



Tren Pembelajaran Klasifikasi Makhluk Hidup dan Keterlibatannya dalam Pembangunan Berkelanjutan: Analisis Bibliometrik

Nur Salsabila¹, Eka Ariyati², Reni Marlina³

^{1,2,3} Program Studi Pendidikan Biologi, Jurusan Pendidikan Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Fakultas Keguruan Dan Ilmu Pendidikan Universitas Tanjungpura

Jl. Prof. Dr. Hadari Nawawi, Bansir Laut, Kec. Pontianak Tenggara, Kota Pontianak, Kalimantan Barat 78124, Indonesia

Email: eka.ariyati@fkip.untan.ac.id

Abstrak

Masalah lingkungan global yang semakin kompleks menuntut adanya peningkatan kesadaran masyarakat terhadap pelestarian lingkungan. Pendidikan berkelanjutan memainkan peran penting dalam membangun kesadaran ini, salah satunya melalui materi klasifikasi makhluk hidup yang dapat mengaitkan konsep keanekaragaman hayati dengan konservasi. Penelitian ini mengkaji tentang tren publikasi materi klasifikasi makhluk hidup pada rentang tahun 2014 – 2024 menggunakan analisis bibliometrik. Sumber data dalam penelitian ini diperoleh dari *Scopus* dengan kata kunci “Classifiaction” dan “Learning”. Analisis data menggunakan analisis bibliometric dengan bantuan *Vosviwer*. Analisis dilakukan untuk mengidentifikasi tren publikasi, penulis produktif, kolaborasi internasional, serta kontribusi penelitian dalam berbagai bidang ilmu. Hasil menunjukkan bahwa topik ini baru dipublikasikan pada tahun 2017 dan mengalami peningkatan paling tinggi pada tahun 2021. Peneliti paling produktif dalam mengkaji topik ini adalah Carlos Alberto Reyes-García (6 publikasi), negara paling produktif adalah Meksiko (22 publikasi), dengan topik kajian paling banyak pada bidang Biokimia, Genetika dan Molekular (43,4%). Kesimpulan penelitian ini menegaskan bahwa klasifikasi makhluk hidup memiliki peran penting dalam mendukung pelestarian lingkungan dan pendidikan berkelanjutan. Oleh karena itu, perlu adanya integrasi yang lebih erat antara materi klasifikasi dalam pendidikan dengan prinsip konservasi untuk meningkatkan kesadaran dan tanggung jawab lingkungan di kalangan peserta didik.

Kata Kunci: Klasifikasi Makhluk Hidup, Pendidikan Berkelanjutan, Pelestarian Lingkungan, Analisis Bibliometrik

PENDAHULUAN

Isu lingkungan dan upaya pelestarian untuk keberlanjutan lingkungan saat ini mendapatkan perhatian di tingkat global (Apriana et al., 2025; Aquan et al., 2025; Ojala et al., 2021). Berbagai lembaga internasional melaporkan bahwa kerusakan alam yang terjadi saat ini sudah mencapai pada tahap yang mengkhawatirkan (Katon et al., 2024). Hal ini karena semakin seriusnya tingkat kerusakan yang disebabkan oleh aktivitas manusia (Edo et al., 2024; Praimee et al., 2023), seperti perubahan iklim, krisis air, polusi lingkungan, kerusakan ekosistem, dan hilangnya keanekaragaman hayati (Apriana et al., 2025; Aquan et al., 2025). Masalah ini berdampak pada semakin buruknya fungsi

ekosistem dan keanekaragaman hayati sehingga dapat membahayakan kehidupan makhluk hidup (Mahmoud & Gan, 2018; Naeem et al., 2020; Perwitasari et al., 2023). IPBES (2019) melaporkan bahwa sekitar 25% spesies hewan dan tumbuhan terancam punah serta banyak diantara mereka yang akan hilang dalam beberapa dekade mendatang. Maka dari itu diperlukan Pendidikan yang menegaskan terkait konsep kesadaran lingkungan, yang mencakup pengetahuan, sikap, dan perilaku yang berkaitan dengan isu-isu lingkungan (Erwinsyah, 2022).

Pendidikan berperan penting dalam mewujudkan kemajuan pembangun berkelanjutan secara global (Tafese & Kopp, 2025). UNESCO menegaskan bahwa pendidikan dapat mendorong tindakan dan membantu memahami, sekaligus membekali pengetahuan, keterampilan nilai, serta sikap yang dibutuhkan untuk menjadi agen perubahan dalam menghadapi permasalahan lingkungan (Perwitasari et al., 2023). Pendidikan juga berperan dalam meningkatkan kesadaran dan mengenalkan sikap berkelanjutan (Id Babou et al., 2023). Salah satu upaya nyata untuk mencapai tujuan tersebut adalah melalui Pendidikan untuk Pembangunan berkelanjutan (ESD/ Education for Sustainable Development) yang bertujuan untuk menumbuhkan kesadaran peserta didik agar dapat berperan aktif dan merefleksikan tindakan mereka dalam mewujudkan pembangunan berkelanjutan (Guillén et al., 2022; Hayat et al., 2024; Tejedor et al., 2019). UNESCO (2018) menegaskan bahwa ESD berperan secara krusial dalam membekali peserta didik untuk berfikir kritis dan memiliki keterampilan pemecahan masalah untuk menghadapi isu-isu berkelanjutan.

Pendidikan sains berperan penting dalam membentuk dasar ilmiah untuk menumbuhkan kesadaran ekologis, memahami dasar ilmiah, dan mendorong tindakan nyata menuju praktik yang berkelanjutan (Entang et al., 2024; Sposab & Rieckmann, 2024). Pada kurikulum biologi, peserta didik dibekali keterampilan untuk menjadi warga yang bertanggung jawab akan lingkungan, sehingga dapat meningkatkan kesadaran mereka terhadap isu permasalahan lingkungan. Maka dari itu, perlunya pengimplementasian secara nyata melalui kegiatan pembelajaran. Salah satu penerapannya adalah dalam pembelajaran keanekaragaman hayati (Id Babou et al., 2023). Pembelajaran keanekaragaman hayati, dapat mengajarkan peserta didik bahwa setiap tindakan yang dilakukan akan berdampak pada lingkungan. Mereka juga diajarkan untuk menghargai alam dan seluruh makhluk hidup yang ada di dalamnya serta mendorong tindakan nyata untuk selalu menjaga kelestarian lingkungan (Audrin,

2024). Dengan begitu mereka dapat ikut berkontribusi dalam upaya pembangunan berkelanjutan demi masa depan generasi yang akan datang (Id Babou et al., 2023; Kilinc et al., 2013; Mace et al., 2012).

Sebagai materi dasar biologi, klasifikasi makhluk hidup memberikan wawasan tentang keanekaragaman hayati, hubungan evolusioner, dan ekosistem (Pangsuma & Hidayat, 2023). Klasifikasi makhluk hidup menjadi konsep dasar biologi yang melibatkan pengelompokan organisme berdasarkan kesamaan karakteristik untuk memahami interaksi makhluk hidup dengan lingkungan dan mendukung konservasi (Kılıç, 2016). Namun, dalam kurikulum biologi, materi ini hanya diajarkan secara konseptual dengan fokus pada pengelompokan organisme berdasarkan karakteristik morfologi, genetik, perilaku, dan evolusioner (Manishimwe et al., 2021; Zurriati & Anggriyani, 2024), tanpa keterkaitan langsung dengan isu keberlanjutan dan konservasi lingkungan. Kurangnya eksplorasi ini dapat menciptakan kesenjangan ilmiah dengan menunjukkan bagaimana dan dimana keterlibatan klasifikasi makhluk hidup perlu didorong untuk mendukung Pendidikan untuk Pembangunan Berkelanjutan. Maka dari itu, pemahaman tentang penelitian topik ini menjadi krusial, terutama dalam melihat perkembangan serta kondisi terkini pada bidang tersebut (Abdullah, 2022). Dengan demikian, dibutuhkan kajian pendahuluan untuk memetakan terapan penelitian terkait topik klasifikasi, agar dapat menjadi landasan dalam mengetahui tren dalam topik ini serta peluang pengembangan penelitian. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah analisis bibliometrik (Suwandi et al., 2023).

Analisis bibliometrik merupakan pendekatan statistik yang digunakan untuk menganalisis publikasi ilmiah (Phoong et al., 2022; Wang et al., 2024; Zyoud et al., 2023). Pendekatan ini berbeda dari tinjauan artikel (review paper) yang hanya berfokus pada perkembangan terkini, berbagai tantangan, dan arah penelitian kedepan dari topik yang dikaji (Dewi et al., 2021; L. Zhang et al., 2022). Pendekatan ini mengkaji tentang peneliti atau penelitian yang berpengaruh, sekaligus menelusuri hubungan seluruh publikasi yang berhubungan dengan bidang atau topik yang dikaji (Sedira et al., 2024). Pendekatan ini juga dapat mengevaluasi secara sistematis terkait publikasi atau dokumen tertentu, seperti tema yang sedang dikaji, identitas penulis, daftar referensi, ringkasan isi publikasi, serta informasi lainnya yang terlibat (Abdullah, 2022). sehingga dapat menghasilkan temuan yang lebih signifikan (Merigó et al., 2015).

Pendekatan bibliometerik dapat diterapkan dalam semua bidang penelitian (Abdullah, 2022). Penelitian ini juga telah diterapkan pada berbagai topik penelitian, seperti manajemen pengetahuan (Gaviria-Marin et al., 2019), keselamatan kerja di bidang maritim (Abdullah, 2021), bidang teknik sipil, dan bidang olahraga (Abdullah et al., 2022; Fujiyanti et al., 2024). Sedangkan dalam ranah Pendidikan, pemanfaatan analisis bibliometrik seperti tren model pembelajaran (Arici et al., 2019; Bozdağ et al., 2021; Fitri et al., 2023), tren pengembangan modul pembelajaran (Suwandi et al., 2023), tren pengembangan media pembelajaran (Saputra et al., 2023; Wilsa et al., 2023), tren perkembangan materi pembelajaran (Derman, 2023), dan gamifikasi dalam pembelajaran (Swacha, 2021).

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tren penelitian materi klasifikasi dalam pendidikan melalui kajian bibliometrik dengan menelaah beberapa aspek utama, termasuk perkembangan publikasi, laju pertumbuhan publikasi, pemetaan negara teratas, domain subjek dan jurnal inti dalam penelitian, identifikasi peneliti paling produktif, distribusi publikasi berdasarkan negara, dan kontribusi penelitian mengenai klasifikasi dalam pendidikan berdasarkan bidang keilmuan yang relevan menggunakan analisis bibliometrik. Temuan ini juga mengkaji terkait keterlibatan materi klasifikasi makhluk hidup dalam Pembangunan berkelanjutan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan menggunakan metode analisis bibliometrik untuk mencari tren pembelajaran klasifikasi (Entang et al., 2024). Analisis bibliometrik digunakan untuk menggambarkan struktur penelitian tertentu.

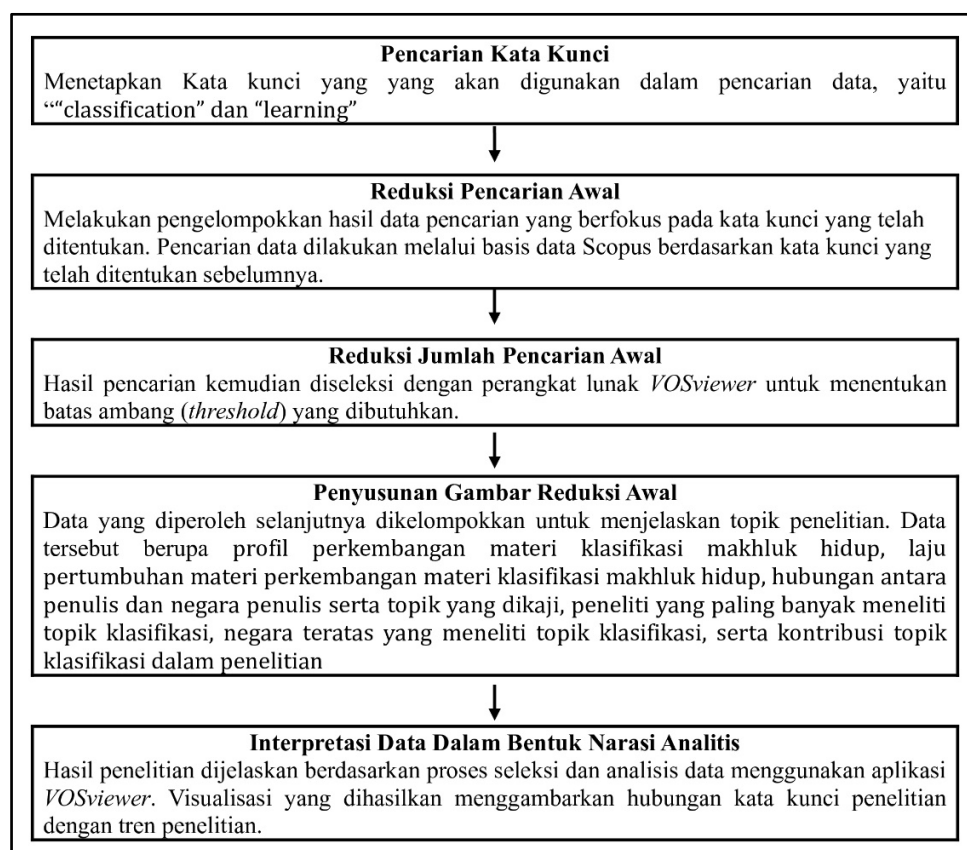
Penelitian ini menggunakan artikel yang diterbitkan oleh Scopus sesuai dengan kata kunci yang diterapkan. Untuk mendapatkan data penelitian, digunakan sebuah program Bibliometrik melalui *VOSviewer* untuk menganalisis sitasi, co-sitasi, dan kata kunci dalam berbagai artikel (Lestari et al., 2024). Kata kunci untuk mencari artikel yang sesuai adalah "*classification*" dan "*learning*" pada bagian topik, kata kunci, dan abstrak. Sebanyak 34 artikel diperoleh dari aplikasi ini.

Publikasi yang digunakan dalam penelitian ini diterbitkan dalam 10 tahun terakhir, yaitu antara tahun 2014 hingga 2024 menggunakan aplikasi *VOSviewer*. Indikator data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi profil perkembangan materi klasifikasi makhluk hidup, laju pertumbuhan materi perkembangan materi klasifikasi makhluk hidup, hubungan antar penulis dan negara penulis serta topik yang dikasi,

peneliti yang paling banyak meneliti topik klasifikasi, negara teratas yang meneliti topik klasifikasi, serta kontribusi topik klasifikasi dalam penelitian.

Data yang sudah terkumpul selanjutnya disimpan dalam format .ris, lalu dianalisis dan divisualkan dengan perangkat lunak *VOSviewer* untuk melihat tren yang berkaitan dengan klasifikasi makhluk hidup (Entang et al., 2024; Lestari et al., 2024; Novia et al., 2021). Penggunaan aplikasi *VOSviewer* berfungsi untuk membuat dan menampilkan jaringan bibliometrik untuk melihat tahun dan jenis penelitian, hubungan sitasi antar publikasi jurnal, kolaborasi antar peneliti, penerbitan bersama karya ilmiah, tren waktu penelitian, negara dan instansi penulis, serta bidang penelitian yang dominan (Kousha & Thelwall, 2018; Strozzi et al., 2017; Wilsa et al., 2023).

Tahapan analisis bibliometrik merujuk pada Dewi et al. (2021) yang terdiri atas lima tahap, yaitu menelusuri atau mencari kata kunci, reduksi hasil pencarian awal, reduksi jumlah pencarian awal, penyusunan gambar statistik awal, dan interpretasi data dalam narasi analitis yang dapat dilihat pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Tahapan metode analisis bibliometrik

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

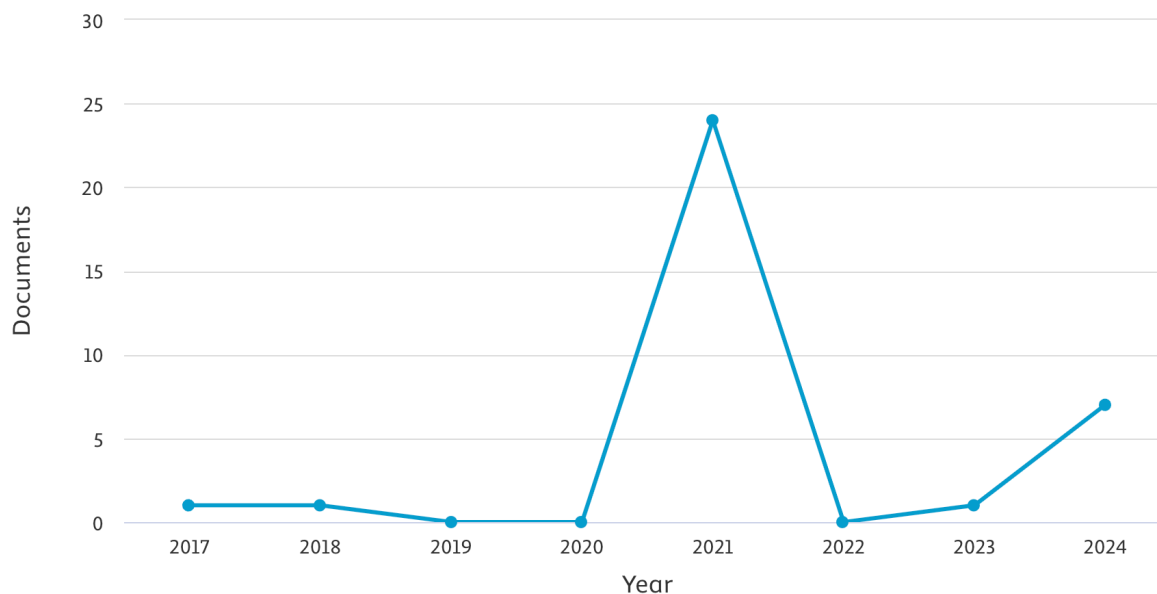
Penelitian ini meninjau publikasi mengenai tren kajian topik klasifikasi makhluk hidup yang dilakukan dengan data sekunder dan bersumber dari data Scopus Data yang diperoleh kemudian dianalisis untuk mengkaji tren pada topik klasifikasi makhluk hidup yang bersumber dari publikasi Scopus. Berdasarkan kata kunci yang digunakan, yaitu “*classification*” dan “*learning*” diperoleh sebanyak 34 artikel ilmiah. Topik ini mula banyak dikaji dan dipublikasikan pada tahun 2017. Hasil ini ditampilkan pada Tabel 1 yang menyajikan profil lengkap penelitian klasifikasi dan pembelajaran berdasarkan tabel analisis bibliometrik pada periode 2014 hingga 2024.

Tabel 1. Profil Pengembangan Materi Klasifikasi di Scopus

No	Deskripsi	Hasil
1	Timespen	2017:2024
2	Sumber (Jurnal, Buku, dll)	6
3	Dokumen	34
4	Kata Kunci Plus (ID)	13
5	Kata Kunci Penulis (DE)	146
6	Laju Pertumbuhan Tahunan%	32,05
7	Usia Rata-rata Dokumen	3,53
8	Rata-rata Kutipan per Dokumen	5,618
9	Penulis	55
10	Authors of single-authored docs	9
11	Co-Authors per Dokumen	2,44
12	International co-authorships %	14,71
13	Buku	6
14	Bab Buku	27
15	Editorial	1

Tren Publikasi Tahunan Topik Klasifikasi dan Pendidikan

Gambar 2 menunjukkan jumlah artikel pada database Scopus selama sepuluh tahun terakhir (2014–2024). Hasil menunjukkan bahwa publikasi terkait topik “klasifikasi” dan “Pendidikan” baru mulai dipublikasikan pada tahun 2017. Berdasarkan grafik yang ditampilkan, puncak tren terkait topik ini terjadi pada tahun 2021, yaitu pada masa pandemi *Corona Virus Disease 2019* (COVID-19) dengan jumlah publikasi sebanyak 24 dokumen. Pada tahun 2022, tren tersebut mengalami fluktuasi hingga tidak ada publikasi sama sekali. Namun kembali mengalami peningkatan pada tahun selama periode 2023-2024.



Gambar 2. Tren Publikasi Tahunan Topik Klasifikasi dan Pendidikan

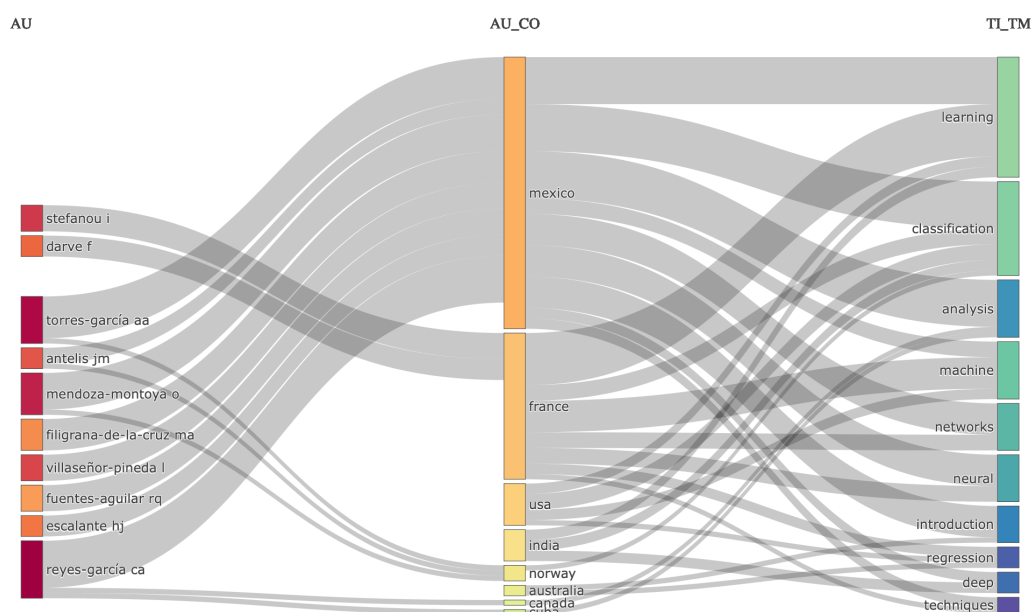
Gambar 2 menunjukkan jumlah artikel ilmiah tentang klasifikasi dan pendidikan setiap tahun. Berdasarkan gambar tersebut, jumlah artikel yang membahas topik ini mengalami fluktuasi setiap tahun. Peningkatan penelitian terkait klasifikasi dan Pendidikan, mengalami peningkatan pada tahun 2021, yaitu pada masa pandemi *Corona Virus Disease 2019* (COVID-19). Peningkatan tersebut kemungkinan karena pandemi COVID-19 yang mengubah sistem Pendidikan dari tatap muka ke pembelajaran daring (Pokhrel & Chhetri, 2021). Perubahan ini mendorong banyak penelitian mengenai dampak pembelajaran daring serta tantangan yang dihadapi peserta didik. Namun, jumlah penelitian kembali mengalami penurunan drastis pada tahun 2022 sebelum akhirnya meningkat lagi hingga tahun 2024. Tidak adanya publikasi pada topik ini mungkin disebabkan oleh perubahan tren penelitian akibat perkembangan fenomena di lapangan. Kondisi ini sejalan dengan pendapat bahwa tren penelitian di bidang pendidikan terus berubah mengikuti perkembangan fenomena di lapangan (Iriani, 2017).

Diagram Sankey terkait pemetaan antara penulis, negara asal publikasi, dan topik penelitian yang dikaji

Hasil pemetaan antara penulis, negara asal publikasi, dan topik penelitian yang dikaji ditampilkan pada Gambar 3. Penulis utama yang mengkaji topik klasifikasi dan Pendidikan berada di sisi kiri, sedangkan negara kontributor utama dan topik kajian (domain subjek) berada pada sisi tengah dan kanan secara berturut-turut. Hasil ini menunjukkan bahwa Ioannis Stefanou (Stefanou I) dan Darve F. Félix yang berasal dari

Prancis. Keduanya menerbitkan artikel dengan berfokus pada topik pembelajaran (*learning*) sebagai tema paling dominan dalam penelitian.

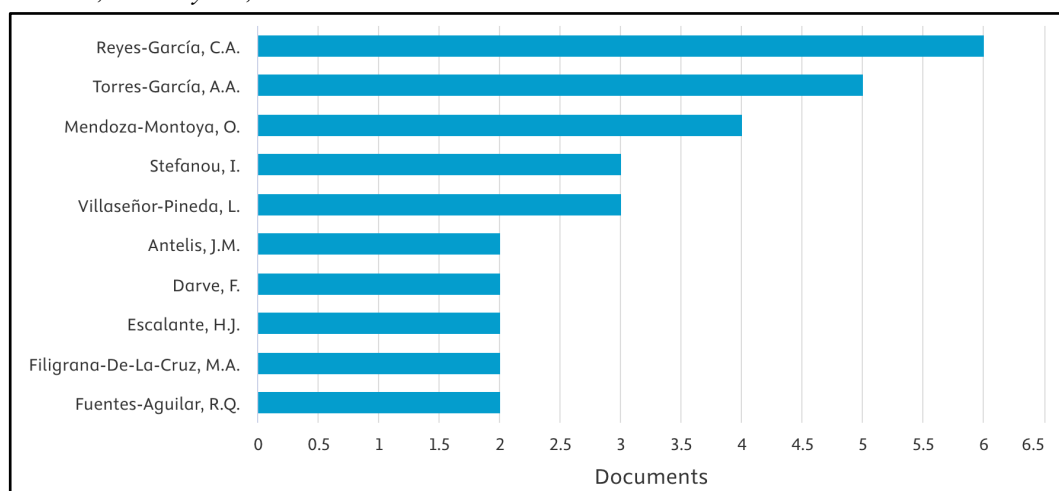
berada pada urutan pertama diikuti dengan Alejandro Antonio Torres-García (Torres-García A. A.), Javier M. Antelis (Antelis J. M.), Dr. Omar Mendoza-Montoya (Mendoza-Montoya O.), María Aurora Filigrana de la Cruz, Rita Q. Fuentes-Aguilar, dan Hugo Jair Escalante, María Aurora Filigrana de la Cruz, Rita Q. Fuentes-Aguilar, dan Hugo Jair Escalante.



Gambar 3. Pemetaan antara penulis, negara asal publikasi, dan topik penelitian

Peneliti Paling Produktif Terkait Kajian Klasifikasi dan Pendidikan

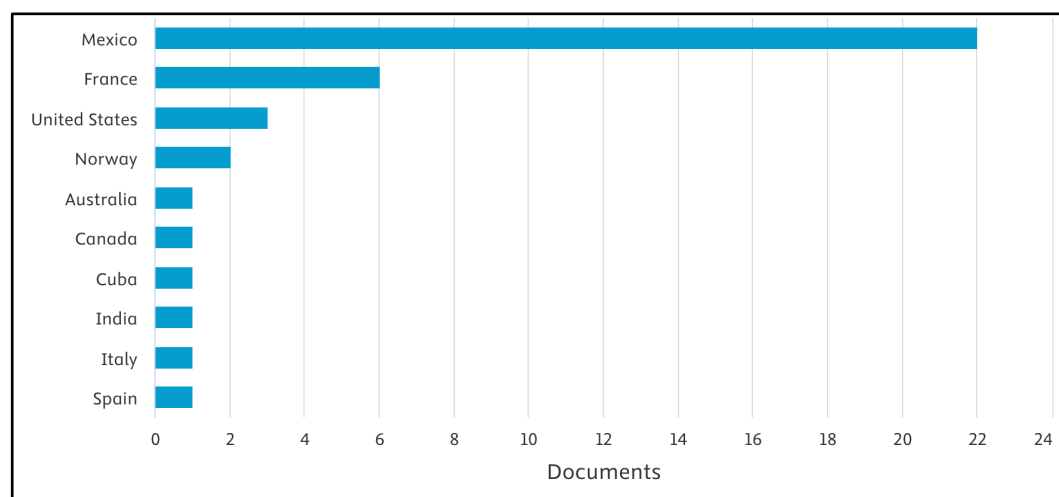
Peneliti yang paling produktif dalam mengkaji tren klasifikasi ditinjau dari jumlah publikasi terbanyak (Nurhayati & Lawanda, 2023). Hasil analisis bibliometri menunjukkan bahwa Carlos Alberto Reyes-García (Reyes-García C. A.) merupakan peneliti paling produktif terkait tren topik ini dengan jumlah publikasi sebanyak 6 artikel. Penulis paling produktif pada urutan kedua adalah Torres-García, A.A dengan jumlah publikasi artikel sebanyak 5 artikel. Urutan ketiga, yaitu Mendoza-Montoya, O yang mempublikasikan artikel sebanyak 4 artikel. pada urutan ke empat, yaitu Stefanou, I., dan Villaseñor-Pineda, L. mempublikasikan artikel sebanyak 3 artikel. Sedangkan Darve F, Escalante, H.J., Filigrana-De-La-Cruz, M.A, dan Fuentes-Aguilar, R.Q



Gambar 4. Peneliti Paling Produktif Terkait Kajian Klasifikasi dan Pendidikan

Negara atau Wilayah asal Penulis

Tren negara atau wikayah asal para penulis yang meneliti topik “*classification*” dan “*learning*” ditunjukkan pada Gambar 5. Dari hasil tersebut, terlihat bahwa penulis berasal dari sepuluh negara. Meksiko menjadi negara dengan jumlah peneliti terbanyak yang tertarik dengan topik “*classification*” dan “*learning*”. Penulis lainnya yang tertarik dengan topik ini berasal dari negara Prancis. Sedangkan penulis dari Australia, Kanada, Kuba, India, Italia, dan Spanyol merupakan yang terendah dalam penelitian mengenai topik ini.

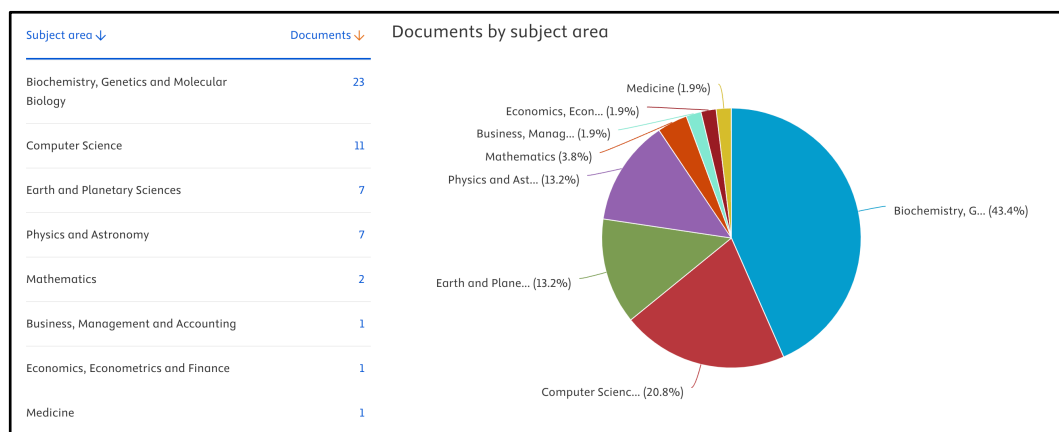


Gambar 5. Negara-negara teratas dalam publikasi tentang topik klasifikasi dan pendidikan

Kontribusi Penelitian Klasifikasi dalam Pendidikan Berdasarkan Bidang Keilmuan

Berdasarkan pencarian topik tren kajian materi klasifikasi makhluk hidup dengan kata kunci “*classification*” dan “*learning*”, topik ini memiliki kontribusi yang besar pada bidang lainnya. Bidang dengan kontribusi terbesar adalah Biokimia, Genetika dan

Molekular dengan jumlah dokumen sebanyak 23 artikel dan persentase sebesar 43,4% dari total publikasi. Sedangkan kontribusi paling rendah terkait topik ini, yaitu topik Business, Management, dan Accounting; Ekonomi, ekonometrika, dan keuangan; dan medisn dengan masing-masing publikasi sebanyak 1 dokumen dan persentase publikasi sebesar 1,9% dari total publikasi. Hasil persentase kontribusi topik klasifikasi makhluk hidup dengan bidang lainnya dapat dilihat pada Gambar 6 berikut.



Gambar 6. Diagram kontribusi penelitian klasifikasi dalam pendidikan berdasarkan bidang keilmuan

Pembahasan

Tren Publikasi Materi Klasifikasi Makhluk Hidup

Studi ini melakukan analisis sistematis terhadap literatur penelitian di bidang klaifikasi dan Pendidikan menggunakan analisis bibliometrik terhadap 34 artikel yang diterbitkan dan diindeks di basis data Scopus dari tahun 2014 hingga 2024. Kata kunci yang digunakan dalam peneliitan ini menggunakan “classification” dan “learning”. Kata kunci berperan dalam mencerminkan fokus utama penelitian dan membantu memeatakan arah tren riset (Julia et al., 2020; Kushairi & Ahmi, 2021). Selain itu, kata kunci berperan dalam memberikan informasi terkait kemunculan artikel (Fujiyanti et al., 2024; Zainuddin et al., 2019). Fitri et al. (2023) memaparkan bahwa data dari Scopus yang sudah diperoleh, selanjutnya diubuah dalam format RIS, lalu dianalisis menggunakan perangkat VOSviwers (Bozdağ et al., 2021). Hasil tersebut menampilkan kluster penelitian terkait klasifikasi, sehingga hasil pemetaan dapat diketahui. Seluruh data dipublikasikan dalam bentuk artikel, buku, babbuku, dan proseding. Berdasarkan pencahairian data, tren terkait penelitian topik ini, baru mulai dipublikasikan pada thun 2017. Hasil analisis berfungsi untuk mengetahui tren terkait penelitian klasifikasi makhluk hidup sehingga dapat mengetahui banyaknya publikasi, pucnak publikasi,

negara dengan paling banyak yang mempublikasi terkait topik ini, penulis yang paling produktif, negara yang paling banyak mempublikasi, dan bidang yang terlibat dalam topik ini. Analisis terkait tren topik klasifikasi makhluk hidup dilakukan dengan mencari artikel terindeks scopus. Pemilihan data scopus didasarkan karena data ini memiliki publikasi yang luas dan memiliki reputasi yang tinggi sehingga dapat memberikan akses ke koleksi informasi yang lebih luas (Busro et al., 2021).

Tren terkait publikasi materi klasifikasi makhluk hidup pada data scopus menunjukkan hasil yang masih sedikit. Hal ini dibuktikan bahwa pada rentang waktu 2014 hingga 2024, jumlah publikasi pada topik ini hanya berjumlah 34 publikasi yang bersumber dari 6 sumber publikasi berupa jurnal, buku, dan sumber lainnya yang terdaftar pada data Scopus. Selain itu, hanya 55 penulis yang berkontribusi dalam publikasi terkait tren klasifikasi dan 9 diantaranya merupakan penulis tunggal. Pernyataan ini juga didukung dengan hasil rata-rata pertumbuhan artikel hanya sebesar 32,05% pertahun dengan usia rata-rata artikel sebesar 3,53%. Publikasi tertinggi pada topik ini terjadi pada tahun 2021 dengan jumlah publikasi sebanyak 24 artikel. Namun, terjadi penurunan pada tahun 2022 dimana tidak ada publikasi pada tahun tersebut. Penurunan tersebut dapat terjadi karena urgensi dunia yang lebih berfokus pada bidang kesehatan untuk mengatasi pandemi yang sedang terjadi.

Tren Publikasi Tahunan Topik Klasifikasi dan Pendidikan

Pola tren publikasi akan terus mengalami perubahan dari waktu ke waktu (Fire & Guestrin, 2019). Perubahan ini dipengaruhi oleh perkembangan teknologi, kebutuhan sosial, dan dukungan pendanaan (Husamah et al., 2024). Tren terkait publikasi topik "*classification*" dan "*learning*" yang ditampilkan pada Gambar 2, terkait tren publikasi dari tahun 2014-2024 menunjukkan pertumbuhan dan fluktuasi dalam output penelitian. Pada periode 2017-2018, jumlah publikasi cenderung stagnan dengan jumlah publikasi kurang dari 5 dokumen, namun pada periode 2019-2020 terjadi fluktuasi secara signifikan hingga tidak ada publikasi sama sekali. Pada tahun 2021, terjadi peningkatan yang signifikan dan menjadi puncak tren karena bersamaan dengan masa pandemi COVID-19 dengan jumlah publikasi sebanyak 24 dokumen. Lonjakan ini dapat dipicu karena adanya perubahan pembelajaran tatap muka menjadi pembelajaran secara daring (online) pada seluruh jenjang Pendidikan (Izhar, Al-dheleai, et al., 2021; Izhar, Al-Dheleai, et al., 2021; Pokhrel & Chhetri, 2021). Sehingga penelitian berfokus pada transformasi digital dalam Pendidikan, penilaian berbasis digital, serta respon global

terhadap pandemi yang mendorong penelitian terkait perubahan strategi pembelajaran secara daring (Lubis et al., 2025; Suwandi et al., 2023). Situasi pandemi ini membutuhkan solusi mendesak terkait pengembangan strategi Pendidikan dan pembelajaran (Nind et al., 2023; Shoaib et al., 2023; Z. Zhang & Gillespie, 2023), urgensi pembelajaran dan klasifikasi virus penyebab pandemi sebagai solusi dalam medis (Kulkova et al., 2023; Lefrançois et al., 2023; Subbiah, 2023; Vonderschmitt et al., 2023), dan peningkatan kesadaran publik akan bahayanya pandemi (Jana et al., 2023; Maccaro et al., 2023; Perlman & Peiris, 2023).

Pada tahun 2022, terjadi penurunan secara dratis, hal ini dapat terjadi karena adanya perubahan tren penelitian akibat perkembangan fenomena di lapangan. Pada periode 2023-2024 terjadi peningkatan kembali dengan rentang publikasi 2-8 dokumen. Menurut Iriani (2017) tren dalam penelitian akan terus mengalami perubahan seiring dengan perkembangan fenomena di lapangan.

Pemetaan antara penulis, negara publikasi, dan topik penelitian yang dikaji

Tren terkait pemetaan penulis, negara asal publikasi, dan topik penelitian dikaji menggunakan diagram Sankey (plot tiga bidang). Diagram Sankey merupakan teknik yang digunakan untuk menyoroti aliran, pergerakan, atau perubahan dari satu kondisi ke kondisi lain atau dari satu periode ke periode lainnya (Otto et al., 2022). Diagram ini menggambarkan hubungan dan peralihan informasi pada tiga bidang yang berbeda, dengan tujuan memberikan perspektif tiga dimensi terkait pertukaran data. Visualisasi grafis ini, menampilkan data dari tiga sumber berbeda, dengan garis sebagai petunjuk hubungan antar kategori. Sedangkan lebar garis mencerminkan besaran kuantitas atau kekuatan hubungan antar data (Farhat et al., 2024). Diagram Sankey bertujuan untuk mengungkapkan serta mengevaluasi aliran informasi antara penulis, sumber, dan kata kunci (Khan et al., 2023).

Gambar 3 mengilustrasikan hubungan antara penulis (kiri), negara penulis (kanan), dan topik publikasi (kanan) yang paling banyak dikaji berdasarkan kata kunci "Classification" dan "Learning". Analisis menunjukkan bahwa penulis paling aktif yang mengkaji topik ini adalah Carlos Alberto Reyes-García yang mempublikasikan artikelnya di Meksiko, Kanda dan Kuba dengan topik penelitian paling dominan berupa "perkenalan" (Torres-García et al., 2016), "saraf" (Benjamin et al., 2017), "analisis" (Bandini et al., 2017; de la Torre Hernandez et al., 2014). Penulis paling aktif lainnya adalah Antonio Torres-García (Torres-García A. A.) yang mempublikasikan penelitiannya

di Meksiko dan Norwegia dengan fokus penelitian pada topik “pembelajaran” (Andreu-Perez et al., 2022; García-Salinas et al., 2023; Torres-García et al., 2021) dan “klasifikasi” (Torres-García, Mendoza-Montoya, et al., 2022; Torres-García, Reyes-García, et al., 2022).

Dr. Omar Mendoza-Montoya juga aktif dalam mengkaji topik ini yang mempublikasikan penelitiannya di Meksiko dan Norwegia dengan fokus penelitian pada topik “klasifikasi” (Alonso-Vázquez et al., 2023). María Aurora Filigrana de la Cruz, Rita Q. Fuentes-Aguilar mempublikasikan penelitiannya di Meksiko dengan fokus topik “analisis” (Perfecto-Avalos et al., 2019). Stefanou (Stefanou I) dan Darve F. Félix menerbitkan artikelnya di negara Meksiko dengan berfokus pada topik pembelajaran (*learning*) sebagai tema paling dominan dalam penelitian. Peneliti lain seperti María Aurora Filigrana de la Cruz, Rita Q. Fuentes-Aguilar, dan Hugo Jair Escalante, mempublikasikan penelitiannya di Meksiko. Fokus penelitiannya mencakup analisis, mesin, jaringan, dan sistem saraf.

Peneliti Paling Produktif Terkait Kajian Klasifikasi dan Pendidikan

Peneliti paling produktif berdasarkan hasil analisis yang ditampilkan pada Gambar 4 adalah Carlos Alberto Reyes-García yang merupakan seorang peneliti di INAOE, Tonantzintla, Puebla, Meksiko sejak tahun 2001. Ia meraih gelar Ph.D. dalam Ilmu Komputer dengan spesialisasi Kecerdasan Buatan dari Florida State University, Tallahassee, AS, dan lulus pada April 1994. Sebelumnya, ia menyelesaikan dua gelar magister, yaitu Magister Ilmu Komputer dan Magister Manajemen Rekayasa, di Florida Institute of Technology, Melbourne, AS, masing-masing pada Juli dan Agustus 1984. Ia memiliki h index sebanyak 52 artikel, dengan 178 publikasi dan 3.7661 sitasi dalam publikasi ilmiahnya selama periode 2008–2025. Focus penelitiannya meliputi Signal, Image and Video Processing, Signal Processing, Computational Intelligence, Artificial Intelligence, Pattern Recognition, Machine Learning, Feature Selection, Classification, dan Algorithms.

Peneliti dengan produktivitas tertinggi selanjutnya adalah Alejandro Antonio Torres-García yang merupakan professor Ekonomi di EAFIT yang memperoleh gelar Ph.D. dalam Ilmu Komputer dari Instituto Nacional de Astrofísica Óptica y Electrónica (INAOE), Meksiko, pada tahun 2016, setelah sebelumnya menyelesaikan studi Magister (M.Sc.) di bidang yang sama di INAOE pada tahun 2011 serta meraih gelar Sarjana (B.Sc.) dalam Teknik Sistem Komputer dari Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez (ITTG), Meksiko, pada tahun 2009. Kontribusinya dalam penelitian antarmuka otak-komputer

(Brain-Computer Interface) mendapat pengakuan melalui penghargaan BCI Meeting NSF Student Travel Award pada tahun 2016. Ia memiliki h index sebanyak 13 artikel dengan 802 sitasi dalam publikasi ilmiahnya selama periode 2013–2025. Focus penelitiannya meliputi Biosignals Processing, Machine Learning, Pattern Recognition, Soft Computing, Brain-Computer Interfaces, Silent Speech Interfaces, Fuzzy Logic, Biosignal-based Early Detection of Neurodegenerative Diseases, dan Computational Thinking.

Peneliti lain yang juga memiliki produktivitas tertinggi adalah Dr. Omar Mendoza-Montoya yang merupakan seorang peneliti di bidang ilmu komputer dan neuroteknologi. Ia berasal dari Chihuahua, Meksiko, dan meraih gelar sarjana di Chihuahua Institute of Technology (ITCH), gelar magister di computer science from the Center for Research in Mathematics (CIMAT), Guanajuato, Meksiko, serta gelar Ph.D. dari Universitas Free University of Berlin, Germany. Ia mengembangkan metode statistik dan teknik pembelajaran mesin untuk analisis sinyal biomedis, serta merancang antarmuka otak-komputer untuk mengendalikan perangkat seperti kursi roda elektrik dan sistem robotik bagi penderita gangguan neuromuskular. Saat ini, ia bekerja sebagai profesor riset di Information Technology Service Management (ITSM) kampus Guadalajara, fokus pada pengembangan sistem kendali otak untuk aplikasi medis. Ia memiliki h-index sebanyak 10 artikel dengan 31 publikasi dan 325 sitasi dalam publikasi ilmiahnya selama periode 2013–2025. Bidang keahliannya meliputi analisis numerik, optimasi, pemrosesan sinyal, dan pencitraan saraf.

Penulis lainnya yang juga ikut berkontribusi dalam tren ini adalah Ioannis Stefanou dengan h index sebanyak 26 dokumen dan 2.306 sitasi dalam publikasi ilmiahnya selama periode 2010–2025. Luis Villaseñor-Pineda dengan h indeks sebanyak 32 dokumen dengan 3.941 sitasi dalam publikasi ilmiahnya selama periode 2008–2025. Javier M. Antelis dengan h indeks sebanyak 43 dokumen dengan 12.949 sitasi dalam publikasi ilmiahnya selama periode 2010–2025. Félix Darve dengan h indeks sebanyak 52 dokumen dengan 8.065 sitasi dalam publikasi ilmiahnya selama periode 2008–2025. Hugo Jair Escalante dengan sitasi dalam publikasi ilmiahnya selama periode 2010–2025. Félix Darve dengan 52 dokumen h indeks dan 8.643 sitasi dalam publikasi ilmiahnya selama periode 2008–2025. María Aurora Filigrana de la Cruz dengan 1 dokumen h indeks dan 34 sitasi dalam publikasi ilmiahnya selama periode 2013–2025. Rita Q. Fuentes-Aguilar dengan 13 dokumen h indeks dan 636 sitasi dalam publikasi ilmiahnya selama periode 2010–2025.

Negara atau Wilayah asal Penulis

Membandingkan tern topik kajian antar negara dapat memberikan nilai tambahan bagi kajian yang lebih mendalam (Park & Kyei, 2011; Pfeffer, 2015; Zua, 2021). Analisis perbandingan ini, dapat mempengaruhi pola, kecenderungan dan faktor yang mempengaruhi hubungan antara materi klasifikasi dengan kemampuan belajar pada peserta didik di setiap negara (Husamah et al., 2024).

Topik "*classification*" dan "*learning*" mendapat banyak perhatian dari peneliti di Meksiko menjadi negara dengan penulis yang paling banyak mengkaji topik ini dengan jumlah publikasi sebanyak 22 publikasi. Topik ini menjadi krusial karena sebagai ilmu dasar pengelompokkan termasuk mengintegrasikan berbagai aspek keanekaragaman hayati dalam penelitian dan konservasi (Sandall et al., 2023b). Selain itu, Pendidikan di negara Meksiko masih berada di peringkat bawah yang menunjukkan bahwa kebijakan pendidikan di wilayah ini masih kurang efektif (Oecd et al, 2021). Meksiko menjadikan fokus kajian tentang Pendidikan berkualitas menjadi perhatian utama seiring meningkatnya tuntutan untuk menjadikan pendidikan lebih menyeluruh, proaktif, dan kompetitif, serta sesuai dengan standar internasional yang diterima dalam kebijakan global yang berpengaruh (Alfaro-Ponce et al., 2023).

Prancis berada pada urutan kedua dengan jumlah publikasi sebanyak 6 dokumen. Amerika Serikat berada pada urutan ketiga dengan jumlah publikasi sebanyak 3 dokumen. Norwegia berada pada urutan keempat dengan jumlah publikasi sebanyak 2 dokumen. Sedangkan Australia, Kanada, Kuba, India, Italia, dan Spanyol berada pada urutan terendah dengan jumlah publikasi masing-masing sebanyak 1 dokumen. India merupakan salah satu negara yang paling sedikit mempublikasi topik *classification and learning*, hal ini dikarenakan negara ini memiliki fokus pembahasan terkait ketahanan pangan, pariwisata, peningkatan kualitas sdm, dan ekonomi hijau. Kajian yang dilakukan oleh (Rosvianto et al., 2025) menyatakan bahwa Pendidikan di negara India masih menghadapi berbagai tantangan, seperti ketimpangan kualitas pendidikan, kekurangan infrastruktur, dan rendahnya efektivitas keterlibatan guru.

Kontribusi Penelitian Klasifikasi dalam Pendidikan Berdasarkan Bidang Keilmuan

Bidang yang berkontribusi terkait topik klasifikasi makhluk hidup, berjumlah delapan bidang, yaitu bidang Biokimia, Genetika dan Molekular dengan jumlah publikasi sebesar 23 publikasi dan persentase publikasi sebesar 43,4%. Bidang lain yang juga banyak mengkaji topik ini adalah Computer Science, dengan publikasi sebanyak 11

artikel dan presentasi publikasi sebesar 20,8%. Sementara itu, bidang Earth and Planetary Sciences dan Physics and Astronomy, masing-masing mempublikasi sebanyak 11 artikel dengan presentasi publikasi sebesar 13,2%. Dalam bidang Mathematics, mempublikasi sebanyak 2 artikel dengan presentasi publikasi sebesar 3,8%. Meskipun beberapa bidang mendominasi, ada beberapa bidang yang menerima perhatian yang lebih sedikit terkait pengkajian tren ini, yaitu bidang Medicine, Economics, Econometrics and Finance Computer, dan Business, Management and Accounting dengan publikasi masing-masing 1 artikel dan presentasi publikasi sebesar 1,9%.

Keterlibatan Materi Klasifikasi Makhluk Hidup dalam Pembangunan Berkelanjutan

Perkembangan biologi masa depan menuntut untuk memiliki pemahaman mendalam terkait materi inti, menguasai kompetensi utama, serta mampu menghubungkan berbagai disiplin ilmu (Marlina et al., 2023). Era biologi moderen merekomendasikan pendekatan interdisipliner untuk menggabungkan biologi dengan berbagai bidang lain, seperti ilmu komputer, Kimia, Geologi, Matematika, Fisika, Sosio-Ekonomi, dan Teknik. Pendekatan ini memungkinkan pemecahan masalah kompleks, khususnya dalam bidang kesehatan, pangan, energi, dan lingkungan, yang semakin menuntut kolaborasi antar disiplin ilmu (Muthmainnah & Nurkamillah, 2022; Nur et al., 2023; Suryawati et al., 2017; von Kotzebue, 2023). Dalam konteks Pendidikan, Pembelajaran secara interdisipliner tidak hanya meningkatkan pemahaman konsep biologi, tetapi juga menjadi salah satu strategi dalam pengembangan diri baik dalam aspek personal maupun profesional sehingga dapat mengembangkan keberanian dan efektifitas diri bagi calon pendidik dan peserta didik (Marlina et al., 2024; Symes et al., 2023).

Salah satu aspek biologi yang memiliki keterkaitan erat dengan pendekatan interdisipliner adalah materi klasifikasi makhluk hidup.

Materi klasifikasi makhluk hidup memberikan wawasan tentang keanekaragaman hayati, hubungan evolusioner, serta peran organisme dalam ekosistem (Pangsuma & Hidayat, 2023). Materi ini juga sebagai ilmu dasar pengelompokkan termasuk mengintegrasikan berbagai aspek keanekaragaman hayati dalam penelitian dan konservasi (Sandall et al., 2023a; Sigwart et al., 2018). Namun, di tengah perkembangan ilmu dan teknologi, aktivitas manusia telah memberikan dampak signifikan terhadap kerusakan biodiversitas. Oleh karena itu, diperlukan program pendidikan yang efektif

untuk mendorong interaksi fungsional dengan lingkungan serta meningkatkan kesadaran akan konservasi sumber daya alam (Sitar & Rusu, 2023). Salah satu contohnya adalah program pendidikan lingkungan di Ahuacatlán, Meksiko, yang berfokus pada konservasi air. Program ini berhasil meningkatkan pengetahuan, sikap, dan persepsi peserta didik terhadap penggunaan serta pelestarian air serta meningkatkan pemahaman masyarakat tentang penggunaan air yang berkelanjutan (Valenzuela-Morales et al., 2022). Dengan demikian, pendekatan interdisipliner dalam pendidikan biologi tidak hanya memperkuat pemahaman konseptual, tetapi juga berkontribusi dalam membentuk perilaku dan sikap yang lebih peduli terhadap lingkungan.

Tren penelitian tentang klasifikasi makhluk hidup dalam pendidikan melibatkan berbagai bidang keilmuan terutama bidang Biokimia, Genetika, dan Biologi Molekuler. Pergeseran pengklasifikasian makhluk hidup hingga tingkat molekuler disebabkan karena adanya perkembangan teknologi yang semakin canggih (Adrianto et al., 2022). Genetika molekuler digunakan untuk menghasilkan informasi yang lebih akurat sebagai penyedia informasi dasar untuk mengidentifikasi penemuan baru (Hidayat, 2024). Ilmu lain seperti Ilmu Komputer, Ilmu Bumi, ekonomi, manajemen, dan kedokteran juga ikut berkontribusi. Ilmu komputer yang berhubungan dengan perkembangan teknologi berdampak pada pemanfaatan database global seperti NCBI (National Center for Biotechnology Information), GBIF (Global Biodiversity Information Facility), dan BOLD (Barcode of Life Data System) yang menyimpan informasi genetik (Nakazato & Jinbo, 2022). Sementara itu, ilmu bumi membantu memahami respons spesies terhadap perubahan iklim, seperti perubahan morfologi, perilaku, dan pergeseran jangkauan geografis. Dampak perubahan iklim pada ekosistem, termasuk produktivitas dan interaksi spesies, memengaruhi layanan ekosistem yang mendukung masyarakat. Pemahaman ini krusial untuk pelestarian lingkungan dan pengelolaan sumber daya alam yang berkelanjutan (Weiskopf et al., 2020).

Pengklasifikasian makhluk hidup yang akurat dan terorganisir merupakan kunci untuk mengakses informasi penting tentang makhluk hidup dalam mendukung upaya pelestarian dan pemahaman tentang keanekaragaman yang ada di bumi sehingga dapat menyediakan kerangka dasar dalam mengorganisasi, mengevaluasi, dan mengelola komponen biodiversitas yang berhubungan dengan penelitian dan upaya konservasi (Sandall et al., 2023). Selain itu, pengklasifikasian juga berperan dalam pengembangan strategi konservasi yang efektif guna menjaga kelestarian lingkungan (Zurriati &

Anggriyani, 2024). Lebih jauh, klasifikasi ini mendukung kajian keanekaragaman hayati serta memperkuat proses identifikasi dan analisis organisme secara lebih mendalam (Pangsuma & Hidayat, 2023).

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, diketahui bahwa tren kajian topik materi klasifikasi makhluk hidup dengan kata kunci "*classification*" dan "*learning*" dengan rentang publikasi 2014 - 2024, topik ini baru mulai dipublikasi pada Scopus sejak tahun 2017. Puncak publikasi paling tinggi terkait topik ini, terjadi pada tahun 2021 bertepatan dengan masa pandemi COVID-19 dengan total publikasi sebanyak 24 publikasi. Meksiko menjadi negara dengan kontribusi terbesar dan Carlos Alberto Reyes-García tercatat sebagai penulis paling produktif dalam bidang ini dengan fokus utama pada pengenalan dan analisis. Penelitian terkait klasifikasi dalam pendidikan didominasi oleh bidang Biochemistry, Genetics, and Molecular Biology. Pengklasifikasian yang akurat dan terorganisir menjadi kunci dalam mendukung upaya pelestarian serta pengelolaan sumber daya alam secara berkelanjutan. Mengingat pentingnya klasifikasi dalam pelestarian lingkungan, pembelajaran klasifikasi makhluk hidup perlu diintegrasikan dengan konsep pendidikan berkelanjutan guna mendukung konservasi, menjaga keseimbangan ekosistem, serta mendorong pembangunan berkelanjutan.

Penelitian terkait topik klasifikasi makhluk hidup ini, masih memiliki keterbatasan. Analisis ini hanya didasarkan pada database dari Scopus, sehingga tidak mencakup keseluruhan publikasi yang relevan. Penelitian ini hanya membatasi dengan menggunakan dua kata kunci saja, yaitu "*classification*" dan "*learning*" sehingga belum menggambarkan keseluruhan yang relevan dan mungkin melewatkan tema baru yang menonjol. Data Scopus yang digunakan juga hanya terbatas pada sepuluh tahun terakhir (2014-2025).

Penelitian yang akan datang dapat mengatasi permasalahan ini dengan memperluas basis data yang tidak hanya sebatas pada data Scopus. Selain itu, peneliti juga diharapkan dapat memalukan studi kuantitatif berupa *Meta-Analysis* terkait pembelajaran klasifikasi makhluk hidup di bidang tertentu dan *Systematic Literature Review* (SLR) agar lebih komprehensif.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, K. H. (2021). Mapping of Marine Safety Publications Using VOSviewer. *ASM Science Journal*, 16, 1–9. <https://doi.org/10.32802/asmscj.2021.774>
- Abdullah, K. H. (2022). Publication trends in biology education: A bibliometric review of 63 years. *Journal of Turkish Science Education*, 19(2), 465–480. <https://doi.org/10.36681/tused.2022.131>
- Abdullah, K. H., Gazali, N., Abd Aziz, F. S., Syam, E., Muzawi, R., Rio, U., Cendra, R., & Nazirun, N. (2022). Six decades of publication performances and scientific maps on sports nutrition. *Journal Sport Area*, 7(1), 1–22. [https://doi.org/10.25299/sportarea.2022.vol7\(1\).8126](https://doi.org/10.25299/sportarea.2022.vol7(1).8126)
- Adrianto, H., Setyawan, Y., Banjarnahor, D. P., Kusumah, I. P., & Messakh, B. D. (2022). Pembekalan Klasifikasi Baru Makhluk Hidup Hewan Kepada Guru-Guru Biologi. *Sebatik*, 26(2), 638–643. <https://doi.org/10.46984/sebatik.v26i2.2152>
- Alfaro-Ponce, B., Alfaro-Ponce, M., Muñoz-Ibáñez, C. A., Durán-González, R. E., Sanabria-Zepeda, J. C., & González-Gómez, Z. L. (2023). Education in Mexico and technological public policy for developing complex thinking in the digital era: A model for technology management. *Journal of Innovation & Knowledge*, 8(4), 100439. <https://doi.org/10.1016/j.jik.2023.100439>
- Alonso-Vázquez, D., Mendoza-Montoya, O., Caraza, R., Martinez, H. R., & Antelis, J. M. (2023). EEG-Based Classification of Spoken Words Using Machine Learning Approaches. *Computation*, 11(11), 225. <https://doi.org/10.3390/computation11110225>
- Andreu-Perez, J., Perez-Espinosa, H., Timonet, E., Kiani, M., Giron-Perez, M. I., Benitez-Trinidad, A. B., Jarchi, D., Rosales-Perez, A., Gatzoulis, N., Reyes-Galaviz, O. F., Torres-Garcia, A., Reyes-Garcia, C. A., Ali, Z., & Rivas, F. (2022). A Generic Deep Learning Based Cough Analysis System From Clinically Validated Samples for Point-of-Need Covid-19 Test and Severity Levels. *IEEE Transactions on Services Computing*, 15(3), 1220–1232. <https://doi.org/10.1109/TSC.2021.3061402>
- Apriana, E., Djufri, Abdullah, & Andalia, N. (2025). Development of an Outcome-Based Education (OBE) Approach in Conservation Biology Lectures to Increase Student Awareness and Conservation Efforts in the Campus Environment. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 11(4), 57–67. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v11i4.10113>
- Aquan, H. M., Handoyo, L. D., & Priantoro, A. T. (2025). Exploring the environmental awareness: Knowledge, attitudes, and behaviors in Indonesia's academic community. *JPBI (Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia)*, 11(1), 218–227. <https://doi.org/10.22219/jpbi.v11i1.39505>
- Arici, F., Yildirim, P., Caliklar, Ş., & Yilmaz, R. M. (2019). Research trends in the use of augmented reality in science education: Content and bibliometric mapping analysis. *Computers & Education*, 142, 103647. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103647>
- Audrin, C. (2024). How is biodiversity understood in compulsory education textbooks? A lexicographic analysis of teaching programs in the French-speaking part of Switzerland. In *Environmental and Sustainability Education in Francophone Europe* (pp. 14–29). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781003591719-2>
- Bandini, A., Orlandi, S., Escalante, H. J., Giovannelli, F., Cincotta, M., Reyes-Garcia, C. A., Vanni, P., Zaccara, G., & Manfredi, C. (2017). Analysis of facial expressions in parkinson's disease through video-based automatic methods. *Journal of Neuroscience Methods*, 281, 7–20. <https://doi.org/10.1016/j.jneumeth.2017.02.006>

- Benjamin, E. J., Blaha, M. J., Chiuve, S. E., Cushman, M., Das, S. R., Deo, R., de Ferranti, S. D., Floyd, J., Fornage, M., Gillespie, C., Isasi, C. R., Jiménez, M. C., Jordan, L. C., Judd, S. E., Lackland, D., Lichtman, J. H., Lisabeth, L., Liu, S., Longenecker, C. T., ... Muntner, P. (2017). Heart Disease and Stroke Statistics—2017 Update: A Report From the American Heart Association. *Circulation*, *135*(10). <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000000485>
- Bozdağ, H. C., Türkoğuz, S., & Gökler, İ. (2021). Bibliometric analysis of studies on the Flipped Classroom Model in biology teaching. *JPBI (Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia)*, *7*(3), 275–287. <https://doi.org/10.22219/jpbi.v7i3.16540>
- Busro, Mailana, A., & Sarifudin, A. (2021). Pendidikan Islam dalam Publikasi Internasional: Analisis Bibliometrik pada Database Scopus. *Edukasi Islami: Jurnal Pendidikan Islam*, *10*(2), 413–426. <https://doi.org/10.30868/ei.v10i02.1591>
- de la Torre Hernandez, J. M., Baz Alonso, J. A., Gómez Hospital, J. A., Alfonso Manterola, F., Garcia Camarero, T., Gimeno de Carlos, F., Roura Ferrer, G., Sanchez Recalde, A., Martínez-Luengas, Í. L., Gomez Lara, J., Hernandez Hernandez, F., Pérez-Vizcayno, M. J., Cequier Fillat, A., Perez de Prado, A., Gonzalez-Trevilla, A. A., Jimenez Navarro, M. F., Mauri Ferre, J., Fernandez Diaz, J. A., Pinar Bermudez, E., & Zueco Gil, J. (2014). Clinical Impact of Intravascular Ultrasound Guidance in Drug-Eluting Stent Implantation for Unprotected Left Main Coronary Disease. *JACC: Cardiovascular Interventions*, *7*(3), 244–254. <https://doi.org/10.1016/j.jcin.2013.09.014>
- Derman, M. (2023). A Bibliometric Analysis of Biodiversity Education. *Journal of Science Learning*, *6*(1), 34–47. <https://doi.org/10.17509/jsl.v6i1.50831>
- Dewi, P. S., Widodo, A., Rochintaniawati, D., & Prima, E. C. (2021). Web-Based Inquiry in Science Learning: Bibliometric Analysis. *Indonesian Journal of Science and Mathematics Education*, *4*(2), 191–203. <https://doi.org/10.24042/ij sme.v4i2.9576>
- Edo, G. I., Itoje-akpokiniovo, L. O., Obasohan, P., Ikpekoru, V. O., Samuel, P. O., Jikah, A. N., Nosu, L. C., Ekokotu, H. A., Ugbune, U., Oghroro, E. E. A., Emakpor, O. L., Ainyanbhor, I. E., Mohammed, W. A.-S., Akpoghelie, P. O., Owhero, J. O., & Agbo, J. J. (2024). Impact of environmental pollution from human activities on water, air quality and climate change. *Ecological Frontiers*, *44*(5), 874–889. <https://doi.org/10.1016/j.ecofro.2024.02.014>
- Entang, E., Aria Utama, J., Liliawati, W., Sohn, J., & Wahyudi, I. (2024). Research Trends About Education for Sustainable Development (ESD) in Science Learning: A Bibliometric Analysis During 2014-2024. *Jurnal Pendidikan MIPA*, *25*(3), 1317–1328. <https://doi.org/10.23960/jpmipa/v25i3.pp1317-1328>
- Erwinsyah, E. (2022). Environmental knowledge, attitudes, and practices for behavior change of university students: the case of Indonesia. *Journal of STEAM Education*, *5*(2), 181–192. <https://doi.org/10.55290/steam.1075516>
- Farhat, F., Silva, E. S., Hassani, H., Madsen, D. Ø., Sohail, S. S., Himeur, Y., Alam, M. A., & Zafar, A. (2024). The scholarly footprint of ChatGPT: a bibliometric analysis of the early outbreak phase. *Frontiers in Artificial Intelligence*, *6*. <https://doi.org/10.3389/fr ai.2023.1270749>
- Fire, M., & Guestrin, C. (2019). Over-optimization of academic publishing metrics: observing Goodhart's Law in action. *GigaScience*, *8*(6). <https://doi.org/10.1093/gigascience/giz053>
- Fitri, I. A., Sumarti, S. S., & Mulyono, S. E. (2023). Bibliometric Analysis: Research Trends in Project Based Learning Learning Models on Science Lesson Content (2003-2023). *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, *9*(SpecialIssue), 159–164. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9iSpecialIssue.4083>

- Fujiyanti, W., Fitri, M., Paramitha, S. T., & Apriady, H. (2024). Tren Publikasi dan Kolaborasi dalam Penelitian Olahraga Panjat Tebing: Analisis Bibliometrik Selama Dekade Terakhir. *Jurnal Dunia Pendidikan*, 5(2), 539–552.
- García-Salinas, J. S., Torres-García, A. A., Reyes-García, C. A., & Villaseñor-Pineda, L. (2023). Intra-subject class-incremental deep learning approach for EEG-based imagined speech recognition. *Biomedical Signal Processing and Control*, 81, 104433. <https://doi.org/10.1016/j.bspc.2022.104433>
- Gaviria-Marin, M., Merigó, J. M., & Baier-Fuentes, H. (2019). Knowledge management: A global examination based on bibliometric analysis. *Technological Forecasting and Social Change*, 140, 194–220. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.07.006>
- Guillén, M. E., Tirado, D. M., & Sánchez, A. R. (2022). The impact of COVID-19 on university students and competences in education for sustainable development: Emotional intelligence, resilience and engagement. *Journal of Cleaner Production*, 380, 135057. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.135057>
- Hayat, S. M., Yunus, M., Nada, N. Q., & Suma, S. (2024). Analysis of the Integration of SDGs Values in Learning Science Project in Vocational Schools to Build a Sustainable Lifestyle. *KnE Social Sciences*. <https://doi.org/10.18502/kss.v9i6.15265>
- Hidayat, T. (2024). Kajian Biologi Sistematis Molekuler untuk Masa Depan yang Lebih Baik. *Seminar Nasional Biologi "Inovasi Penelitian Dan Pembelajaran Biologi VIII (IP2B VIII) 2024"*, 8, 1–14. <https://proceeding.unesa.ac.id/index.php/ip2b/article/view/4425>
- Husamah, H., Adlini, M. N., Luzyawati, L., & Lestari, N. (2024). Trends and coverage of strengthening literacy in biology learning: Systematic literature review of the Scopus database in four decades. *Jurnal Biolokus*, 7(1), 19. <https://doi.org/10.30821/biolokus.v7i1.3550>
- Id Babou, A., Selmaoui, S., Alami, A., Benjelloun, N., & Zaki, M. (2023). Teaching Biodiversity: Towards a Sustainable and Engaged Education. *Education Sciences*, 13(9), 931. <https://doi.org/10.3390/educsci13090931>
- IPBES. (2019). *Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*. IPBES.
- Iriani, T. (2017). Trend Penelitian Pendidikan Dan Kemampuan Menyusun Skripsi Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta. *Jurnal PenSil*, 6(2), 92–105. <https://doi.org/10.21009/jpensil.v6i2.8238>
- Izhar, N. A., Al-Dheleai, Y. M., & Ishak, N. A. (2021). Education Continuation Strategies during COVID-19 in Malaysia. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, 11(4). <https://doi.org/10.6007/IJARBS/v11-i4/9840>
- Izhar, N. A., Al-dheleai, Y. M., & Si Na, K. (2021). Teaching in the Time of Covid-19: The Challenges Faced By Teachers in Initiating Online Class Sessions. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, 11(2). <https://doi.org/10.6007/IJARBS/v11-i2/9205>
- Jana, P. K., Majumdar, A., & Dutta, S. (2023). Predicting Future Pandemic and Formulating Prevention Strategy: The Role of ChatGPT. *Cureus*. <https://doi.org/10.7759/cureus.44825>
- Julia, J., Afrianti, N., Soomro, K. A., Supriyadi, T., Dolifah, D., Isrokatun, I., Erhamwilda, E., & Ningrum, D. (2020). Flipped Classroom Educational Model (2010-2019): A Bibliometric Study. *European Journal of Educational Research*, volume-9-2020(volume-9-issue-4-october-2020), 1377–1392. <https://doi.org/10.12973/eurjer.9.4.1377>

- Katon, D. S., Fayyaadh, A. K., & Rosmalika, A. (2024). Inovasi Kurikulum Berbasis Lingkungan Untuk Meningkatkan Kesadaran Siswa Terhadap Kelestarian Alam. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat: Kreasi Mahasiswa Manajemen*, 4(3), 247–255. <https://doi.org/10.32493/kmm.v4i3.45847>
- Khan, H. M. R., Ahmad, S., Javed, R., & Nasir, N. (2023). The Significance of Artificial Intelligence in Business and Accounting: A Bibliometric Analysis. *Pakistan Journal of Humanities and Social Sciences*, 11(2). <https://doi.org/10.52131/pjhss.2023.1102.0417>
- Kilinc, A., Yeşiltaş, N. K., Kartal, T., Demiral, Ü., & Eroğlu, B. (2013). School Students' Conceptions about Biodiversity Loss: Definitions, Reasons, Results and Solutions. *Research in Science Education*, 43(6), 2277–2307. <https://doi.org/10.1007/s11165-013-9355-0>
- Kılıç, D. (2016). Pre-service Teachers' Conceptual Structures and Reasoning Patterns on Animal Classification. *Universal Journal of Educational Research*, 4(4), 830–841. <https://doi.org/10.13189/ujer.2016.040420>
- Kousha, K., & Thelwall, M. (2018). Can Microsoft Academic help to assess the citation impact of academic books? *Journal of Informetrics*, 12(3), 972–984. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2018.08.003>
- Kulkova, J., Kulkov, I., Rohrbeck, R., Lu, S., Khwaja, A., Karjaluoto, H., & Mero, J. (2023). Medicine of the future: How and who is going to treat us? *Futures*, 146, 103097. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2023.103097>
- Kushairi, N., & Ahmi, A. (2021). Flipped classroom in the second decade of the Millenia: a Bibliometrics analysis with Lotka's law. *Education and Information Technologies*, 26(4), 4401–4431. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10457-8>
- Lefrançois, T., Malvy, D., Atlani-Duault, L., Benamouzig, D., Druais, P.-L., Yazdanpanah, Y., Delfraissy, J.-F., & Lina, B. (2023). After 2 years of the COVID-19 pandemic, translating One Health into action is urgent. *The Lancet*, 401(10378), 789–794. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(22\)01840-2](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(22)01840-2)
- Lestari, W. Y., Surtikanti, H. K., Rahman, T., & Riandi. (2024). Research Trends on Local Potential and Opportunities in Science Education: A Bibliometric Analysis Using VOSviewer. *Journal of Applied Science, Engineering, Technology, and Education*, 6(1), 80–87. <https://doi.org/10.35877/454RI.asci3058>
- Lubis, M., Cholily, Y. M., Rahardjanto, A., Pantiwati, Y., & Wahyono, P. (2025). Authentic Assessment Research Trends in Biology Learning: A Bibliometric Analysis. *Al Jahiz: Journal of Biology Education Research*, 6(1), 53–74. <https://doi.org/10.32332/al-jahiz.v6i1.10421>
- Maccaro, A., Audia, C., Stokes, K., Masud, H., Sekalala, S., Pecchia, L., & Piaggio, D. (2023). Pandemic Preparedness: A Scoping Review of Best and Worst Practices from COVID-19. *Healthcare*, 11(18), 2572. <https://doi.org/10.3390/healthcare11182572>
- Mace, G. M., Norris, K., & Fitter, A. H. (2012). Biodiversity and ecosystem services: a multilayered relationship. *Trends in Ecology & Evolution*, 27(1), 19–26. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2011.08.006>
- Mahmoud, S. H., & Gan, T. Y. (2018). Impact of anthropogenic climate change and human activities on environment and ecosystem services in arid regions. *Science of The Total Environment*, 633, 1329–1344. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.03.290>
- Manishimwe, H., Shivoga, W. A., & Nsengimana, V. (2021). The Role of Innovative Teaching and Learning Methods Towards the Classification of Living Things: A

- Review. *African Journal of Educational Studies in Mathematics and Sciences*, 17(1), 79–89. <https://doi.org/10.4314/ajesms.v17i1.5>
- Marlina, R., Suwono, H., Ibrohim, I., Yuenyong, C., Husamah, H., & Hamdani, H. (2024). Theoretical frameworks of self-efficacy in collaborative science learning practices: A systematic literature review. *JPBI (Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia)*, 10(2), 602–615. <https://doi.org/https://doi.org/10.22219/jpbi.v10i2.33628>
- Marlina, R., Suwono, H., Yuenyong, C., Ibrohim, I., Mahanal, S., Saefi, M., & Hamdani, H. (2023). Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) for Preservice Biology Teachers: Two Insights More Promising. *Participatory Educational Research*, 10(6), 245–265. <https://doi.org/10.17275/per.23.99.10.6>
- Merigó, J. M., Gil-Lafuente, A. M., & Yager, R. R. (2015). An overview of fuzzy research with bibliometric indicators. *Applied Soft Computing*, 27, 420–433. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2014.10.035>
- Muthmainnah, R., & Nurkamilah, S. (2022). Biology Teachers' Tpack Self-Efficacy In Practical Work During Distance Learning. *Lentera Pendidikan : Jurnal Ilmu Tarbiyah Dan Keguruan*, 25(1), 157–171. <https://doi.org/10.24252/lp.2022v25n1i14>
- Naeem, S., Zhang, Y., Tian, J., Qamer, F. M., Latif, A., & Paul, P. K. (2020). Quantifying the Impacts of Anthropogenic Activities and Climate Variations on Vegetation Productivity Changes in China from 1985 to 2015. *Remote Sensing*, 12(7), 1113. <https://doi.org/10.3390/rs12071113>
- Nakazato, T., & Jinbo, U. (2022). Cross-sectional use of barcode of life data system and GenBank as DNA barcoding databases for the advancement of museomics. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 10. <https://doi.org/10.3389/fevo.2022.966605>
- Nind, M., Coverdale, A., & Meckin, R. (2023). Research practices for a pandemic and an uncertain future: synthesis of the learning among the social research community 2020–2022. *International Journal of Social Research Methodology*, 26(5), 615–630. <https://doi.org/10.1080/13645579.2023.2173842>
- Novia, N., Permanasari, A., & Riandi, R. (2021). Research on educational games in STEM area 2010-2020: a bibliometric analysis of literature. *Journal of Physics: Conference Series*, 1806(1), 012209. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1806/1/012209>
- Nur, T. D., Corebima, A. D., Zubaidah, S., Ibrohim, I., & Saefi, M. (2023). Learning Biology through Thinking Empowerment by Questioning: The Effect on Conceptual Knowledge and Critical Thinking. *Participatory Educational Research*, 10(1), 122–139. <https://doi.org/10.17275/per.23.7.10.1>
- Nurhayati, E. S., & Lawanda, I. I. (2023). Perkembangan dan Tren Penelitian Global tentang Research Data Management. *Lentera Pustaka: Jurnal Kajian Ilmu Perpustakaan, Informasi Dan Kearsipan*, 9(2), 201–216. <https://doi.org/10.14710/lenpust.v9i2.55264>
- Oecd et al. (2021). *Latin American Economic Outlook 2021*. OECD. <https://doi.org/10.1787/5fedabe5-en>
- Ojala, M., Cunsolo, A., Ogunbode, C. A., & Middleton, J. (2021). Anxiety, Worry, and Grief in a Time of Environmental and Climate Crisis: A Narrative Review. *Annual Review of Environment and Resources*, 46(1), 35–58. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-012220-022716>
- Otto, E., Culakova, E., Meng, S., Zhang, Z., Xu, H., Mohile, S., & Flannery, M. A. (2022). Overview of Sankey flow diagrams: Focusing on symptom trajectories in older adults with advanced cancer. *Journal of Geriatric Oncology*, 13(5), 742–746. <https://doi.org/10.1016/j.jgo.2021.12.017>

- Pangsuma, N., & Hidayat, T. (2023). The Urgency Of Understanding Taxonomy In Learning Biology. *Biodik: Jurnal Ilmiah Pendidikan Biologi*, 9(4), 95–110. <https://doi.org/10.22437/biodik.v9i4.31092>
- Park, H., & Kyei, P. (2011). Literacy Gaps by Educational Attainment: A Cross-National Analysis. *Social Forces*, 89(3), 879–904. <https://doi.org/10.1093/sf/89.3.879>
- Perfecto-Avalos, Y., Garcia-Gonzalez, A., Hernandez-Reynoso, A., Sánchez-Ante, G., Ortiz-Hidalgo, C., Scott, S.-P., Fuentes-Aguilar, R. Q., Diaz-Dominguez, R., León-Martínez, G., Velasco-Vales, V., Cárdenas-Escudero, M. A., Hernández-Hernández, J. A., Santos, A., Borbolla-Escoboza, J. R., & Villela, L. (2019). Discriminant analysis and machine learning approach for evaluating and improving the performance of immunohistochemical algorithms for COO classification of DLBCL. *Journal of Translational Medicine*, 17(1), 198. <https://doi.org/10.1186/s12967-019-1951-y>
- Perlman, S., & Peiris, M. (2023). Coronavirus research: knowledge gaps and research priorities. *Nature Reviews Microbiology*, 21(3), 125–126. <https://doi.org/10.1038/s41579-022-00837-3>
- Perwitasari, S. I., Hariyono, E., & Susantini, E. (2023). Implementation of ESD (Education for Sustainable Development) in Climate Change Learning: A Literature Review. *IJORER: International Journal of Recent Educational Research*, 4(4), 399–415. <https://doi.org/10.46245/ijorer.v4i4.317>
- Pfeffer, F. T. (2015). Equality and quality in education. A comparative study of 19 countries. *Social Science Research*, 51, 350–368. <https://doi.org/10.1016/j.ssresearch.2014.09.004>
- Phong, S. Y., Khek, S. L., & Phoong, S. W. (2022). The Bibliometric Analysis on Finite Mixture Model. *Sage Open*, 12(2). <https://doi.org/10.1177/21582440221101039>
- Pokhrel, S., & Chhetri, R. (2021). A Literature Review on Impact of COVID-19 Pandemic on Teaching and Learning. *Higher Education for the Future*, 8(1), 133–141. <https://doi.org/10.1177/2347631120983481>
- Praimee, U., Wongchantra, P., Junkaew, L., Ongon, S., Sookngam, K., Wongchantra, K., Phothibat, P., Bunnaen, W., & Sommla, L. (2023). Factors Affecting Awareness of Environmental Conservation of Undergraduate Students. *World Journal of Education*, 13(5), 23. <https://doi.org/10.5430/wje.v13n5p23>
- Rosvianto, D., Mislaini, & Bintang, N. K. (2025). Transformasi Sistem Pendidikan di India: Profil, Tujuan, Manajemen, Pendidikan Islam, dan Tantangan dalam Menghadapi Isu Global. *Jurnal Sadewa : Publikasi Ilmu Pendidikan, Pembelajaran Dan Ilmu Sosial*, 3(1), 23–39. <https://doi.org/10.61132/sadewa.v3i1.1435>
- Sandall, E. L., Maureaud, A. A., Guralnick, R., McGeoch, M. A., Sica, Y. V., Rogan, M. S., Booher, D. B., Edwards, R., Franz, N., Ingenloff, K., Lucas, M., Marsh, C. J., McGowan, J., Pinkert, S., Ranipeta, A., Uetz, P., Wieczorek, J., & Jetz, W. (2023a). A globally integrated structure of taxonomy to support biodiversity science and conservation. *Trends in Ecology & Evolution*, 38(12), 1143–1153. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2023.08.004>
- Sandall, E. L., Maureaud, A. A., Guralnick, R., McGeoch, M. A., Sica, Y. V., Rogan, M. S., Booher, D. B., Edwards, R., Franz, N., Ingenloff, K., Lucas, M., Marsh, C. J., McGowan, J., Pinkert, S., Ranipeta, A., Uetz, P., Wieczorek, J., & Jetz, W. (2023b). A globally integrated structure of taxonomy to support biodiversity science and conservation. *Trends in Ecology & Evolution*, 38(12), 1143–1153. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2023.08.004>
- Saputra, I. F., Bambang Hariyadi, B. H., & Evita Anggereini, E. A. (2023). Analisis Bibliometrik Perkembangan Riset Media Pembelajaran Biologi Berbasis Teknologi

- di SMA Menggunakan Vosviewer. *BIODIK*, 9(2), 13–23. <https://doi.org/10.22437/biodik.v9i2.20906>
- Sedira, N., Pinto, J., Bentes, I., & Pereira, S. (2024). Bibliometric analysis of global research trends on biomimetics, biomimicry, bionics, and bio-inspired concepts in civil engineering using the Scopus database. *Bioinspiration & Biomimetics*, 19(4), 041001. <https://doi.org/10.1088/1748-3190/ad3ff6>
- Shoaib, M. H., Sikandar, M., Yousuf, R. I., Parkash, M., Kazmi, S. J. H., Ahmed, F. R., Ahmed, K., Saleem, M. T., & Zaidi, S. H. (2023). Graduate and postgraduate educational challenges during the COVID-19 pandemic period: its impact and innovations—a scoping review. *Systematic Reviews*, 12(1), 195. <https://doi.org/10.1186/s13643-023-02359-2>
- Sigwart, J. D., Bennett, K. D., Edie, S. M., Mander, L., Okamura, B., Padian, K., Wheeler, Q., Winston, J. E., & Yeung, N. W. (2018). Measuring Biodiversity and Extinction—Present and Past. *Integrative and Comparative Biology*. <https://doi.org/10.1093/icb/icy113>
- Sitar, G.-M., & Rusu, A. S. (2023). The Impact of Environmental Educational Programs in Promoting Insects Conservation Awareness: A Scoping Review. *Journal of Educational Sciences*, 47(1), 74–92. <https://doi.org/10.35923/JES.2023.1.05>
- Sposab, K., & Rieckmann, M. (2024). *Development of Sustainability Competencies in Secondary School Education. A Scoping Literature Review*. <https://doi.org/10.20944/preprints202410.0054.v1>
- Strozzi, F., Colicchia, C., Creazza, A., & Noè, C. (2017). Literature review on the ‘Smart Factory’ concept using bibliometric tools. *International Journal of Production Research*, 55(22), 6572–6591. <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1326643>
- Subbiah, V. (2023). The next generation of evidence-based medicine. *Nature Medicine*, 29(1), 49–58. <https://doi.org/10.1038/s41591-022-02160-z>
- Suryawati, E., Linggasari, M. N., & Arnentis, A. (2017). Technological Pedagogical and Content Knowledge of Biology Prospective Teachers. *Biosaintifika: Journal of Biology & Biology Education*, 9(3), 498. <https://doi.org/10.15294/biosaintifika.v9i3.11270>
- Suwandi, T., Rahmat, A., Jamil, M. W., & Nurkhalishah, S. (2023). Research trends on biology digital modules: A bibliometric analysis. *Biosfer*, 16(1), 13–24. <https://doi.org/10.21009/biosferjpb.31361>
- Swacha, J. (2021). State of Research on Gamification in Education: A Bibliometric Survey. *Education Sciences*, 11(2), 69. <https://doi.org/10.3390/educsci11020069>
- Symes, W., Lazarides, R., & Hußner, I. (2023). The development of student teachers’ teacher self-efficacy before and during the COVID-19 pandemic. *Teaching and Teacher Education*, 122, 103941. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2022.103941>
- Tafese, M. B., & Kopp, E. (2025). Education for sustainable development: analyzing research trends in higher education for sustainable development goals through bibliometric analysis. *Discover Sustainability*, 6(1), 51. <https://doi.org/10.1007/s43621-024-00711-7>
- Tejedor, G., Segalàs, J., Barrón, Á., Fernández-Morilla, M., Fuertes, M. T., Ruiz-Morales, J., Gutiérrez, I., García-González, E., Aramburuzabala, P., & Hernández, À. (2019). Didactic Strategies to Promote Competencies in Sustainability. *Sustainability*, 11(7), 2086. <https://doi.org/10.3390/su11072086>
- Torres-García, A. A., García, C. A. R., Villasenor-Pineda, L., & Mendoza-Montoya, O. (2021). *Biosignal processing and classification using computational learning and intelligence: principles, algorithms, and applications*. Pers Akademik.

- Torres-García, A. A., Mendoza-Montoya, O., Molinas, M., Antelis, J. M., Moctezuma, L. A., & Hernández-Del-Toro, T. (2022). Pre-processing and feature extraction. In *Biosignal Processing and Classification Using Computational Learning and Intelligence* (pp. 59–91). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-820125-1.00014-2>
- Torres-García, A. A., Reyes-García, C. A., & Villaseñor-Pineda, L. (2022). A survey on EEG-based imagined speech classification. In *Biosignal Processing and Classification Using Computational Learning and Intelligence* (pp. 251–270). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-820125-1.00025-7>
- Torres-García, A. A., Reyes-García, C. A., Villaseñor-Pineda, L., & García-Aguilar, G. (2016). Implementing a fuzzy inference system in a multi-objective EEG channel selection model for imagined speech classification. *Expert Systems with Applications*, 59, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2016.04.011>
- UNESCO. (2018). *Issues and trends in education for sustainable development*. UNESCO. <https://doi.org/10.54675/YELO2332>
- Valenzuela-Morales, G. Y., Hernández-Téllez, M., Ruiz-Gómez, M. de L., Gómez-Albores, M. A., Arévalo-Mejía, R., & Mastachi-Loza, C. A. (2022). Water Conservation Education in Elementary Schools: The Case of the Nenetzingo River Catchment, Mexico. *Sustainability*, 14(4), 2402. <https://doi.org/10.3390/su14042402>
- von Kotzebue, L. (2023). Two is better than one—Examining biology-specific TPACK and its T-dimensions from two angles. *Journal of Research on Technology in Education*, 55(5), 765–782. <https://doi.org/10.1080/15391523.2022.2030268>
- Vonderschmitt, J., Wöhlke, S., & Schick Tanz, S. (2023). Scarce resources, public health and professional care: the COVID-19 pandemic exacerbating bioethical conflicts — findings from global qualitative expert interviews. *BMC Public Health*, 23(1), 2492. <https://doi.org/10.1186/s12889-023-17249-4>
- Wang, W., Dong, X., Qu, J., Lin, Y., & Liu, L. (2024). Bibliometric Analysis of Microtia-Related Publications From 2006 to 2020. *Ear, Nose & Throat Journal*, 103(1), 36–40. <https://doi.org/10.1177/01455613211037641>
- Weiskopf, S. R., Rubenstein, M. A., Crozier, L. G., Gaichas, S., Griffis, R., Halofsky, J. E., Hyde, K. J. W., Morelli, T. L., Morissette, J. T., Muñoz, R. C., Pershing, A. J., Peterson, D. L., Poudel, R., Staudinger, M. D., Sutton-Grier, A. E., Thompson, L., Vose, J., Weltzin, J. F., & Whyte, K. P. (2020). Climate change effects on biodiversity, ecosystems, ecosystem services, and natural resource management in the United States. *Science of The Total Environment*, 733, 137782. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137782>
- Wilsa, A. W., Sutikno, S., & Indriyanti, D. R. (2023). Bibliometric Analysis: Augmented Reality Research Trends in Indonesia in Biology Learning. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(4), 1937–1947. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i4.2562>
- Zainuddin, Z., Zhang, Y., Li, X., Chu, S. K. W., Idris, S., & Keumala, C. M. (2019). Research trends in flipped classroom empirical evidence from 2017 to 2018. *Interactive Technology and Smart Education*, 16(3), 255–277. <https://doi.org/10.1108/ITSE-10-2018-0082>
- Zhang, L., Carter, R. A., Qian, X., Yang, S., Rujimora, J., & Wen, S. (2022). Academia's responses to crisis: A bibliometric analysis of literature on online learning in higher education during COVID-19. *British Journal of Educational Technology*, 53(3), 620–646. <https://doi.org/10.1111/bjet.13191>
- Zhang, Z., & Gillespie, C. (2023). The Impact of Teaching and Learning Changes During the COVID-19 Pandemic on the Post-Pandemic Era. *Proceedings of the 2023 8th International Conference on Distance Education and Learning*, 256–262. <https://doi.org/10.1145/3606094.3606116>

- Zua, B. (2021). Literacy: Gateway to a World of Exploits. *International Journal of Education and Literacy Studies*, 9(1), 96.
<https://doi.org/10.7575/aiac.ijels.v.9n.1p.96>
- Zurriati, & Anggriyani, F. C. W. (2024). Klasifikasi Makhluk Hidup. *Jurnal Ilmiah Multidisiplin*, 1(5), 17–31.
<https://jurnalisticomah.org/index.php/merdeka/article/view/1575>
- Zyoud, S. H., Shakhshir, M., Koni, A., Shahwan, M., Jairoun, A. A., & Al-Jabi, S. W. (2023). Olfactory and Gustatory Dysfunction in COVID-19: A Global Bibliometric and Visualized Analysis. *Annals of Otology, Rhinology & Laryngology*, 132(2), 164–172.
<https://doi.org/10.1177/00034894221082735>