut pemahaman Anda, apa itu neuron? Apa peran utama neuron dalam tubuh?	Neuron itu kayak kabel listrik, menyampaikan informasi ke seluruh tubuh	Faktual/Mengingat (Remembering)
2.	Mekanisme Komunikasi Sinaptik	Mengapa neurotransmitter itu penting dalam komunikasi antar neuron?	Di sinaps itu ada kayak zat kimia, namanya neurotransmitter, dia yang bawa pesan dari satu neuron ke neuron lain	Faktua/ (Remembering) Mengingat
3.	Relevansi dalam Sistem Koordinasi	Bagaimana mekanisme bertemunya antara neuro transmitter dengan sinaps dalam komunikasi antar neuron	Saya kurang yakin bagaimana persisnya zat kimia itu bisa bikin neuron selanjutnya bereaksi seperti itu. Kayaknya ada kayak kunci sama gembok seperti yang dijelaskan oleh dosen tadi begitu	Prosedural/Mengaplikasikan (Applying)
		Bagaimana komunikasi antar neuron berperan dalam merespon obat-obatan terlarang serta hubungannya dengan neurotranmitter	Saya masih bingung kenapa orang yang memakai obat-obatan bisa seperti orang yang mabuk, bagaimana hubungannya dengan neurotransmitter saya masih belum paham	Prosedural/Mengaplikasikan (Applying)

Pemahaman Dasar Neuron

Sebagian besar mahasiswa memiliki pemahaman dasar mengingat mengenai neuron sebagai sel saraf yang bertanggung jawab atas transmisi informasi dalam tubuh organisme. Mereka umumnya dapat menyebutkan bagian-bagian utama neuron seperti badan sel, dendrit, dan akson, serta fungsi dasar masing-masing. Namun, tingkat kedalaman pemahaman mengenai struktur internal akson (misalnya, peran myelin sheath dan nodus Ranvier) bervariasi. Beberapa baru mampu menjelaskan peran potensial

aksi dalam menghantarkan sinyal listrik di sepanjang akson, sementara yang lain memiliki pemahaman yang lebih umum tentang "impuls saraf".

Hasil penelitian (Puspita et.al., 2023) menjelaskan bahwa sebagian besar mahasiswa memiliki pemahaman dasar mengenai neuron sebagai unit fungsional system saraf. Namun, terdapat variasi signifikan dalam memahami detail struktur akson, terutama terkait peran selubung mielin dan nodus ranvier dalam konduksi impuls. Mahasiswa yang memiliki pemahaman lebih mendalam cenderung dapat menjelaskan mekanisme potensial aksi secara komprehensif, sementara yang lain masih terpaku pada terminologi 'impuls saraf' tanpa penjelasan detail.

Mekanisme Komunikasi Sinaptik

Pemahaman mengenai mekanisme komunikasi sinaptik menunjukkan keragaman yang lebih signifikan. Hampir semua mahasiswa menyadari bahwa komunikasi antar neuron terjadi melalui sinapsis dan melibatkan zat kimia. Namun istilah "neurotransmitter" masih belum familiar, namun beberapa contoh neurotransmitter seperti asetilkolin dan dopamine sudah dapat disebutkan oleh mahasiswa. Disisi lain pemahaman mendalam mengenai urutan langkah dalam transmisi sinaptik bervariasi. Beberapa mahasiswa sudah mampu menjelaskan secara rinci proses pelepasan neurotransmitter dari vesikel presinaptik, difusi melalui celah sinaptik, dan pengikatan pada reseptor postsinaptik. Namun masih ada beberapa mahasiswa masih memiliki pemahaman yang lebih umum dan kurang detail mengenai tahapan-tahapan tersebut.

Selain itu ada beberapa mahasiswa yang pemahamannya lebih dalam dapat menjelaskan proses depolarisasi secara rinci namun beberapa mahasiswa lain pemahamannya masih sederhana, hal ini sejalan dengan hasil penelitian Setiawan, B., & Cahyaningrum, R.P (2024) yang menjelaskan bahwa meskipun mahasiswa dari kedua program sudi mampu mengidentifikasi bagian-bagian neuron, pemahaman mengenai proses spesifik seperti peran potensial aksi dalam transmisi sinyal listrik sepanjang akson menunjukkan perbedaan yang jelas. Mahasiswa dengan pemahaman yang lebih tinggi dapat menjelaskan secara rinci tentang depolarisasi, repolarisasi dan peran ion, sementara yang lain hanya memiliki pemahaman umum tentang 'penghantaran sinyal'

Relevansi dalam Sistem Koordinasi

Sebagian besar mahasiswa memahami bahwa komunikasi antar neuron merupakan dasar penting bagi fungsi sistem koordinasi. Mereka dapat memberikan contoh sederhana seperti refleks sebagai hasil dari komunikasi cepat antar neuron sensorik dan motorik. Namun, pemahaman yang lebih mendalam mengenai bagaimana komunikasi sinaptik yang kompleks mendasari fungsi kognitif atau integrasi sensorik yang lebih tinggi masih terbatas pada beberapa mahasiswa yang dapat menjelaskan. Beberapa mahasiswa menyadari bahwa pentingnya pemahaman konsep ini bagi seorang calon guru IPA nantinya, terutama dalam menjelaskan bagaimana tubuh merespons rangsangan dan mengontrol berbagai fungsi.

Namun, tidak semua mahasiswa merasa yakin dengan kemampuan mereka untuk menjelaskan konsep ini kepada siswa dengan cara yang mudah dipahami dan menarik.

Hasil penelitian ini memberikan gambaran mengenai pemahaman mahasiswa Pendidikan IPA terhadap konsep komunikasi antar neuron sebagai fondasi fisiologis sistem koordinasi. Temuan menunjukkan adanya variasi pemahaman, dan pemahaman yang beragam mengenai relevansi konsep ini dalam konteks sistem koordinasi secara luas. Variasi pemahaman dasar mengenai struktur dan fungsi neuron mengindikasikan bahwa meskipun konsep ini diperkenalkan dalam kurikulum, tingkat internalisasi dan pemahaman mendalamnya berbeda-beda antar mahasiswa. Kemampuan sebagian mahasiswa dalam menjelaskan peran potensial aksi dan struktur akson yang lebih detail menunjukkan adanya pemahaman yang lebih kuat pada aspek komunikasi neuron. Sebaliknya, pemahaman yang lebih umum pada sebagian mahasiswa mengindikasikan perlunya penekanan lebih lanjut pada mekanisme dasar ini dalam proses pembelajaran.

Perbedaan yang lebih signifikan terlihat pada pemahaman mekanisme komunikasi sinaptik. Sementara pemahaman mendalam mengenai urutan peristiwa neurotransmitter dan interaksi molekuler di sinapsis bervariasi. Hal ini sejalan dengan penelitian (Smith et al., 2022) yang menjelaskan bahwa kompleksitas proses sinaptik seringkali menjadi tantangan bagi mahasiswa biologi. Ketidakmampuan sebagian mahasiswa dalam menjelaskan secara rinci pelepasan neurotransmitter, difusi, dan pengikatan reseptor mengindikasikan perlunya strategi pengajaran yang lebih visual dan interaktif untuk memfasilitasi pemahaman proses mikroskopis ini.

Pemahaman komunikasi antar neuron dan pemahaman sistem koordinasi menunjukkan bahwa fondasi pengetahuan tentang proses di tingkat seluler ini penting untuk memahami fungsi sistem yang lebih luas. Pemahaman yang terbatas mengenai peran komunikasi sinaptik dalam fungsi kognitif dan integrasi sensorik yang lebih tinggi mengindikasikan perlunya memperluas diskusi saat di dalam maupun di luar kelas untuk menghubungkan konsep sederhana dengan fenomena yang kompleks dan lebih luas.

Pentingnya pemahaman ini bagi calon guru IPA juga disadari oleh sebagian mahasiswa. Namun, kekhawatiran tentang kemampuan menjelaskan konsep ini kepada siswa nantinya menjadi hal yang sangat penting sehingga perlu membekali mahasiswa dengan pembelajaran yang efektif untuk menyederhanakan konsep yang kompleks tanpa kehilangan akurasi keilmiahannya. Penggunaan model, analogi, dan simulasi interaktif, seperti yang diteliti oleh (Garcia et al., 2024), kiranya dapat menjadi referensi pendekatan yang berharga dalam konteks ini.

KESIMPULAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi pemahaman mahasiswa Pendidikan IPA mengenai konsep komunikasi antar neuron sebagai dasar fisiologi sistem koordinasi. Melalui pendekatan deskriptif kualitatif, penelitian ini berhasil mengungkap variasi pemahaman, dan memberikan wawasan

mengenai pemahaman mahasiswa tentang relevansi konsep ini dalam konteks sistem koordinasi secara luas. Temuan penelitian menunjukkan bahwa meskipun sebagian besar mahasiswa memiliki pemahaman dasar mengenai struktur dan fungsi neuron, pemahaman yang lebih mendalam mengenai mekanisme komunikasi sinaptik, terutama pada tingkat molekuler dan biofisik, masih bervariasi.

Lebih lanjut, penelitian ini mendapatkan adanya variasi antara pemahaman komunikasi antar neuron dengan pemahaman sistem koordinasi. Mahasiswa yang memiliki pemahaman lebih baik tentang komunikasi sinaptik cenderung lebih mampu mengaitkan proses ini dengan fungsi-fungsi sistem koordinasi, meskipun pemahaman mendalam mengenai keterlibatan komunikasi neuron dalam fungsi kognitif yang lebih tinggi masih terbatas. Implikasi dari temuan ini sangat relevan bagi praktik pengajaran Pendidikan IPA. Pendekatan pembelajaran yang lebih menekankan pada penggunaan analogi yang tepat, dan cara menyampaikan yang baik diharapkan dapat meningkatkan pemahaman mahasiswa secara signifikan. Selain itu, menghubungkan konsep komunikasi antar neuron secara eksplisit dengan berbagai aspek sistem koordinasi dan membekali mahasiswa sebagai calon guru dengan keterampilan pedagogis yang efektif untuk mengajarkan konsep ini kepada siswa sekolah menengah menjadi sangat penting.

Meskipun penelitian ini memberikan wawasan yang penting, keterbatasan dalam ukuran sampel dan fokus pada satu institusi menunjukkan perlunya penelitian lebih lanjut untuk mengkonfirmasi temuan ini dalam konteks yang lebih luas. Penelitian selanjutnya juga dapat mengeksplorasi efektivitas berbagai keterampilan pedagogis dalam meningkatkan pemahaman konsep komunikasi antar neuron dan dampaknya terhadap pemahaman sistem koordinasi secara keseluruhan.

SARAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan penelitian ini, beberapa saran dapat diajukan:

1. Pengembangan materi pembelajaran tentang sistem saraf dan komunikasi antar neuron perlu dirancang dengan lebih visual dan interaktif, memanfaatkan animasi, simulasi, dan untuk memfasilitasi pemahaman proses mikroskopis.
2. Pembelajaran lebih aktif di mana dosen Pendidikan IPA disarankan sebaiknya untuk lebih sering menerapkan strategi pembelajaran aktif seperti diskusi kelompok, studi kasus, dan pemecahan masalah untuk mendorong keterlibatan mahasiswa.
3. Penekanan pada koneksi konseptual di mana pembelajaran tentang komunikasi antar neuron harus secara eksplisit dikaitkan dengan berbagai fungsi sistem koordinasi, memberikan contoh-contoh konkret dan relevan untuk menunjukkan aplikasi praktis konsep ini.
4. Pelatihan Pedagogis untuk mahasiswa sebagai calon guru di mana perlu memberikan pelatihan yang memadai kepada calon guru mengenai cara mengajarkan konsep-konsep neurosains yang kompleks kepada siswa sekolah menengah dengan cara yang efektif dan menarik.

5. Penelitian lanjutan dengan sampel yang lebih besar dan beragam, serta penelitian yang mengevaluasi efektivitas berbagai intervensi pedagogis, sangat diperlukan untuk memperdalam pemahaman kita tentang tantangan pembelajaran dalam materi ini

DAFTAR PUSTAKA

- Anderson, L. W., Krathwohl, D. R., Airasian, P. W., Cruikshank, K. A., Mayer, R. E., Pintrich, P. R., Raths, J., & Wittrock, M. C. (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*. New York: Longman.
- Armbruster, D. M., & Johnson, B. R. (2019). Student learning challenges in neurophysiology: A review of common misconceptions and effective pedagogical strategies. *Advances in Physiology Education*, 43(1), 1-10.
- Harris, D. L., & Johnson, B. R. (2022). Unpacking student understanding of neural circuits: A qualitative study. *CBE—Life Sciences Education*, 21(2), ar21.
- Garcia, L. M., et al. (2024). Interactive simulations enhance student understanding of action potentials and neurotransmitter release. *Journal of Neuroscience Education*
- Jones, R., & Brown, K. L. (2023). Common misconceptions in synaptic transmission and effective teaching strategies. *Biological Sciences Education*,
- Kandel, E. R., Dudai, Y., Squire, L. R., & Siegelbaum, S. A. (2013). *Principles of neural science* (5th ed.). McGraw-Hill.
- Lodish, H., Berk, A., Zipursky, S. L., Matsudaira, P., Baltimore, D., & Darnell, J. E. (2016). *Molecular cell biology* (8th ed.). W. H. Freeman and Company.
- Purves, D., Augustine, G. J., Fitzpatrick, D., Katz, L. C., LaMantia, A. S., McNamara, J. O., & Williams, S. M. (2018). *Neuroscience*: Sinauer Associates (6th ed.). Oxford University Press.
- Puspita, D. A., (2023). Analisis Pemahaman Konsep Saraf Pusat pada Mahasiswa Pendidikan Biologi, 7 (1), 45-56
- Setiawan, G., & Cagyaningrum, R.P. (2024). Studi Komparatif Pemahaman Mahasiswa Biologi dan Kedokteran tentang Neurotransmisi dan Potensial Aksi. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, 12 (12), 112-125
- Siegelbaum, S. A., & Hudspeth, A. J. (2020). *Principles of neural science* (6th ed.). McGraw-Hill.
- Smith, A. B., et al. (2022). The impact of analogies and visual models on student understanding of synaptic communication. *Science Educati*