

EFEKTIVITAS GROUP INVESTIGATION BERBANTU LABXCHANGE TERHADAP HASIL BELAJAR TRANSPOR MEMBRAN KELAS X1 SMA

Effectiveness of Group Investigation Assisted By LabXchange On Membrane Transport Learning Outcomes of Class X1 SMA

Fernanda Laily Rahmawati

Pendidikan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Surabaya

E-mail: fernandalaily.20032@mhs.unesa.ac.id

Muji Sri Prastiwi

Pendidikan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Surabaya

E-mail: mujiprastiwi@unesa.ac.id

Abstrak

Transpor membran merupakan salah satu pembelajaran biologi yang mengkaji pada tingkat seluler. Pembelajaran transpor membran membutuhkan strategi dan media yang tepat untuk mengajarkan konsep perpindahan molekul secara seluler. *Group Investigation* berbantu *LabXchange* merupakan kombinasi strategi pembelajaran berbasis penyelidikan secara berkelompok yang difasilitasi dengan visualisasi konsep melalui laboratorium virtual. Tujuan penelitian ini mengukur dan membuktikan sejauh mana keefektifan atau keberhasilan strategi *Group Investigation* berbantu *LabXchange* terhadap hasil belajar transpor membran. Tingkat efektivitas diukur berdasarkan peningkatan pemahaman konsep transpor membran, kemampuan kolaboratif, dan keterampilan motorik selama peserta didik melakukan simulasi berbasis *LabXchange*. Metode penelitian yang digunakan adalah *mixed method* dengan model *sequential explanatory* dan desain pendekatan kuantitatif *one group pretest posttest*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Strategi *Group Investigation* berbantu *LabXchange* memberikan pengaruh positif terhadap hasil belajar transpor membran pada ranah kognitif sebesar 82,9%, afektif 54,6%, dan psikomotorik 49,2%. Kesimpulan dari penelitian ini adalah strategi *Group Investigation* berbantu *LabXchange* efektif dalam meningkatkan hasil belajar transpor membran.

Kata Kunci: Keefektifan, *Group Investigation*, *LabXchange*, Hasil Belajar.

Abstract

Membrane transport is a biological study that studies at the cellular level. Learning membrane transport requires appropriate strategies and media to teach the concept of cellular movement of molecules. *Group Investigation* assisted by *LabXchange* is a combination of group investigation-based learning strategies facilitated by concept visualization through a virtual laboratory. The aim of this research is to measure and prove the extent of the effectiveness or success of the *Group Investigation* strategy assisted by *LabXchange* on membrane transport learning outcomes. The level of effectiveness was measured based on increased understanding of membrane transport concepts, collaborative abilities, and motor skills while students carry out *LabXchange*-based simulations. The research method used was a mixed method with a sequential explanatory model and a one group pretest posttest quantitative approach design. The research results showed that the *Group Investigation* Strategy assisted by *LabXchange* had a positive influence on membrane transport learning outcomes in the cognitive domain of 82.9%, affective 54.6%, and psychomotor 49.2%. The conclusion of this research is the *Group Investigation* strategy assisted by *LabXchange* is effective in improving membrane transport learning outcomes.

Keywords: Effectiveness, *Group Investigation*, *LabXchange*, Learning Outcomes.

PENDAHULUAN

Biologi merupakan salah satu cabang sains yang menuntut pemahaman konsep yang tinggi (Azizah & Alberida, 2021). Pembelajaran biologi menuntut peserta didik agar kompeten dalam sikap, pengetahuan, dan keterampilan (Agnafia, 2019). Muatan biologi tidak hanya berhubungan dengan segala fakta kejadian alam yang nyata, namun juga dengan segala objek abstrak

(Aisyiyah & Amrizal, 2020). Objek abstrak biologi memerlukan perantara visual sebagai jembatan pemahaman oleh peserta didik (Kottmeyer et al., 2020). Muatan tersebut cenderung memicu peserta didik melakukan pembelajaran dengan metode menghafal (Suryanti et al., 2019). Sementara itu, dalam mempelajari biologi tidak dilakukan dengan menghafal seluruh aspek materi, melainkan dibutuhkan suatu proses menemukan konsep sebagai bentuk konstruktivis bermakna peserta

didik (Azizah & Alberida, 2021; Ismail, 2023; Norhasanah, 2018).

Transpor membran merupakan salah satu topik biologi yang membutuhkan pemahaman konsep yang tinggi (Halpin & Gopalan, 2021). Transpor membran dianggap sebagai salah satu materi yang sulit karena tidak semua konsep dapat teramati secara langsung (Budiartini et al., 2016). Konsep tersebut mencakup sistematis proses pengangkutan zat, baik secara aktif maupun pasif pada tingkat seluler (Setiawati et al., 2017). Penelitian oleh Lestari & Susantini (2020) menunjukkan bahwa terdapat 54% kegagalan bioproses mengenai kesulitan peserta didik dalam memahami perbedaan difusi dan osmosis. Hal tersebut selaras dengan pendapat Subaktiar & Prastiwi (2024) bahwa tingginya tingkat ketidakpahaman terhadap materi transpor membran terjadi pada konsep perbedaan mekanisme difusi dan osmosis. Penelitian lain oleh Azqiya & Rahayu (2021) juga menyebutkan bahwa 61,67% peserta didik memiliki pemahaman konsep yang rendah terkait mekanisme transpor membran yang memicu rendahnya hasil belajar. Artinya, kesulitan pada pembelajaran transpor membran terletak pada kurangnya pemahaman peserta didik terkait mekanisme proses yang mendasari pengangkutan zat dan visualisasi pergerakan transpor.

Hasil dari wawancara oleh peneliti kepada 37 peserta didik secara acak pada 6 kelas berbeda terkait metode pembelajaran yang diterapkan selama kegiatan belajar transpor membran adalah metode mencatat. Jenis metode mencatat yang digunakan adalah teknik menyalin. Metode mencatat penting dilakukan untuk membantu peserta didik dalam mengingat kembali informasi yang disampaikan oleh guru, namun bukan sebagai hal utama dalam sistem belajar mengajar (Indrawati, 2014). Berdasarkan teori *Cone of Learning* oleh Edgar Dale menunjukkan bahwa daya ingat peserta didik terhadap tingkat pemahaman yang diperoleh selama belajar pada kegiatan membaca termasuk menyalin ulang materi hanya 10%, lebih kecil daripada kegiatan melakukan (Sari, 2019). Kegiatan melakukan merupakan implementasi dari pembelajaran aktif yang memberikan kesempatan peserta didik untuk melakukan aktivitas interaktif terkait topik pembelajaran, sehingga tercipta kesimpulan secara konstruktif oleh peserta didik (Imamah, 2021).

Proses pembelajaran secara konstruktif memberikan kebebasan terhadap peserta didik untuk membangun ilustrasi internal pengetahuan dalam interpretasi pengalaman pribadi melalui keterlibatan aktif pada konstruksi makna dan pengetahuan peserta didik

(Nurfatimah, 2019). Salah satu bentuk kegiatan konstruktif agar peserta didik dapat menemukan konsep atau gagasan secara mandiri adalah melalui kegiatan penyelidikan (Solichin, 2021). Konsep penyelidikan dalam teori belajar konstruktivisme terdapat dalam strategi *Group Investigation*. *Group Investigation* merupakan pembelajaran kooperatif yang berfokus terhadap pendalaman suatu topik melalui diskusi demokratis, berbagi observasi, dan kegiatan mendengarkan gagasan peserta didik lain dalam kelompok (Ebele & Abubakar, 2019).

Penerapan *Group Investigation* dapat mengembangkan pemahaman peserta didik melalui pengalaman belajar secara langsung (Anggis, 2020). Penelitian oleh Suryani (2020) menunjukkan bahwa penerapan *Group Investigation* dapat meningkatkan aktivitas dan hasil belajar secara klasikal sebesar 90%. Kemudian, penelitian oleh Arini et al (2020) juga menunjukkan pengaruh positif terhadap kompetensi kognitif peserta didik pada pembelajaran biologi sistem reproduksi manusia. Hal ini menunjukkan bahwa aktivitas interaktif *Group Investigation* dapat menunjang penemuan konsep sebagai bentuk konstruktivis bermakna peserta didik yang relevan terhadap hasil belajar. Namun penerapan strategi *Group Investigation* pada bidang biologi masih sangat terbatas, khususnya pada materi transpor membran. Proses penyelidikan pada materi transpor membran harus dapat memfasilitasi konsep seluler terkait transpor yang berlangsung, sehingga penerapan strategi *Group Investigation* pada materi transpor membran memerlukan media yang tepat sebagai fasilitas pada tahap penyelidikan yang dilakukan peserta didik.

Penerapan *Group Investigation* dipadukan dengan platform *LabXchange* untuk memfasilitasi visualisasi dan pengamatan virtual pada pembelajaran transpor membran. Penelitian oleh Rundgren & Tibell (2010) menunjukkan bahwa pentingnya bentuk visualisasi dalam pengajaran dan penelitian ilmu kehidupan molekuler, baik untuk menyampaikan informasi maupun sebagai alat konseptual yang membantu dalam memahami peristiwa dan proses yang dicakup oleh subjek. Pemilihan platform *LabXchange* didasarkan pada penelitian Nanto et al. (2021) bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara laboratorium virtual (yang diantaranya *LabXchange*) dengan laboratorium nyata. Selain itu menurut Falfushynska et al. (2022) *LabXchange* dalam praktiknya dapat membantu peserta didik dalam hal aktivitas pengajaran dan pembelajaran modern. Hal tersebut ditunjang oleh kelengkapan fitur *LabXchange* yang meliputi: fitur *text*, *question*, *videos*,

dan *simulation* yang membantu melengkapi kebutuhan teoritis dan praktikum peserta didik pada pembelajaran transpor membran (LabXchange, 2021). Oleh karena itu, berdasarkan pemaparan tersebut, maka perlu adanya penelitian lebih lanjut untuk membuktikan keefektifan penggunaan *Group Investigation* berbantu *LabXchange* dalam meningkatkan hasil belajar transpor membran.

METODE

Penelitian ini ialah penelitian eksperimen dengan metode campuran model *sequential explanatory* dan desain pendekatan kuantitatif *one group pretest posttest*. Penelitian dilaksanakan pada bulan April hingga Mei 2024 dengan total sampel uji sebanyak 37 peserta didik kelas XI.2 SMA Negeri 12 Surabaya.

Teknik pengumpulan data yang digunakan ialah instrumen tes, LKPD, observasi, dan angket wawancara yang telah melalui uji kevalidan oleh dua validator ahli. Hasil validasi dianalisis dengan pendekatan koefisien Aiken's V dan diinterpretasikan berdasarkan kriteria penentuan validitas isi (Tabel 1) (Pandora & Aswarliansyah, 2023).

Tabel 1. Interpretasi Skor Validitas

Nilai Validitas Isi	Interpretasi Hasil
$0,80 < V \leq 1,00$	Validitas tinggi
$0,60 < V \leq 0,80$	Validitas sedang
$0,00 < V \leq 0,40$	Validitas rendah

Hasil analisis validitas isi menunjukkan kategori validitas sedang hingga tinggi berdasarkan nilai koefisien V (Tabel 2)

Tabel 2. Validitas Isi Instrumen

Instrumen Penelitian	V	Interpretasi Validitas
Instrumen Tes	0,790	Sedang
LKPD	0,830	Tinggi
Instrumen Observasi	0,790	Sedang
Instrumen Wawancara	0,830	Tinggi

Berdasarkan tabel 2 menunjukkan nilai koefisien V pada hasil analisis validitas instrumen tes dan observasi 0,79 berada pada rentang 0,60 – 0,80 kategori sedang. Sementara validitas Instrumen LKPD dan Wawancara memiliki nilai koefisien V 0,83 dengan kategori tinggi.

Instrumen yang dinyatakan valid dapat digunakan dalam penelitian sebagai alat penghimpun data. Data yang telah dihimpun akan dianalisis berdasarkan uji beda *paired sample z test* (kognitif) dan *Wilcoxon* (afektif dan psikomotorik) untuk mengetahui perbedaan rerata hasil belajar sebelum dan sesudah mengalami perlakuan penerapan LKPD *Group Investigation* berbantu *LabXchange*. Analisis lanjutan dilakukan untuk mengetahui pengaruh LKPD *Group Investigation* berbantu *LabXchange* secara signifikan terhadap hasil

belajar transpor membran dengan uji regresi linier sederhana pada hasil belajar kognitif dan regresi logistik ordinal pada hasil belajar afektif dan psikomotorik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini mengukur mengenai efektivitas penerapan strategi *Group Investigation* berbantu *LabXchange* terhadap hasil belajar transpor membran pada ranah kognitif, afektif, dan psikomotorik. Hasil penelitian menunjukkan adanya perubahan hasil belajar ranah kognitif yang dibuktikan berdasarkan uji beda *paired sample z test* (Tabel 3).

Tabel 3. Uji Beda Kognitif

	Pretes	Postes
Rerata	25,472	78,250
Nilai Varian	7231349	4716429
Observasi	36	36
Hipotesis	0	
z hitung	-0,091	
P(Z<=z) satu arah	0,463	
z tabel satu arah	1,644	
P(Z<=z) dua arah	0,927	
z tabel dua arah	1,959	

Rerata nilai pretes dari 25,472 menjadi 78,250 pada rerata nilai postes menunjukkan peningkatan rerata sebesar 52,778. Peningkatan tersebut diperkuat dengan nilai -z tabel > z hitung yakni $-1,959 > -0,091$ bahwa terdapat perbedaan rerata nilai sebelum dan sesudah penerapan strategi *Group Investigation* berbantu *LabXchange*. Selaras dengan itu, hasil uji regresi menunjukkan nilai yang signifikan pada penerapan strategi *Group Investigation* berbantu *LabXchange* terhadap hasil belajar kognitif (Tabel 4).

Tabel 4 Pengaruh LKPD terhadap Hasil Belajar Kognitif

Model	Koefisien Determinasi	Kesesuaian Koefisien	Estimasi Standar Error	Nilai Sig.
1	0,829	0,824	2,384	0,000

Hasil uji regresi menunjukkan nilai signifikansi $0,000 < 0,05$ bahwa terdapat pengaruh yang positif terhadap penerapan strategi *Group Investigation* berbantu *LabXchange* sebesar 82,9%.

Peningkatan dan pengaruh penerapan strategi *Group Investigation* berbantu *LabXchange* terhadap hasil belajar kognitif ditunjang oleh aktivitas yang diintegrasikan pada LKPD. Keseluruhan peserta didik dapat menganalisis jenis transpor membran berdasarkan ilustrasi pembuatan manisan dan bentuk pertahanan keseimbangan ikan air asin pada kegiatan menentukan topik. Peserta didik juga dapat menganalisis mekanisme

transpor membran beserta dengan faktor penyebab terjadinya perpindahan molekul pada tahap penyelidikan. Sepanjang proses penyelidikan, peserta didik dapat melihat pergerakan molekul saat transpor zat berlangsung melalui kegiatan interaktif yang diintegrasikan berdasarkan kehidupan sehari-hari seperti menyemprotkan parfum, membuat minuman sirup, dan kontrol kekebalan tubuh oleh sistem imun makhluk hidup. Bentuk visualisasi tersebut dalam pengajaran dan penelitian ilmu kehidupan seluler bersifat penting baik untuk menyampaikan informasi maupun sebagai alat konseptual yang membantu dalam memahami peristiwa dan proses yang dicakup oleh subjek (Rundgren & Tibell, 2010). Visualisasi baik dalam bentuk gambar dua dimensi dan tiga dimensi, diagram, animasi, serta teks membantu merepresentasikan hal abstrak dalam objek biologi untuk memudahkan peserta didik memahami konsep (Juanengsih et al., 2021).

Pada hasil belajar ranah afektif diketahui perbedaan nilai kolaboratif peserta didik pada pertemuan pertama dan pertemuan kedua perlakuan strategi *Group Investigation* berbantu *LabXchange* yang dibuktikan melalui uji *Wilcoxon* (Tabel 5).

Tabel 5. Uji Beda Afektif

	P1-P2
Z	-2,972 ^b
Signifikansi	0,003

Keterangan

P : Pertemuan

Tabel 5 menunjukkan hasil signifikan $0,003 < 0,05$ bahwa terdapat perbedaan nilai kolaboratif peserta didik pada pertemuan pertama dan pertemuan kedua perlakuan strategi *Group Investigation* berbantu *LabXchange*. Selaras dengan itu, hasil uji regresi juga menunjukkan nilai yang signifikan pada penerapan strategi *Group Investigation* berbantu *LabXchange* terhadap hasil belajar afektif transpor membran (Tabel 6).

Tabel 6. Pengaruh LKPD terhadap Hasil Belajar Afektif

<i>Cox and Snell</i>	0,376
<i>Nagelkerke</i>	0,546
<i>McFadden</i>	0,404

Pengaruh strategi *Group Investigation* berbantu *LabXchange* terhadap hasil belajar afektif transpor membran adalah sebesar 54,6%. Peningkatan dan pengaruh tersebut ditunjang oleh aktivitas diskusi aktif yang dilakukan peserta didik selama melakukan pembelajaran dengan strategi *Group Investigation* berbantu *LabXchange*. Keseluruhan peserta didik secara aktif melakukan diskusi pada kegiatan penyusunan

laporan dan kegiatan tanya jawab setelah sesi pemaparan hasil. Pada akhir kegiatan penyelidikan peserta didik secara aktif menyumbangkan ide dan informasi terkait beberapa contoh mengenai peristiwa transpor membran yang diintegrasikan pada kegiatan evaluasi pembelajaran. Aktivitas diskusi tersebut menstimulasi setiap peserta didik dalam kelompok untuk menyumbangkan ide secara aktif sehingga kegiatan belajar menjadi lebih efektif dan interaktif (Arum et al., 2015; Widyanto, 2017).

Pada hasil belajar ranah psikomotorik diketahui perbedaan nilai keterampilan motorik peserta didik pada pertemuan pertama dan pertemuan kedua perlakuan strategi *Group Investigation* berbantu *LabXchange* yang dibuktikan melalui uji *Wilcoxon* (Tabel 7).

Tabel 7. Uji Beda Psikomotorik

	P1-P2
Z	-2,236 ^b
Signifikansi	0,025

Keterangan

P : Pertemuan

Hasil uji *Wilcoxon* menunjukkan nilai yang signifikan $0,025 < 0,05$ bahwa terdapat perbedaan rerata nilai keterampilan motorik peserta didik pada pertemuan pertama dan pertemuan kedua. Selaras dengan itu, hasil uji regresi juga menunjukkan nilai yang signifikan pada penerapan strategi *Group Investigation* berbantu *LabXchange* terhadap hasil belajar psikomotorik transpor membran (Tabel 8).

Tabel 8. Pengaruh LKPD terhadap Hasil Belajar Psikomotorik

<i>Cox and Snell</i>	0,357
<i>Nagelkerke</i>	0,492
<i>McFadden</i>	0,341

Pengaruh strategi *Group Investigation* berbantu *LabXchange* terhadap hasil belajar psikomotorik transpor membran adalah sebesar 49,2%. Peningkatan dan pengaruh tersebut ditunjang oleh aktivitas penyelidikan berbasis simulasi aktif peserta didik yang difasilitasi oleh platform *LabXchange*. Peserta didik terampil dalam melakukan perencanaan tugas dengan membuat pertanyaan penyelidikan terkait topik transpor membran. Pada kegiatan melakukan investigasi peserta didik juga mampu dalam melakukan manipulasi terkait faktor yang mempengaruhi terjadinya transpor membran. Faktor tersebut meliputi: Kekentalan pelarut, suhu, massa zat terlarut, besar permukaan zat terlarut, dan tonisitas.

Bentuk penyelidikan dan simulasi yang dilakukan peserta didik selama melakukan pembelajaran transpor membran berbasis *LabXchange* mampu memberikan

gambaran dan pengenalan peserta didik terhadap kondisi dan suasana pada laboratorium basah, sehingga memberikan pengalaman interaktif dalam mengamati dan memanipulasi objek sistem yang dihasilkan (Ramadhani et al., 2021). Selain itu penerapan virtual laboratorium juga dapat mengurangi kesalahan dan resiko kecelakaan kerja saat praktikum karena memberikan pelatihan dan pengenalan lingkungan kerja laboratorium basah (Maksum & Saragih, 2020)

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan penelitian menunjukkan bahwa strategi *Group Investigation* berbantu *LabXchange* berpengaruh dalam meningkatkan hasil belajar transpor membran pada ranah kognitif sebesar 82,9%, afektif 54,6%, dan psikomotorik 49,2%. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa strategi *Group Investigation* berbantu *LabXchange* efektif dalam meningkatkan hasil belajar transpor membran.

Saran

Strategi *Group Investigation* berbantu *LabXchange* dapat dijadikan sebagai referensi strategi pembelajaran pada mata pelajaran biologi. Dalam merancang pembelajaran berbasis kelompok, sebaiknya guru/tutor dapat mengkondisikan peserta didik untuk turut aktif dan disiplin pada kegiatan diskusi pembelajaran berkelompok. Selain itu, untuk menunjang keterampilan motorik yang baik dalam kegiatan praktikum atau simulasi biologi, sebaiknya pemanfaatan laboratorium virtual *LabXchange* dikombinasikan dengan pemanfaatan laboratorium nyata atau basah.

DAFTAR PUSTAKA

- Agnafia, D. N. 2019. Analisis Kemampuan Berpikir Kritis Siswa dalam Pembelajaran Biologi. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 6(1), 45–53. <https://www.infodesign.org.br/infodesign/article/view/355%0Ahttp://www.abergo.org.br/revista/index.php/ae/article/view/731%0Ahttp://www.abergo.org.br/revista/index.php/ae/article/view/269%0Ahttp://www.abergo.org.br/revista/index.php/ae/article/view/106%0A>
- Aisyiyah, A. T. P., & Amrizal, A. 2020. Penerapan Pendekatan Saintifik (*Scientific Approach*) dalam Pembelajaran Biologi SMA. *Jurnal Pelita Pendidikan*, 8(4), 215–223. <https://doi.org/10.24114/jpp.v8i4.20856>
- Anggis, E. V. 2020. Model *Group Investigation* untuk Mengembangkan Minat Belajar Siswa SMP. *Journal Of Biology Education*, 2(1), 56. <https://doi.org/10.21580/Bioedu.V2i1.5999>
- Arini, Lutfi., Sumarmin, R., & Syamsurizal. 2020. *Effect of Cooperative Learning Model Type of Group Investigation and Entry Behavior on Students' Biology Cognitive Competence in Senior High School (SMAN 5) Padang*. 10(Icobiose 2019), 136–141. <https://doi.org/10.2991/absr.k.200807.030>
- Arum, P., & Soetarno, J. K. 2015. Penerapan Model Pembelajaran *Group Investigation* (GI) dengan *Mind Mapping* untuk Meningkatkan Prestasi Belajar Ekonomi Siswa SMA Negeri 5 Surakarta Tahun Ajaran 2014/2015. *Jurnal Pendidikan Bisnis dan Ekonomi* [Preprint].
- Azizah, N., & Alberida, H. 2021. Seperti Apa Permasalahan Pembelajaran Biologi pada Siswa SMA? *Journal for Lesson and Learning Studies*, 4(3), 388–395. <https://doi.org/10.23887/jlls.v4i3.38073>
- Azqiya, T. T., & Rahayu, Y. S. 2021. *Misconception Profile Of 11Th Grade High School Students on Membrane Transport Using Three Tier Diagnostic Tests*. *Berkala Ilmiah Pendidikan Biologi (Bioedu)*. <https://doi.org/10.26740/Bioedu.V11n1.P21-27>
- Budiartini, M., Yuliani, & Lisdiana, L. 2016. Validitas Kartu Permainan *Tic-Tac-Toe* Berorientasi *Active Learning* Strategi Mengajukan Pertanyaan pada Sub Materi Transpor Membran. *Berkala Ilmiah Pendidikan Biologi (Bioedu)*, 5(2), 110–114.
- Ebele, F. U., & Abubakar, Z. 2019. *Effects of Group Investigation Strategy on Secondary School Students' Academic Achievement in Biology in Kwali Educational Zone Of FCT-Abuja*. *International Journal of Innovative Research and Development*, 8(12), 113–119. <https://doi.org/10.24940/Ijird/2019/V8/I12/Dec19060>
- Falfushynska, H. I., Buyak, B. B., Torbin, G. M., Tereshchuk, G. V., Kasianchuk, M. M., & Karpiński, M. 2022. *Enhancing Digital and Professional Competences Via Implementation of Virtual Laboratories for Future Physical Therapists and Rehabilitologist*. *CEUR Workshop Proceedings*. <https://doi.org/10.55056/Cte.125>
- Halpin, P. A., & Gopalan, C. 2021. *Teaching Membrane Transport Concepts Using Flipped Teaching and Dramatizations*. *American Biology Teacher*, 83(5), 337–340. <https://doi.org/10.1525/abt.2021.83.5.337>
- Imamah, Y. H. 2021. Strategi Pembelajaran Aktif dalam Meningkatkan Prestasi Belajar Bahasa Indonesia. *Jurnal Muhtadiin* 7(1), 175–184.

- Indrawati, K. R., & Dewi, I. A.G.B.P. 2014. Perilaku Mencatat dan Kemampuan Memori pada Proses Belajar. *Jurnal Psikologi Udayana*, 1(2), 241–250.
- Ismail, S. A. 2023. Keterampilan Proses Sains Panduan Praktis untuk Melatih Kemampuan Berfikir Tingkat Tinggi. In *Eureka Media Aksara*, 6(11) <https://Medium.Com/@Arifwicaksanaa/Pengertian-Use-Case-A7e576e1b6bf>
- Juanengsih, N., Rahmat, A., Wulan, A. Ratna, & Rahman, T. 2021. Representasi Mental Mahasiswa dalam Membaca Gambar Struktur Membran Sel Setelah Perkuliahan Biologi Sel dengan Pendekatan Vark. *Jurnal Inovasi Pembelajaran Biologi*, 2(1), 9–18. <https://doi.org/10.26740/jipb.v2n1.p9-18>
- Kottmeyer, A. M., Meter, P. Van, & Cameron, C. 2020. *How We Teach: Generalizable Education Research: Diagram Comprehension Ability of College Students in An Introductory Biology Course. Advances in Physiology Education*, 44(2), 169–180. <https://doi.org/10.1152/ADVAN.00146.2018>
- LabXchange. 2021. *Introduction to Diffusion and Osmosis*. Diakses pada 25 Desember 2023, https://www.labxchange.org/library/items/lb:LabXchange:e701cb0d:lx_image:1.
- Lestari, A., & Susantini, E. 2020. Pengembangan Instrumen Tes Miskonsepsi Menggunakan *Four-Tier Test* pada Materi Transpor Membran. *Berkala Ilmiah Pendidikan Biologi* (Bioedu). <https://doi.org/10.26740/Bioedu.V9n3.P371-377>
- Maksum, A.H., & Saragih, Y. 2020. Analisis Penerapan Virtual Laboratorium Versus *Reality* Laboratorium. *Jurnal TIARSIE*, 17(2), p. 47. Available at: <https://doi.org/10.32816/tiarsie.v17i2.72>.
- Nanto, D., Agustina, R. D., Ramadhanti, I., Putra, R. P., & Mulhayati, D. 2021. *The Usefulness of Labxchange Virtual Lab and Phyphox Real Lab on Pendulum Student Practicum During Pandemic. Journal of Physics: Conference Series*, 2157(2022), 1–8. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2157/1/012047>
- Norhasanah. 2018. Kemampuan Berpikir Kritis Siswa SMA dalam Pembelajaran Biologi. *Jurnal Pembelajaran Biologi*, 5(1), 105.
- Nurfatimah, S. &. 2019. Implementasi Teori Belajar Konstruktivisme dalam Humanika, *Kajian Ilmiah Mata Kuliah Umum*, 19(September), 121–138.
- Pandra, V., & Aswarliansyah. 2023. Validitas Isi Instrumen Tes Matematika Siswa Kelas VII SMP Semester Ganjil. *Jurnal Pendidikan Matematika Judika Education*, 5(2), pp. 120-128.
- Ramadhani, P., Farma, S. A., Fuadiyah, S., & Yogica, R. 2021. Laboratorium Virtual sebagai Langkah Memaksimalkan Skill Keterampilan Siswa, *Prosiding Seminar Nasional Biologi*, 1(1), pp. 791–798.
- Rundgren, C. J., & Tibell, L. A. E. 2010. *Critical Features of Visualizations of Transport Through the Cell Membrane an Empirical Study of Upper Secondary and Tertiary Students' Meaning Making of a Still Image and an Animation. International Journal of Science and Mathematics Education*, 8(2), 223–246. <https://doi.org/10.1007/S10763-009-9171-1>
- Sari, P. 2019. Analisis terhadap Kerucut Pengalaman Edgar Dale dan Keragaman Gaya Belajar untuk Memilih Media. *Jurnal Manajemen Pendidikan*, 1(1), 43–57. <https://media.neliti.com/media/publications/358528-Analysis-Terhadap-Kerucut-Pengalaman-Edg-Da81b6a2.Pdf>
- Setiawati, M., Retnoningsih, A., & Irsadi, A. 2017. Efektifitas Praktikum Berbasis *Guided Inquiry* diintegrasikan dengan Video Transfer Membran terhadap Keterampilan Proses Sains (KPS) dan Pemahaman Konsep Siswa. *Journal Of Biology Education*, 6(1), 45–55.
- Solichin, M. M. 2021. Paradigma Konstruktivisme dalam Belajar dan Pembelajaran. <http://sc.syekhnurjati.ac.id/esscamp/risetmhs/BA/B214156310013.Pdf>
- Subaktiar, M. A., & Prastiwi, M. S. (2024). Pengembangan *E-Book* Interaktif untuk Mengurangi Miskonsepsi pada Materi Transpor Membran. *Berkala Ilmiah Pendidikan Biologi (Bioedu)*, 13(2), 296-305.
- Suryani, F. (2020). Peningkatan Aktivitas dan Hasil Belajar Biologi Melalui *Group Investigation. Paedagogie*, 15(2), 41–48. <https://doi.org/10.31603/Paedagogie.V15i2.4169>
- Suryanti, E., Fitriani, A., Redjeki, S., & Riandi, R. (2019). Persepsi Mahasiswa terhadap Penggunaan Virtual Laboratory dalam Pembelajaran Biologi Molekuler. *Journal of Natural Science and Integration*. <https://doi.org/10.24014/jnsi.v2i2.7884>
- Widyanto, P. 2017. Penerapan Metode Pembelajaran *Group Investigation* Berbantuan Media *Flanelgraf* Untuk Meningkatkan Minat dan Hasil Belajar Siswa pada Mata Pelajaran IPA (Studi Kelas IV SDN Jetak 01, Kecamatan Getasan, Kabupaten Semarang), *Jurnal Pendidikan Dasar Nusantara*, 3(1), pp. 118–129. Available at: <https://ojs.unpkediri.ac.id/index.php/pgsd/article/view/708/572>