

Filsafat Sains dan Inkuiri Sebagai Pendekatan dalam Membelajarkan Konsep Kekekalan Massa Lavoisier's Law

Desi Aryanti Nabuasa¹, Nahadi², Mellyzar³

^{1,2}Program Studi Doktor Pendidikan IPA, Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung, Indonesia

³Program Studi Pendidikan Kimia, Universitas Malikussaleh, Lhokseumawe, Indonesia

E-mail: desinabuasa19@upi.edu¹, nahadi@upi.ac.id², mellyzar@upi.edu³



This is an open-access article under the [CC BY-SA](#) license.

Copyright © XXXX by Author. Published by Universitas Pendidikan Ganesha.

Diterima: 11-05-2024

Direview: 11-05-2024

Publikasi: 30-09-2024

Abstrak

Suatu proses belajar sains tidak terlepas dari hakikat sains yang mencakup pengetahuan tentang metode (epistemologi), proses pembentukan sains (ontologi), serta nilai dan keyakinan yang menopang perkembangan sains (aksiologi). Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji dan menjelaskan hukum kekekalan massa Lavoisier (Lavoisier Law) melalui pendekatan epistemologi, ontologi, dan aksiologi. Penelitian ini menggunakan metode kualitatif deskriptif, dengan analisis dokumen yang melibatkan pengumpulan, analisis, dan interpretasi data nonangka dari berbagai artikel yang dipublikasikan di jurnal nasional maupun internasional. Hasil dari penelitian ini adalah kajian ontologi pada hukum kekekalan massa Lavoisier dapat dilihat pada contoh fakta eksperimen Lavoisier. Kajian epistemologi hukum Lavoisier, dapat dijelaskan tentang bagaimana Antoine Lavoisier menemukan hukum Lavoisier dan bagaimana hukum tersebut dapat dinilai keabsahannya. Kajian aksiologi hukum Lavoisier dimaknai sebagai sebuah ilmu yang mengkaji tentang bagaimana hukum Lavoisier digunakan atau dimanfaatkan dan keterkaitannya dengan moral dan etika. Konsep tentang hukum kekekalan massa Lavoisier dapat dibelajarkan menggunakan pendekatan inkuiri level real world applications dengan melibatkan aktivitas seperti melakukan simulasi reaksi kimia, proyek desain produk, dan analisis kasus nyata. Level *real world applications* dapat membantu siswa dalam meningkatkan keterampilan mengumpulkan data dan menafsirkan data berdasarkan percobaan, membuat perkiraan, dan membangun argumen yang logis berdasarkan bukti ilmiah, membuat, dan mempertahankan keputusan berdasarkan bukti yang diperoleh.

Kata Kunci: filsafat; inkuiri; real world applications; hukum Lavoisier

Abstract

The process of learning science is inseparable from the nature of science, which includes knowledge about methods (epistemology), the process of science formation (ontology), and the values and beliefs supporting the development of science (axiology). This study aims to examine and explain Lavoisier's law of conservation of mass (Lavoisier Law) through the lenses of epistemology, ontology, and axiology. The research employs a descriptive qualitative method, with document analysis involving the collection, analysis, and interpretation of non-numerical data from various articles published in both national and international journals. The results of this study reveal that the ontological analysis of Lavoisier's law of conservation of mass can be observed through Lavoisier's experimental facts. The epistemological analysis of Lavoisier's law explains how Antoine Lavoisier discovered the law and how its validity can be assessed. The axiological analysis of Lavoisier's law is understood as a study of how the law is applied or utilized and its connection to moral and ethical considerations. The concept of Lavoisier's law of conservation of mass can be taught using a real-world applications inquiry approach, involving activities such as conducting chemical reaction simulations, product design projects, and real-world case analyses. The real-world applications level can help students improve their skills in data collection and interpretation based on experiments, making predictions, and constructing logical arguments based on scientific evidence, as well as making and justifying decisions based on the obtained evidence.

Keywords: philosophy; inquiry; real world applications; Lavoisier Law

1. Pendahuluan

Filsafat secara umum merupakan sebuah proses mempertanyakan dan mencari penyebab terjadinya segala sesuatu yang telah ada (Cellucci, 2014). Berdasarkan sejarah perkembangan manusia, filsafat telah berperan penting dalam membebaskan manusia dari pola pikir yang tidak teratur. Filsafat membantu manusia dalam mengembangkan pola pikir yang holistik, kritis, analitis, dan logis (Rombout et al., 2022). Filsafat ilmu sendiri memiliki obyek material berupa pengetahuan ilmiah (*scientific knowledge*) dan obyek formal yang mencakup masalah-masalah mendasar dalam ilmu pengetahuan (Psillos, 2012). Masalah mendasar ini meliputi hakikat ilmu (*nature of science*), metode ilmiah (*scientific method*), kebenaran ilmiah (*scientific truth*), penalaran ilmiah (*scientific reasoning*), eksplanasi ilmiah (*scientific explanation*), teori ilmiah (*scientific theory*), revolusi ilmiah (*scientific revolution*), dan teori-teori ilmiah lainnya (Woodcock, 2014). Esensi dari sains adalah kumpulan pengetahuan yang terorganisasi secara sistematis tentang alam fisik, yang diperoleh melalui observasi dan eksperimen terhadap fenomena alam (Kersting et al., 2021). Sains dapat didefinisikan sebagai metode khusus untuk mengumpulkan pengetahuan tentang alam yang didasarkan pada observasi dan eksperimentasi (Mesci et al., 2023) karena pengetahuan tentang alam yang tidak didasarkan pada bukti empiris tidak termasuk dalam sains (Till et al., 2022). Penggalian pengetahuan membutuhkan standar ilmiah untuk menentukan kebenaran pengetahuan karena pengetahuan dapat berupa fakta yang dapat dibuktikan (Cooper, 2023).

Keberanian ilmiah harus memenuhi tiga kriteria utama, yaitu korespondensi (kesesuaian), koherensi (kekonsistenan), dan pragmatisme (fungsi dan praktik). Keberanian ini mencakup pengetahuan, prosedur untuk menggalang pengetahuan secara ilmiah (*scientific knowledge*) serta hasil yang dapat dikonfirmasi kebenarannya (Kaspers, 2023). Hal ini sejalan dengan pengetahuan tentang sains. Sains bermula dengan gejala alam, diikuti oleh rasa ingin tahu manusia, dan keinginan untuk mengamati dan mempelajari hingga menemukan penjelasan melalui proses penyelidikan (Robbia & Fuadi, 2020). Suatu proses belajar sains tidak terlepas dari hakikat sains (*nature of science*), yang terdiri atas tiga domain penting, yaitu sikap, proses atau metode, dan produk (Kostøl et al., 2023). Hakikat sains dalam pembelajaran adalah bagian yang penting karena menggambarkan sains yang sebenarnya, cara kerjanya, dan hubungannya dengan masyarakat (Goren & Kaya, 2023). Rekomendasi untuk meningkatkan konsep hakikat sains pada konteks pembelajaran kimia di kelas dapat menekankan penggunaan inkuiri dalam pengajaran (Schwartz et al., 2004). Upaya tersebut dapat menggunakan pendekatan filosofis untuk menjelaskan mengenai kebenaran sebuah teori-teori dalam ilmu kimia modern. Peran teori tersebut dalam menghasilkan produk dan bagaimana proses menghasilkan produk untuk kebermanfaatan hidup manusia. Salah satu contoh adalah mendeskripsikan hukum kekekalan massa Lavoisier (*Lavoisier Law*). Pendekatan filosofis digunakan untuk menjelaskan bagaimana hukum tersebut dimunculkan. Apa yang dilakukan sehingga hukum tersebut ada dan bagaimana hukum tersebut memberikan kebermanfaatan dalam kehidupan manusia. Pendekatan inkuiri dapat digunakan selama pembelajaran di kelas maupun praktik untuk membelajarkan hukum Lavoisier (Khishfe, 2023). Berdasarkan uraian tersebut, maka perlu pemahaman yang jelas tentang filsafat ilmu dan hakikat sains sebagai sebuah pendekatan untuk mengkaji secara ontologi, epistemologi, dan aksiologi pada konsep hukum kekekalan massa Lavoisier serta penerapannya dalam pembelajaran kimia.

2. Metode

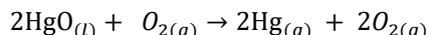
Penelitian ini dilakukan dengan metode kualitatif deskriptif yang melibatkan analisis dokumen yang melibatkan pengumpulan, analisis, dan interpretasi data nonangka dari berbagai artikel yang diterbitkan dari jurnal nasional maupun internasional. Pendekatan ini bertujuan mendeskripsikan dan memahami fenomena tertentu dengan mendalam melalui eksplorasi dokumen yang relevan. Prosedur meliputi identifikasi dokumen yang relevan, ekstraksi informasi kualitatif, dan penyusunan temuan yang menggambarkan karakteristik, konteks, atau pola yang terungkap dari dokumen tersebut (Waruwu, 2023). Fenomena yang diuraikan dari hasil analisis dokumen adalah konsep hukum kekekalan massa Lavoisier yang dapat dibelajarkan menggunakan pendekatan inkuiri. Secara aksiologi, pendekatan inkuiri dapat membantu siswa mengembangkan nilai-nilai seperti keingintahuan, kerjasama, dan keberanian dalam mengeksplorasi dan memahami konsep ilmiah. Segi ontologi, konsep kekekalan massa Lavoisier dapat dipelajari melalui inkuiri dengan memungkinkan siswa untuk mengamati, mengeksperimen, dan mendiskusikan fenomena yang terjadi dan dalam perspektif

epistemologi, pendekatan inkuiri memungkinkan siswa untuk membangun pengetahuan mereka sendiri melalui pengalaman langsung, observasi, dan eksperimen. Dengan demikian, siswa tidak hanya menerima informasi, tetapi juga terlibat aktif dalam proses konstruksi pengetahuan mereka sendiri. Konsep kekekalan massa Lavoisier dapat diajarkan melalui pendekatan inkuiri dengan memberikan kesempatan bagi siswa untuk menjelajahi, memahami, dan mengonstruksi pengetahuan mereka sendiri tentang hukum kekekalan massa melalui pengalaman praktis dan refleksi.

3. Hasil dan Pembahasan

a. Sekilas Sejarah tentang Hukum Kekekalan Massa Lavoisier

Hukum kekekalan massa ditemukan pada tahun 1789 oleh ilmuwan Perancis Antoine Lavoisier. Lavoisier melakukan eksperimen dengan memanaskan raksa (Hg) dalam suatu wadah, ternyata dihasilkan zat berwarna merah dengan massa yang lebih besar daripada massa raksa sebelum dipanaskan. Pemanasan yang lebih kuat pada zat berwarna merah tersebut menghasilkan raksa kembali dengan massa seperti semula. Temuan ini mendorong Lavoisier untuk melakukan percobaan pemanasan raksa dalam labu tertutup yang berisi udara. Setelah beberapa hari, muncul zat berwarna merah tersebut, sedangkan massa udara yang tersisa berkurang. Berkurangnya massa udara sama persis dengan selisih massa raksa sebelum dipanaskan dan setelah dipanaskan. Percobaan hukum Lavoisier adalah percobaan dengan memanaskan merkuri oksida (HgO) untuk menghasilkan merkuri dan gas oksigen menurut reaksi atau persamaan Lavoisier berikut ini :



Berdasarkan percobaan di atas, Lavoisier menemukan bahwa massa zat-zat dari sebuah sistem tertutup sebelum reaksi akan sama dengan massa zat hasil reaksi, sehingga ini disebut sebagai hukum massa Lavoisier.

b. Kajian Filsafat pada Hukum Kekekalan Massa Lavoisier

1) Dasar Ontologi

Ontologi adalah cabang filsafat yang membahas tentang objek material dari ilmu pengetahuan, yaitu realitas dari objek yang ingin dikaji (Nurasa et al., 2022). Pada konteks hukum kekekalan massa Lavoisier, kajian ontologi dapat dilihat dari contoh-contoh nyata yang terkait dengan hukum tersebut, seperti proses pembakaran kayu. Ketika kayu dibakar, kayu menghasilkan energi panas, melepaskan asap, dan meninggalkan abu. Massa kayu sebelum dibakar akan sama dengan jumlah massa abu dan asap yang dihasilkan. Kayu hanya berubah bentuk, tetapi massa bahan dan produk awal tetap konstan. Hasil dari percobaan ini menunjukkan bahwa massa abu yang tersisa lebih rendah dari massa kayu yang dibakar, yang disebabkan oleh pelepasan gas ke udara selama proses pembakaran. Reaksi kimia sederhana yang menggambarkan hukum kekekalan massa dapat diilustrasikan sebagai berikut.

- a) $1,50 \text{ gr Na} + 1,20 \text{ gr Cl}_2 \rightarrow 2,70 \text{ gram NaCl}$
- b) $2,00 \text{ gr Na} + 2,20 \text{ gr Cl}_2 \rightarrow 4,20 \text{ gram NaCl}$

Berdasarkan contoh sederhana di atas dan hubungannya dengan hukum kekekalan massa, jumlah massa reaktan yang direaksikan dalam suatu percobaan sama dengan jumlah massa produk yang dihasilkan. Perubahan kimia melibatkan perubahan identitas kimia suatu zat sehingga terbentuk zat baru. Perubahan fisika melibatkan perubahan suatu zat tanpa mengubah identitas kimianya. Pembakaran dan karat adalah dua contoh proses kimia, sedangkan perebusan dan peleburan adalah contoh proses fisik (Muchson et al., 2016).

2) Dasar Epistemologi

Epistemologi diperlukan dalam membelajarkan kimia untuk memberikan pemahaman yang menyeluruh tentang asal mula, hukum, metode tertentu ditemukan dan diterima sebagai sebuah ilmu pengetahuan (Nugroho, 2016). Kajian epistemologi hukum Lavoisier, dapat dijelaskan tentang cara Antoine Lavoisier menemukan hukum Lavoisier dan bagaimana hukum tersebut dapat dinilai keabsahannya. Dasarnya dapat dijelaskan bahwa Lavoisier menemukan bahwa massa zat-zat sebelum reaksi akan sama dengan massa zat hasil reaksi. Sebuah eksperimen dilakukan percobaan dengan memanaskan merkuri oksida (HgO) untuk menghasilkan merkuri dan gas oksigen. Cara untuk menguji validitas hukum Lavoisier dapat dikonfirmasi dengan standar kebenaran secara ilmiah yaitu memenuhi tiga kriteria

korespondensi (sesuai), koherensi (konsisten), dan pragmatis (fungsional dan praktis). Kebenaran akan konsep hukum Lavoisier telah mencakup pengetahuan, prosedur menggali pengetahuan secara ilmiah (*scientific knowledge*) dan produk hasil yang dapat dikonfirmasi keberannya.

3) Dasar Aksiologi

Aksiologi merupakan nilai yang bersifat normatif dalam pemberian makna terhadap sebuah kebenaran (Verawati & Sarjan, 2023). Hukum Lavoisier dimaknai sebagai sebuah ilmu yang mengkaji tentang bagaimana hukum Lavoisier digunakan atau dimanfaatkan dan keterkaitannya dengan moral dan etika. Banyak kajian dari hukum Lavoisier yang memberikan dampak pada perkembangan ilmu kimia secara umum dan pembelajaran kimia secara khusus. Hukum Lavoisier dapat menjelaskan hal yang sering dijumpai dalam kehidupan sehari-hari, contoh sederhana menjelaskan keberadaan hukum Lavoisier adalah dalam proses pembakaran kayu. Proses pembakaran kayu tidak memenuhi hukum kekekalan massa karena menghasilkan arang dan juga abu yang ringan. Massa arang dan abu berjumlah lebih sedikit, namun proses ini mematuhi hukum Lavoisier dimana terjadi perubahan kimia materi kayu dalam bentuk yang lain. Produk yang dihasilkan adalah arang, abu, uap air dan karbondioksida. Hasil dari proses pembakaran kayu apabila semua produk hasil pembakaran dijumlahkan, maka massanya akan sama dengan massa kayu sebelum dibakar ditambah oksigen yang dipakai dalam proses pembakaran.

4) Inkuiri Sebagai Pendekatan Membelajarkan Konsep Lavoisier

Inkuiri ilmiah atau investigasi ilmiah mengacu pada berbagai cara ilmuwan mempelajari dunia alam dan mengusulkan penjelasan berdasarkan bukti yang berasal dari pekerjaan mereka (Kunisch et al., 2023). Inkuiri ilmiah oleh guru maupun siswa dapat digunakan untuk memperoleh pengetahuan dan keterampilan investigasi. Pengalaman inkuiri terdiri dari tiga elemen utama, yaitu 1) keterampilan inkuiri (apa yang mampu dilakukan siswa), 2) pengetahuan tentang inkuiri (apa yang dipahami siswa), dan 3) pendekatan pedagogi untuk mengajarkan konten sains (Schwartz & Crawford, 2006). Pendekatan inkuiri menggambarkan aktivitas riset dan pengkajian dengan menggunakan metode ilmiah yang mengandalkan keterampilan-keterampilan proses (observasi, berhipotesis, eksperimentasi, dan sebagainya) (Bugingo et al., 2024).

Pendekatan inkuiri memungkinkan siswa belajar mengajukan pertanyaan dan menggunakan bukti untuk menjawabnya (de Jong et al., 2023). Proses membelajarkan konsep kekekalan massa Lavoisier dapat menggunakan pendekatan inkuiri (Schwartz & Crawford, 2006). Pendekatan inkuiri membantu siswa melakukan penyelidikan (Schwartz et al., 2004) dan mengumpulkan bukti dari berbagai sumber, mengembangkan penjelasan berdasarkan data yang ditemukan (Goren & Kaya, 2023) serta mengkomunikasikan dan mempertahankan kesimpulannya (Kousloglou et al., 2023). Siswa tidak hanya belajar pengetahuan tentang konsep kekekalan massa, tetapi siswa dapat membangun keterampilan melalui pengalaman observasi dan eksperimen yang berhubungan dengan konsep tersebut (Bugingo et al., 2024).

Pendekatan inkuiri yang dikembangkan oleh Carl J. Wenning dapat digunakan sebagai sebuah pendekatan untuk membelajarkan konsep kekekalan massa Lavoisier. Setiap tahapan inkuiri Wenning menyajikan kerangka yang berjenjang untuk pengajaran dan pembelajaran yang berorientasi pada inkuiri. Level inkuiri membantu guru untuk mengontrol dan memastikan bahwa siswa dapat mengembangkan keterampilan proses intelektual yang lebih luas (Wenning, 2011a). Tujuannya adalah untuk membangun pengetahuan sains sebagai konten; keterampilan yang mencakup pemikiran kritis dan kemampuan memecahkan masalah; serta melatih bagaimana berpikir untuk menghasilkan sebuah tindakan (Tan et al., 2023). Berikut adalah tabel tingkatan inkuiri.

Tabel 1. Tingkatan Inkuiri Wenning

Discovery Learning	Interactive Demonstrations	Inquiry lessons	Inquiry labs	Real-world Applications	Hypothetical Explanations
Lower Teacher		← Intellectual Sophistication → ← Locus of Control →			

(Sumber : Wenning, 2011b)

Konsep tentang hukum kekekalan massa dapat dibelajarkan kepada siswa dengan menggunakan pendekatan inkuiri level *real-world applications*. Tahapan *real-world applications* dapat melibatkan aktivitas seperti melakukan simulasi reaksi kimia, proyek desain produk dan analisis kasus nyata. Siswa diberikan beberapa contoh untuk diperiksa oleh siswa dengan guru memfokuskan tindakan siswa dan memperhatikan konsep-konsep berikut: menerapkan hukum-hukum dasar kimia, konsep massa molekul relatif, persamaan kimia, konsep mol, dan kadar zat untuk menyelesaikan perhitungan. Tahapan *real-world applications* dapat dimulai dengan simulasi reaksi kimia yaitu siswa dapat melakukan percobaan praktis di laboratorium untuk mengamati dan mengukur massa reaktan sebelum dan sesudah reaksi kimia terjadi. Siswa kemudian menerapkan hukum kekekalan massa Lavoisier untuk menjelaskan perubahan massa yang terjadi selama reaksi. Guru dapat memberikan contoh sederhana misalkan dengan mengukur dan mencampur tanah dengan jumlah berat tertentu dan air dengan volume tertentu. Saat air bercampur dengan tanah, maka airnya menjadi keruh. Ketika tanah tersebut mengendap di dasar air, maka airnya akan lebih jernih. Siswa diarahkan untuk menjawab beberapa pertanyaan tentang apakah berat tanah sebelum dan setelah dicampur dengan air memiliki berat yang sama? Apakah dengan terjadinya perubahan warna juga mengakibatkan kurangnya berat tanah tersebut? Siswa dapat menjelaskan mengenai kemungkinan penyebab terjadinya perubahan. Siswa akan dinilai keterampilan mereka dengan observasi.

Pendekatan inkuiri pada level *real-world applications* ini memungkinkan guru memberikan tugas berupa proyek desain produk. Siswa dapat diminta untuk merancang suatu produk atau proses yang menerapkan konsep kekekalan massa. Misalnya, siswa dapat merancang proses daur ulang atau pengolahan limbah yang mempertimbangkan hukum kekekalan massa dalam perencanaan dan pelaksanaannya. Siswa dapat mempelajari studi kasus nyata di mana hukum kekekalan massa Lavoisier memiliki aplikasi praktis yang signifikan, misalnya dalam industri kimia, pengolahan makanan, atau rekayasa lingkungan. Ketika guru melibatkan siswa dalam situasi dunia nyata yang relevan dan aplikatif, tahapan *real-world applications* dalam pendekatan inkuiri dapat membantu memperkuat pemahaman mereka tentang konsep hukum kekekalan massa Lavoisier dan mengaitkannya dengan konteks kehidupan sehari-hari atau aplikasi praktis di berbagai bidang. Implementasi pendekatan inkuiri pada tahapan *real-world applications* membantu guru untuk melatih keterampilan siswa dalam mengumpulkan data dan menafsirkan data berdasarkan percobaan, membuat perkiraan dan membangun argumen yang logis berdasarkan bukti ilmiah, membuat dan mempertahankan keputusan berdasarkan bukti yang diperoleh.

Implementasi pendekatan inkuiri di kelas dapat memberikan kebebasan kepada guru untuk memilih level inkuiri yang akan digunakan. Guru tidak harus menggunakan keseluruhan level inkuiri agar siswa memanfaatkan pengetahuan yang diperoleh dari proses penyelidikan hingga praktik. Setiap level inkuiri memiliki level keterampilan yang dapat dikembangkan guru berdasarkan karakteristik siswa maupun konten materi yang hendak diajarkan. Hakikatnya dalam proses belajar, adalah bagaimana siswa memanfaatkan pengetahuan yang ditemukan melalui proses penyelidikan.

4. Simpulan dan Saran

Hakikat sains adalah inkuiri itu sendiri. Hakikat sains atau Nature of Science (NoS) mencakup pengetahuan tentang metode (epistemologi) sains, proses pembentukan sains (ontologi), serta nilai dan keyakinan yang mendasari pengembangan sains (aksiologi). Suatu proses belajar sains tidak terlepas dari hakikat sains yang terdiri atas tiga domain penting yaitu sikap, proses, dan produk. Rekomendasi untuk meningkatkan konsep dan pengetahuan tentang hukum Lavoisier dapat menggunakan pendekatan inkuiri pada level *real-world applications*. Kajian ontologi pada hukum kekekalan massa Lavoisier dapat dilihat pada contoh fakta eksperimen Lavoisier. Kajian epistemologi hukum Lavoisier, dapat dijelaskan tentang bagaimana Antoine Lavoisier menemukan hukum Lavoisier dan bagaimana hukum tersebut dapat dinilai keabsahannya. Kajian aksiologi hukum Lavoisier dimaknai sebagai sebuah ilmu yang mengkaji tentang bagaimana hukum Lavoisier digunakan atau dimanfaatkan dan keterkaitannya dengan moral dan etika. Konsep tentang hukum kekekalan massa dapat dibelajarkan menggunakan pendekatan inkuiri level *real-world applications* yang bertujuan untuk mengukur keterampilan dalam mengumpulkan dan menafsirkan data, membuat prediksi, membangun argumen yang logis berdasarkan bukti ilmiah, serta membuat dan mempertahankan keputusan berdasarkan bukti yang diperoleh.

5. Daftar Pustaka

- Brock, R., & Park, W. (2022). Distinguishing Nature of Science Beliefs, Knowledge and Understandings: Towards Clarity and Coherence in Educational Goals Related to the Nature of Science. *Science and Education*, 0123456789. <https://doi.org/10.1007/s11191-022-00368-6>.
- Bugingo, J. B., Yadav, L. L., Mugisha, I. S., & Mashood, K. K. (2024). Improving Teachers' and Students' Views on Nature of Science Through Active Instructional Approaches: a Review of the Literature. In *Science and Education* (Vol. 33, Issue 1). Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/s11191-022-00382-8>.
- Cellucci, C. (2014). Rethinking Philosophy. *Philosophia (United States)*, 42(2), 271–288. <https://doi.org/10.1007/s11406-013-9497-3>.
- Cheung, K. K. C., & Erduran, S. (2023). A Systematic Review of Research on Family Resemblance Approach to Nature of Science in Science Education. In *Science and Education* (Vol. 32, Issue 5). Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/s11191-022-00379-3>.
- Cooper, A. (2023). Hypotheses in Kant's philosophy of science. *Studies in History and Philosophy of Science*, 99(May 2022), 97–105. <https://doi.org/10.1016/j.shpsa.2022.04.007>.
- de Jong, T., Lazonder, A. W., Chinn, C. A., Fischer, F., Gobert, J., Hmelo-Silver, C. E., Koedinger, K. R., Krajcik, J. S., Kyza, E. A., Linn, M. C., Pedaste, M., Scheiter, K., & Zacharia, Z. C. (2023). Let's talk evidence – The case for combining inquiry-based and direct instruction. *Educational Research Review*, 39(May), 100536. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2023.100536>.
- Goren, D., & Kaya, E. (2023). How is Students' Understanding of Nature of Science Related with Their Metacognitive Awareness? *Science and Education*, 32(5), 1471–1496. <https://doi.org/10.1007/s11191-022-00381-9>.
- Höttecke, D., & Allchin, D. (2020). Reconceptualizing nature-of-science education in the age of social media. *Science Education*, 104(4), 641–666. <https://doi.org/10.1002/sc.21575>.
- Kaspers, T. (2023). The Practical Bearings of Truth as Correspondence. *Erkenntnis*, 0123456789. <https://doi.org/10.1007/s10670-023-00765-5>.
- Kersting, M., Haglund, J., & Steier, R. (2021). A Growing Body of Knowledge: On Four Different Senses of Embodiment in Science Education. *Science and Education*, 30(5), 1183–1210. <https://doi.org/10.1007/s11191-021-00232-z>.
- Khishfe, R. (2023). Improving Students' Conceptions of Nature of Science: A Review of the Literature. In *Science and Education* (Vol. 32, Issue 6). Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/s11191-022-00390-8>.
- Kostøl, K. B., Bøe, M. V., & Skår, A. R. (2023). Nature of Science in Norway's Recent Curricula Reform: Analysis of the Biology, Chemistry, and Physics Curricula. *Science and Education*, 32(5), 1561–1581. <https://doi.org/10.1007/s11191-022-00399-z>.
- Kousloglou, M., Petridou, E., Molohidis, A., & Hatzikraniotis, E. (2023). Assessing Students' Awareness of 4Cs Skills after Mobile-Technology-Supported Inquiry-Based Learning. *Sustainability (Switzerland)*, 15(8). <https://doi.org/10.3390/su15086725>.
- Kunisch, S., Denyer, D., Bartunek, J. M., Menz, M., & Cardinal, L. B. (2023). Review Research as Scientific Inquiry. *Organizational Research Methods*, 26(1), 3–45. <https://doi.org/10.1177/10944281221127292>.
- Mesci, G., Yeşildağ-Hasançebi, F., & Tuncay-Yüksel, B. (2023). Argumentation based nature of science instruction: Influence on pre-service science teachers' NOS views and practicing. *Teaching and Teacher Education*, 132. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2023.104231>.
- Muchson, M., Pratiwi, Y. N., Sulistina, O., & Sigit, D. (2016). Persepsi Mahasiswa Baru Jurusan Kimia Fmipa Um Angkatan 2016 Tentang Fenomena Perubahan Materi. *Jurnal Pembelajaran Kimia*, 01(2), 76–83.

- Nugroho, I. (2016). Positivisme Auguste Comte: Analisa Epistemologis Dan Nilai Etisnya Terhadap Sains. *Cakrawala: Jurnal Studi Islam*, 11(2), 167–177. <https://doi.org/10.31603/cakrawala.v11i2.192>.
- Nurasa, A., Natsir, N. F., & Haryanti, E. (2022). Tinjauan Kritis terhadap Ontologi Ilmu (Hakikat Realitas) dalam Perspektif Sains Modern. *JIIP - Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan*, 5(1), 181–191. <https://doi.org/10.54371/jiip.v5i1.396>.
- Orosz, G., Németh, V., Kovács, L., Somogyi, Z., & Korom, E. (2022). Guided Inquiry-Based Learning In Secondary-School Chemistry Classes: A Case Study. *Chemistry Education Research and Practice*, 24(1), 50–70. <https://doi.org/10.1039/d2rp00110a>.
- Park, W., Cullinane, A., Gandolfi, H., Alameh, S., & Mesci, G. (2024). Innovations, Challenges and Future Directions in Nature of Science Research: Reflections from Early Career Academics. *Research in Science Education*, 54(1), 27–48. <https://doi.org/10.1007/s11165-023-10102-z>.
- Psillos, S. (2012). What is General Philosophy of Science? *Journal for General Philosophy of Science*, 43(1), 93–103. <https://doi.org/10.1007/s10838-012-9182-4>.
- Robbia, A. Z., & Fuadi, H. (2020). Pengembangan Keterampilan Multimedia Interaktif Pembelajaran IPA Untuk Meningkatkan Literasi Sains Peserta Didik di Abad 21. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, 5(2), 117–123. <https://doi.org/10.29303/jipp.v5i2.125>.
- Rombout, F., Schuitema, J. A., & Volman, M. L. L. (2022). Teaching Strategies for Value-Loaded Critical Thinking in Philosophy Classroom Dialogues. *Thinking Skills and Creativity*, 43(November 2021), 100991. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2021.100991>.
- Schwartz, R. S., & Crawford, B. A. (2006). Authentic Scientific Inquiry As Context For Teaching Nature of Science. *Springer*, 331–355.
- Schwartz, R. S., Lederman, N. G., & Crawford, B. A. (2004). Developing Views of Nature of Science in an Authentic Context: An Explicit Approach to Bridging The GAP Between Nature of Science and Scientific Inquiry. *Science Education*, 88(4), 610–645. <https://doi.org/10.1002/sce.10128>.
- Tan, A. L., Ong, Y. S., Ng, Y. S., & Tan, J. H. J. (2023). STEM Problem Solving: Inquiry, Concepts, and Reasoning. *Science and Education*, 32(2), 381–397. <https://doi.org/10.1007/s11191-021-00310-2>.
- Till, M., Abu-Omar, K., Ferschl, S., Abel, T., Pfeifer, K., & Gelius, P. (2022). Implementing the capability Approach In Health Promotion Projects: Recommendations for Implementation Based on Empirical Evidence. *Evaluation and Program Planning*, 95(May). <https://doi.org/10.1016/j.evalprogplan.2022.102149>.
- Verawati, N. N. S. P., & Sarjan, M. (2023). Tinjauan Filsafat (Aksiologi) Pendidikan Sains Masa Depan Berbasis Teknologi. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, 8(4), 2381–2387. <https://doi.org/10.29303/jipp.v8i4.1650>
- Waruwu, M. (2023). Pendekatan Penelitian Pendidikan: Metode Penelitian Kualitatif, Metode Penelitian Kuantitatif dan Metode Penelitian Kombinasi (Mixed Method). *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 7(1), 2896–2910.
- Wenning, C. J. (2011a). Experimental Inquiry in Introductory Physics Course. *Physics Course*, 6(2). <https://doi.org/10.12737/762>.
- Wenning, C. J. (2011b). Level of Inquiry: Using Inquiry Spectrum Learning Sequences on Teach Science. *Journal of Physics Teacher Education Online*, 6(2), 11–20.
- Woodcock, B. A. (2014). “The Scientific Method” as Myth and Ideal. *Science and Education*, 23(10), 2069–2093. <https://doi.org/10.1007/s11191-014-9704-z>.