

Analisis Bibliometrik tentang *Universal Design for Learning* dalam Pembelajaran Abad ke-21

Loso Judijanto¹, Muhammad Rusdi²

¹ IPOSS Jakarta

² Universitas Medan Area

Info Artikel

Article history:

Received Mei, 2025

Revised Mei, 2025

Accepted Mei, 2025

Kata Kunci:

Artificial Intelligence,
Bibliometrik, Pembelajaran
Abad ke-21, *Universal Design for Learning*

Keywords:

21st Century Learning, Artificial
Intelligence, Bibliometrics,
Universal Design for Learning

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tren publikasi, kolaborasi penulis dan institusi, serta perkembangan tematik dalam studi *Universal Design for Learning* (UDL) dalam konteks pembelajaran abad ke-21 melalui pendekatan bibliometrik. Data dikumpulkan dari basis data Scopus dengan rentang waktu 2010–2024 dan dianalisis menggunakan perangkat lunak VOSviewer. Hasil analisis menunjukkan bahwa Amerika Serikat merupakan pusat kolaborasi global dengan keterhubungan luas terhadap negara lain, sedangkan negara-negara Asia Timur mendominasi produktivitas penulis dalam klaster tersendiri. Secara tematik, literatur UDL berkembang ke arah dua kutub utama: pendekatan pedagogi inklusif dan integrasi dengan teknologi cerdas seperti *machine learning* dan *artificial intelligence*. Visualisasi temporal dan heatmap mengungkapkan bahwa topik-topik berbasis teknologi cenderung meningkat dalam tiga tahun terakhir, menunjukkan pergeseran fokus riset ke arah personalisasi pembelajaran berbasis data. Temuan ini memberikan gambaran menyeluruh mengenai arah perkembangan UDL dan membuka peluang integrasi multidisipliner dalam menjawab tantangan pendidikan digital yang inklusif dan adaptif.

ABSTRACT

This study aims to analyze publication trends, author and institution collaboration, and thematic developments in *Universal Design for Learning* (UDL) studies in the context of 21st century learning through a bibliometric approach. Data were collected from the Scopus database with a time span of 2010-2024 and analyzed using VOSviewer software. The results of the analysis show that the United States is the center of global collaboration with extensive connections to other countries, while East Asian countries dominate author productivity in a separate cluster. Thematically, UDL literature is evolving towards two main poles: inclusive pedagogical approaches and integration with smart technologies such as machine learning and artificial intelligence. Temporal visualizations and heatmaps reveal that technology-based topics tend to increase in the last three years, indicating a shift in research focus towards personalizing data-driven learning. These findings provide a comprehensive picture of the direction of UDL development and open up opportunities for multidisciplinary integration in addressing the challenges of inclusive and adaptive digital education.

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



Corresponding Author:

Name: Loso Judijanto

Institution: IPOSS Jakarta

Email: losojudijantobumn@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Transformasi pendidikan di abad ke-21 telah menuntut sistem pembelajaran yang inklusif, adaptif, dan responsif terhadap keragaman kebutuhan peserta didik. Perkembangan teknologi, globalisasi, dan penekanan pada keterampilan abad ke-21 seperti berpikir kritis, kolaborasi, dan literasi digital telah mengubah lanskap pembelajaran secara signifikan (Dewi, 2019; Septyah, 2024). Dalam konteks ini, pendekatan pedagogis konvensional yang bersifat seragam dan instruksional mulai dianggap tidak lagi relevan dalam menjawab tantangan zaman. Oleh karena itu, pendekatan baru yang menempatkan fleksibilitas dan keberagaman peserta didik sebagai prinsip utama menjadi sangat diperlukan (Komara, 2018).

Salah satu pendekatan yang mendapat perhatian besar dalam konteks pembelajaran inklusif dan diferensiasi adalah *Universal Design for Learning* (UDL). UDL adalah kerangka kerja pedagogis yang dirancang untuk mengakomodasi beragam gaya belajar, kebutuhan kognitif, dan latar belakang sosial budaya peserta didik melalui penyajian materi ajar, ekspresi belajar, dan keterlibatan yang fleksibel (Wisada & Sudarma, 2019). Pendekatan ini dipengaruhi oleh prinsip universal design dalam bidang arsitektur yang menekankan aksesibilitas dan kegunaan bagi semua individu tanpa perlu adaptasi tambahan (Nuryani et al., 2019). Dalam pendidikan, UDL bertujuan menciptakan lingkungan belajar yang dapat diakses dan dimanfaatkan oleh semua siswa, termasuk mereka yang memiliki kebutuhan khusus.

Dalam dua dekade terakhir, *Universal Design for Learning* telah menjadi objek kajian yang berkembang pesat dalam literatur pendidikan internasional. Studi-studi menunjukkan bahwa penerapan UDL dapat meningkatkan partisipasi, motivasi, dan capaian akademik siswa, terutama dalam konteks pendidikan inklusif dan berbasis teknologi (Abdillah & Hamami, 2021; Redhana, 2024). Selain itu, UDL dinilai sangat relevan dalam menjawab tantangan pembelajaran jarak jauh dan hybrid yang semakin marak pasca-pandemi COVID-19. Konteks pembelajaran abad ke-21 yang serba digital dan dinamis memperkuat urgensi untuk mengkaji sejauh mana UDL diadopsi, dikembangkan, dan diteliti dalam komunitas akademik global.

Namun demikian, meskipun wacana tentang UDL semakin populer, penyebaran, tren topik, dan kolaborasi peneliti dalam studi UDL belum banyak dipetakan secara sistematis. Hal ini menciptakan kesenjangan dalam memahami bagaimana pengetahuan tentang UDL berkembang secara global, apa saja tema utama yang mendominasi diskursus ini, serta bagaimana kontribusi institusi dan negara dalam membentuk arah penelitian UDL. Dalam situasi seperti ini, pendekatan bibliometrik menjadi metode yang tepat untuk menjelajahi struktur intelektual dan dinamika evolusi bidang ini secara kuantitatif dan visual. Analisis bibliometrik memungkinkan peneliti untuk mengidentifikasi pola publikasi, pengaruh penulis atau institusi, jaringan kolaborasi, serta topik-topik yang sedang naik daun berdasarkan metadata dari artikel-artikel ilmiah yang tersedia dalam database besar seperti Scopus (Donthu et al., 2021). Dengan pendekatan ini, studi tentang UDL dapat dijelajahi secara mendalam, tidak hanya dari segi isi teoretisnya tetapi juga dari segi kontribusi ilmiah yang lebih luas. Hal ini penting untuk memperkuat dasar konseptual dan empiris bagi pengembangan praktik UDL di masa depan, serta mengidentifikasi celah penelitian yang belum banyak dieksplorasi.

Walaupun literatur mengenai *Universal Design for Learning* telah berkembang secara signifikan, belum banyak studi yang secara sistematis menganalisis tren publikasi, peta kolaborasi, dan perkembangan tematik UDL dalam konteks pembelajaran abad ke-21 menggunakan pendekatan bibliometrik. Kekosongan ini menghambat pemahaman menyeluruh tentang arah,

dinamika, dan kontribusi akademik dalam pengembangan UDL, serta melemahkan upaya untuk mengintegrasikan pendekatan ini secara optimal dalam sistem pendidikan yang semakin digital dan inklusif. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis bibliometrik terhadap publikasi ilmiah mengenai *Universal Design for Learning* (UDL) dalam konteks pembelajaran abad ke-21.

2. METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan pendekatan bibliometrik untuk mengeksplorasi tren publikasi, kolaborasi ilmiah, dan perkembangan tematik dalam studi *Universal Design for Learning* (UDL) dalam konteks pembelajaran abad ke-21. Pendekatan bibliometrik dipilih karena mampu memberikan pemetaan kuantitatif dan visual atas literatur ilmiah yang tersebar luas, serta mengidentifikasi dinamika perkembangan ilmu berdasarkan data publikasi yang terstandar (Donthu et al., 2021).

2.1 Sumber Data

Data bibliografi dikumpulkan dari Scopus, salah satu basis data ilmiah terbesar dan paling komprehensif yang mencakup jurnal-jurnal *peer-reviewed* dari berbagai disiplin ilmu. Pencarian dilakukan dengan menggunakan kata kunci: "*Universal Design for Learning*" dan "*21st century learning*" atau padanan serupa dalam abstrak, judul, dan kata kunci artikel. Filter dibatasi pada periode tahun 2010 hingga 2024 untuk menangkap dinamika dalam satu dekade terakhir, yang dianggap relevan dengan perkembangan pendidikan abad ke-21. Jenis dokumen yang disertakan mencakup artikel jurnal, prosiding konferensi, dan *review articles*, sedangkan artikel non-ilmiah seperti editorial atau catatan pendek dikecualikan.

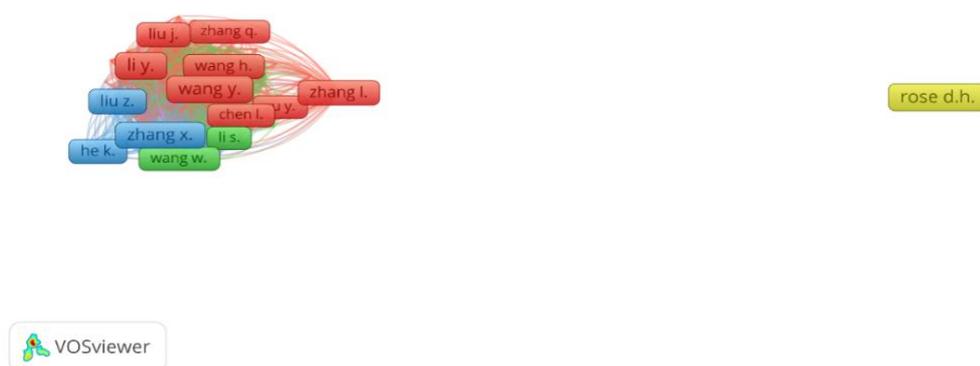
2.2 Prosedur Analisis

Data yang diperoleh dari Scopus diekspor dalam format CSV dan kemudian diolah menggunakan perangkat lunak VOSviewer (versi terbaru). VOSviewer digunakan untuk melakukan tiga jenis analisis utama, yaitu: (1) analisis *co-authorship*, (2) analisis *co-occurrence*, dan (3) analisis sitasi. *Threshold* untuk visualisasi jaringan ditetapkan minimal 3 kemunculan untuk kata kunci dan 2 publikasi untuk kolaborasi penulis atau institusi, guna memastikan kualitas dan keterbacaan peta jaringan. Semua hasil visualisasi diekspor dalam bentuk grafik dan tabel untuk dianalisis lebih lanjut secara deskriptif.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil

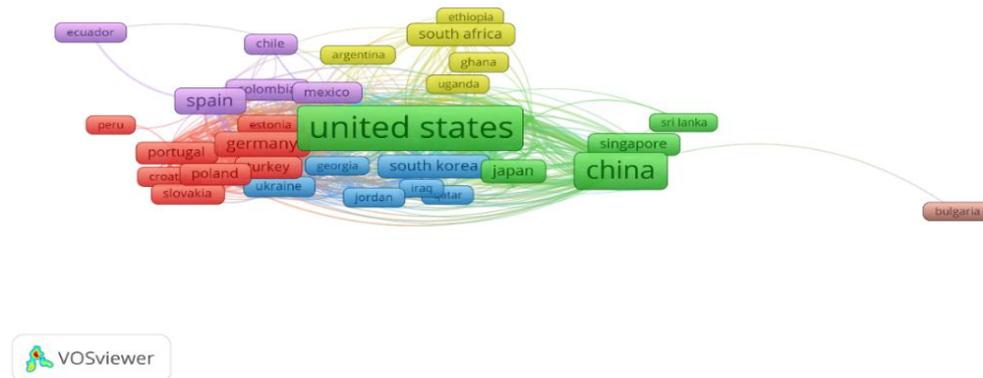
a. Analisis Co-Authorship



Gambar 1. Visualisasi Penulis
Sumber: Data Diolah

Gambar tersebut menunjukkan visualisasi jaringan kolaborasi penulis dalam penelitian mengenai *Universal Design for Learning* (UDL) yang dihasilkan melalui analisis *co-authorship* menggunakan VOSviewer. Terlihat adanya dua kelompok besar yang saling

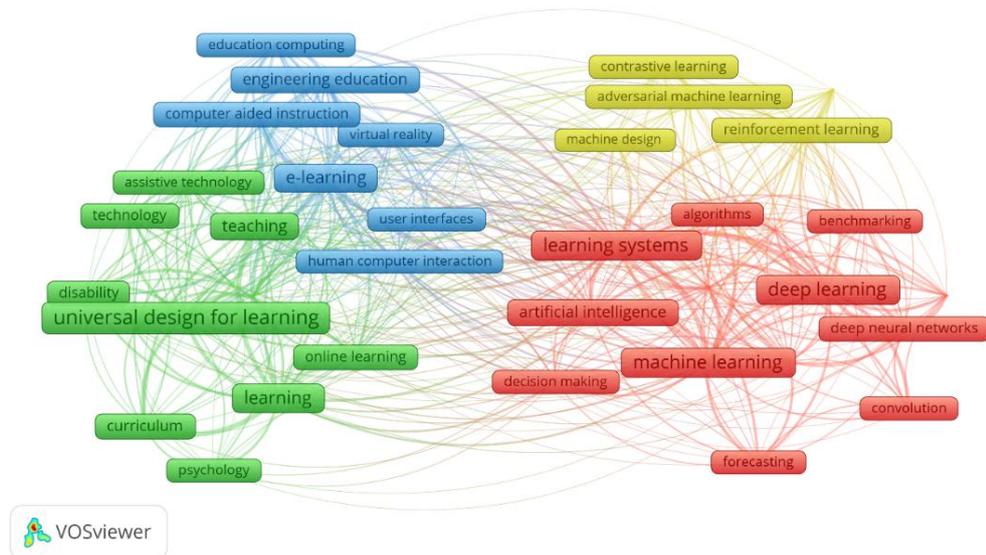
terhubung rapat di sebelah kiri, terdiri dari penulis-penulis seperti Liu J., Zhang Q., Wang H., dan Li Y., yang membentuk kluster kolaboratif utama dalam publikasi terkait UDL. Kluster ini didominasi oleh penulis dari kawasan Asia Timur, khususnya Tiongkok, yang menunjukkan tingginya intensitas kolaborasi internal. Di sisi lain, terdapat penulis *Rose D.H.* yang terletak terpisah secara signifikan dari jaringan utama, menandakan bahwa meskipun ia merupakan tokoh sentral dalam pengembangan teori UDL, ia tidak tergabung dalam jejaring kolaboratif utama yang terdeteksi dalam dataset ini. Isolasi ini juga mengindikasikan kemungkinan perbedaan konteks geografis atau pendekatan riset yang digunakan. Struktur jaringan ini menyoroti adanya konsentrasi kolaborasi regional dan dominasi aktor-aktor tertentu dalam publikasi UDL.



Gambar 2. Visualisasi Negara
Sumber: Data Diolah

Gambar visualisasi ini menggambarkan peta kolaborasi antar negara dalam penelitian mengenai *Universal Design for Learning* (UDL), yang divisualisasikan menggunakan VOSviewer berdasarkan analisis *co-authorship* antar negara. Terlihat bahwa United States menjadi pusat kolaborasi global dengan ukuran node terbesar, menandakan jumlah publikasi dan keterlibatan kolaboratif yang dominan. Amerika Serikat memiliki hubungan erat dengan berbagai negara seperti China, Germany, Spain, South Korea, dan South Africa, mencerminkan sifat interdisipliner dan lintas kawasan dari riset UDL. China juga tampak sebagai aktor penting dalam kolaborasi internasional, terutama dengan negara-negara Asia seperti Japan, Singapore, dan Sri Lanka. Sementara itu, negara-negara seperti Bulgaria dan Ecuador tampak berada di posisi terisolasi, menunjukkan keterlibatan yang lebih terbatas atau kolaborasi yang belum luas. Peta ini mengindikasikan bahwa meskipun UDL telah menjadi isu global, kolaborasi ilmiah masih terkonsentrasi di negara-negara dengan infrastruktur riset yang kuat, khususnya Amerika Serikat, Eropa Barat, dan Asia Timur.

b. Analisis Co-Occurrence



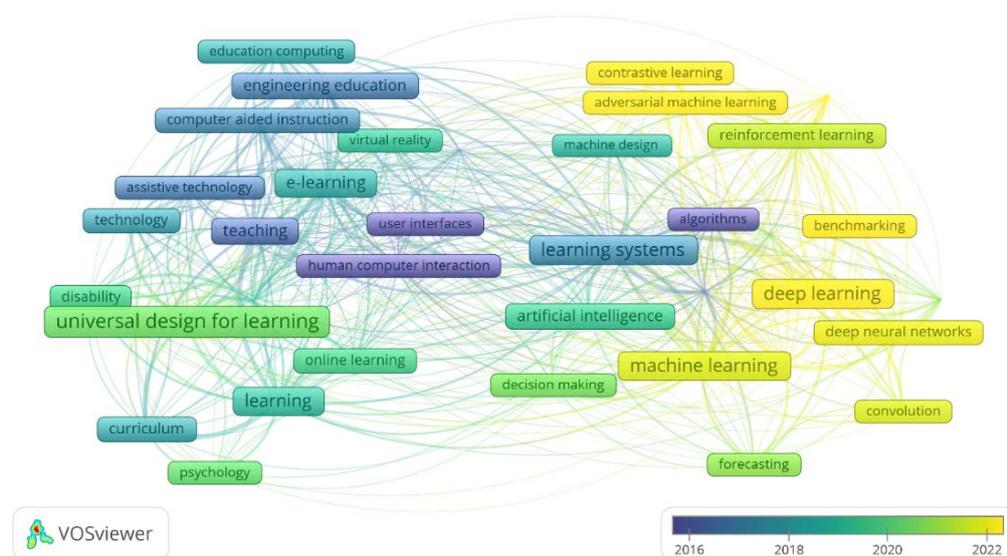
Gambar 3. Visualisasi Jaringan
Sumber: Data Diolah

Gambar tersebut menampilkan visualisasi *co-occurrence* kata kunci dalam publikasi terkait *Universal Design for Learning* (UDL) yang dianalisis menggunakan VOSviewer. Peta ini memperlihatkan hubungan konseptual antara UDL dan berbagai topik lain yang sering muncul bersamaan dalam literatur. Terdapat lima kluster utama dengan warna yang berbeda, masing-masing mewakili gugus topik yang saling berdekatan secara tematik. Kluster hijau, misalnya, merepresentasikan inti dari penelitian UDL, dengan kata kunci seperti "*universal design for learning*", "*learning*", "*teaching*", "*online learning*", dan "*curriculum*", menunjukkan fokus pada pendekatan pedagogis yang inklusif dan fleksibel.

Kluster biru berfokus pada aspek teknologi pendidikan dan rekayasa pembelajaran, dengan istilah seperti "*engineering education*", "*e-learning*", "*virtual reality*", dan "*computer aided instruction*". Ini menunjukkan bahwa UDL tidak hanya dibahas dalam konteks kebijakan atau teori pedagogis, tetapi juga secara teknis diintegrasikan dalam pengembangan teknologi pembelajaran. Keterkaitan erat antara UDL dan *e-learning* mencerminkan relevansi pendekatan ini dalam lingkungan pembelajaran digital, terutama pasca-pandemi saat sistem pembelajaran jarak jauh menjadi semakin dominan. Sementara itu, kluster merah memperlihatkan kemunculan bidang kecerdasan buatan dalam hubungannya dengan pembelajaran. Kata kunci seperti "*machine learning*", "*deep learning*", "*artificial intelligence*", dan "*learning systems*" menandakan integrasi konsep pembelajaran mesin dengan praktik pembelajaran berbasis teknologi. Ini menjadi indikasi penting bahwa UDL mulai dilihat tidak hanya sebagai pendekatan desain instruksional, tetapi juga dalam kaitannya dengan personalisasi pembelajaran yang didukung AI. Potensi AI dalam menganalisis kebutuhan siswa secara *real-time* membuka jalan bagi implementasi UDL yang lebih adaptif dan cerdas.

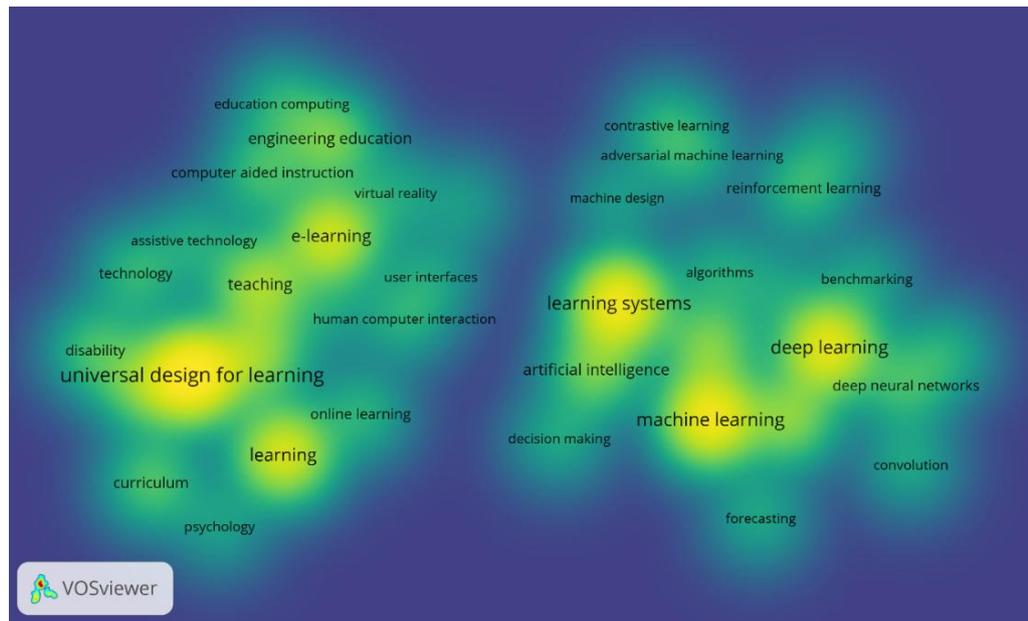
Terakhir, kluster kuning menghadirkan tema yang lebih teknis dan berkembang, seperti "*reinforcement learning*", "*contrastive learning*", dan "*adversarial machine learning*". Meskipun tidak langsung beririsan dengan UDL, keterhubungan

topik-topik ini menandakan adanya perluasan cakupan riset ke arah *machine intelligence* yang lebih canggih. Kemunculan hubungan lintas kluster ini menunjukkan bahwa penelitian UDL berada di tengah-tengah dinamika yang kompleks dan interdisipliner—berada di persimpangan antara pedagogi, psikologi, teknologi informasi, dan kecerdasan buatan. Hal ini membuka peluang baru bagi eksplorasi integratif di masa mendatang, terutama dalam konteks pembelajaran abad ke-21 yang semakin berbasis data dan teknologi.



Gambar 4. Visualisasi Overlay
Sumber: Data Diolah

Gambar visualisasi ini menyajikan peta *co-occurrence* kata kunci dalam penelitian terkait *Universal Design for Learning* (UDL) berdasarkan rata-rata tahun publikasi, dengan spektrum warna dari biru (lebih lama, sekitar 2016) hingga kuning (lebih baru, sekitar 2022). Terlihat bahwa kata kunci utama seperti "*universal design for learning*", "*learning*", "*teaching*", dan "*curriculum*" didominasi oleh warna hijau kebiruan, menandakan bahwa tema-tema ini sudah cukup lama menjadi pusat perhatian dalam diskursus akademik, khususnya pada awal dan pertengahan dekade 2010-an. Sementara itu, topik-topik yang terkait dengan kecerdasan buatan dan pembelajaran mesin seperti "*machine learning*", "*deep learning*", "*reinforcement learning*", hingga "*contrastive learning*" menunjukkan warna kuning yang lebih cerah. Hal ini menunjukkan bahwa riset yang menghubungkan UDL dengan pendekatan berbasis teknologi canggih baru marak dalam beberapa tahun terakhir, terutama pasca-2020. Pergeseran temporal ini mengindikasikan adanya tren evolusi ke arah integrasi UDL dengan teknologi pembelajaran cerdas, membuka peluang untuk personalisasi pembelajaran yang lebih adaptif dan otomatis. Menariknya, node seperti "*artificial intelligence*", "*learning systems*", dan "*decision making*" berada pada warna hijau kekuningan, menandakan bahwa topik-topik ini mulai menjadi jembatan antara riset UDL yang tradisional dan pendekatan pembelajaran berbasis data yang lebih mutakhir. Ini menunjukkan bahwa dalam perkembangan terbarunya, UDL tidak hanya dibahas dari sisi pedagogis, tetapi juga mulai dikaji dari perspektif komputasional dan sistem pembelajaran otonom.



Gambar 5. Visualisasi Densitas
Sumber: Data Diolah

Gambar ini menampilkan *heatmap* kata kunci dari literatur mengenai *Universal Design for Learning* (UDL) berdasarkan frekuensi kemunculan dan keterkaitannya dalam publikasi ilmiah. Semakin terang warna (kuning cerah), semakin tinggi intensitas kemunculan kata kunci tersebut dalam literatur. Terlihat bahwa istilah "*universal design for learning*", "*learning*", dan "*machine learning*" menjadi pusat panas (*hotspot*) utama dalam dua gugus besar—menunjukkan bahwa topik-topik ini paling sering dibahas dan menjadi fokus utama dalam riset terkait. Ini menegaskan peran sentral UDL dalam diskursus pendidikan, serta peningkatan minat terhadap integrasinya dengan teknologi pembelajaran berbasis kecerdasan buatan. Selain itu, terdapat kepadatan yang signifikan di sekitar istilah seperti "*deep learning*", "*learning systems*", "*teaching*", dan "*e-learning*", yang mencerminkan perluasan tema UDL ke arah teknologi instruksional dan sistem pembelajaran cerdas. *Heatmap* ini memperlihatkan adanya dua kutub penelitian: satu berorientasi pada pedagogi dan teknologi pendidikan, dan yang lain pada kecerdasan buatan dan pembelajaran mesin. Pola ini menunjukkan bahwa literatur UDL berkembang ke arah interdisipliner, menggabungkan pendekatan humanistik dan teknologi, serta mendorong integrasi antara prinsip inklusivitas dengan kemajuan AI dalam konteks pembelajaran abad ke-21.

Tabel 1. Artikel yang Paling Banyak Dikutip

Sitasi	Penulis dan Tahun	Judul
6666	(Defferrard et al., 2016)	<i>Convolutional neural networks on graphs with fast localized spectral filtering</i>
2891	(Maass et al., 2002)	<i>Real-time computing without stable states: A new framework for neural computation based on perturbations</i>
1633	(Xie & Grossman, 2018)	<i>Crystal Graph Convolutional Neural Networks for an Accurate and Interpretable Prediction of Material Properties</i>
1374	(Lu et al., 2021)	<i>Learning nonlinear operators via DeepONet based on the universal approximation theorem of operators</i>
1216	(Chen et al., 2020)	<i>UNITER: UNiversal Image-TEXT Representation Learning</i>
965	(Nivre et al., 2016)	<i>Universal dependencies v1: A multilingual treebank collection</i>

Sitasi	Penulis dan Tahun	Judul
944	(Fortunato et al., 2018)	<i>Science of science</i>
835	(Kaastra & Boyd, 1996)	<i>Designing a neural network for forecasting financial and economic time series</i>
814	(Poplin et al., 2018)	<i>A universal snp and small-indel variant caller using deep neural networks</i>
794	(Dunkley et al., 2003)	<i>The hunter serotonin toxicity criteria: Simple and accurate diagnostic decision rules for serotonin toxicity</i>

Sumber: Scopus, 2025

3.2 Pembahasan

a. Dominasi dan Isolasi Tokoh Kunci

Visualisasi *co-authorship* menunjukkan bahwa jaringan kolaborasi penulis dalam studi UDL didominasi oleh klaster besar dari penulis-penulis Asia Timur, terutama dari Tiongkok seperti Liu J., Zhang Q., dan Wang Y. Kolaborasi dalam klaster ini bersifat intensif dan saling terkait, menunjukkan adanya konsolidasi pengetahuan dalam lingkup regional. Sebaliknya, penulis penting dalam pengembangan teori UDL seperti Rose D.H. muncul sebagai aktor terisolasi dalam jaringan tersebut. Ini menandakan adanya gap antara tokoh konseptual dan penulis produktif dalam literatur kontemporer. Isolasi ini bisa jadi disebabkan oleh perbedaan konteks akademik, orientasi teoritis, atau fokus pada pengembangan praktis di wilayah tertentu. Temuan ini menyoroti perlunya integrasi yang lebih erat antara pengembangan konsep UDL dengan komunitas ilmiah global yang menerapkannya secara praktis.

b. Amerika Serikat sebagai Pusat Kolaborasi Global

Peta kolaborasi antarnegara menunjukkan bahwa Amerika Serikat merupakan pusat dari jejaring internasional dalam penelitian UDL. Negara ini tidak hanya mendominasi jumlah publikasi, tetapi juga menjadi penghubung utama antara berbagai negara lain, seperti China, Jerman, Spanyol, dan Afrika Selatan. Kolaborasi ini menunjukkan bahwa UDL telah menjadi topik global dengan kontribusi yang cukup merata dari berbagai kawasan. Namun, tidak semua negara memiliki jaringan yang kuat. Beberapa negara seperti Bulgaria dan Ekuador tampak terisolasi, yang menunjukkan bahwa meskipun konsep UDL mendunia, adopsi dan riset aktifnya masih terpusat di negara dengan kapasitas akademik yang tinggi. Hal ini menjadi catatan penting bagi upaya internasionalisasi UDL agar dapat diadopsi lebih luas, terutama di negara-negara berkembang.

c. Evolusi Topik: Dari Pedagogi Inklusif ke Pembelajaran Cerdas

Analisis kata kunci memperlihatkan adanya dua kutub besar dalam perkembangan tematik UDL. Di satu sisi, UDL tetap terikat kuat dengan konsep pedagogi inklusif seperti *teaching*, *curriculum*, *e-learning*, dan *assistive technology*, yang mencerminkan akar filosofis dan tujuan awal dari UDL untuk menciptakan lingkungan belajar yang fleksibel dan responsif terhadap keragaman peserta didik. Di sisi lain, muncul pula integrasi yang semakin kuat dengan istilah seperti *machine learning*, *deep learning*, *artificial intelligence*, dan *learning systems*. Hal ini mengindikasikan bahwa riset UDL kini tidak hanya memfokuskan pada keberagaman gaya belajar dan aksesibilitas, tetapi juga mulai bergeser ke arah otomatisasi dan personalisasi berbasis teknologi. Pergeseran ini menjadi sangat relevan dalam konteks pendidikan abad ke-21, di mana pembelajaran bersifat digital, adaptif, dan data-driven. Integrasi antara prinsip UDL dan teknologi seperti AI memungkinkan lahirnya sistem pembelajaran yang mampu mendeteksi kebutuhan individual siswa secara real-time dan memberikan pengalaman belajar yang disesuaikan. Ini juga memperluas ruang lingkup UDL dari pendekatan

desain instruksional ke arah sistem pembelajaran yang dinamis dan interaktif. Namun, pergeseran ini juga menuntut pengembangan kebijakan dan praktik yang memastikan bahwa penggunaan teknologi tetap berpegang pada prinsip inklusivitas dan keadilan akses.

d. Perkembangan Temporal: Topik Baru dan Konsistensi Tema Klasik

Visualisasi berdasarkan tahun publikasi menunjukkan bahwa istilah seperti "*universal design for learning*", "*teaching*", dan "*e-learning*" telah eksis sejak pertengahan dekade 2010-an, mencerminkan tema klasik yang telah lama menjadi fondasi diskusi dalam ranah pendidikan inklusif. Sementara itu, istilah seperti *deep learning*, *reinforcement learning*, dan *contrastive learning* muncul dalam warna kuning, menandakan bahwa tema ini baru berkembang dalam kurun waktu 2–3 tahun terakhir. Ini menunjukkan adanya pergeseran fokus riset ke arah integrasi antara UDL dan teknologi mutakhir, khususnya dalam upaya memperluas cakupan dan efektivitas penerapan UDL dalam platform pembelajaran digital. Temuan ini sejalan dengan dinamika global dalam dunia pendidikan pasca-pandemi COVID-19, di mana transformasi digital menjadi keniscayaan. UDL tidak lagi cukup hanya dengan pendekatan manual atau instruksional tradisional, tetapi perlu disinergikan dengan sistem yang mampu memproses data pembelajaran secara cepat dan akurat untuk meningkatkan inklusivitas dan efisiensi proses belajar. Oleh karena itu, literatur terbaru cenderung lebih menekankan pada aspek teknologi cerdas yang dapat mendukung desain pembelajaran yang lebih responsif terhadap kebutuhan individual.

e. Analisis Heatmap: Dua Pusat Konsentrasi Utama

Hasil *heatmap* memperkuat temuan sebelumnya dengan menunjukkan adanya dua pusat panas yang dominan: pertama, di sekitar kata kunci "*universal design for learning*" dan "*learning*"; dan kedua, di area "*machine learning*", "*deep learning*", dan "*learning systems*". Kepadatan tinggi ini menunjukkan bahwa kedua tema tersebut mendominasi diskursus ilmiah dan menjadi titik fokus dalam literatur UDL. Kepadatan ini juga menunjukkan bahwa UDL tidak berkembang secara terfragmentasi, melainkan berakar kuat pada dua pendekatan utama: pedagogi inklusif dan pembelajaran berbasis teknologi. Konvergensi kedua pendekatan ini menunjukkan adanya potensi besar untuk pengembangan sistem pembelajaran yang tidak hanya inklusif dari sisi akses, tetapi juga adaptif dari sisi isi dan proses. Dengan demikian, masa depan UDL kemungkinan besar akan bergantung pada sejauh mana teknologi dapat dikembangkan secara etis dan efektif untuk mendukung prinsip-prinsip desain universal dalam pendidikan. Perpaduan ini memberikan arah strategis bagi pengembangan kurikulum, platform pembelajaran, serta kebijakan pendidikan yang lebih adil dan merata secara global.

f. Implikasi Akademik dan Praktis

Temuan dalam studi ini memberikan kontribusi penting dalam dua dimensi: akademik dan praktis. Dari sisi akademik, analisis bibliometrik ini menyediakan peta intelektual yang dapat dijadikan rujukan bagi peneliti untuk mengidentifikasi tren, celah, dan potensi kolaborasi dalam pengembangan riset UDL. Pemetaan ini juga membantu dalam memahami dinamika multidisipliner yang menyertai perkembangan UDL, serta memperkuat integrasi antara pendidikan, teknologi, dan ilmu komputer. Sementara itu, dari sisi praktis, hasil studi ini memberi wawasan strategis bagi pengembang kurikulum, institusi pendidikan, dan pembuat kebijakan untuk menyesuaikan pendekatan pembelajaran yang lebih relevan dengan kebutuhan abad ke-21. Integrasi prinsip UDL dengan sistem pembelajaran berbasis AI memungkinkan personalisasi pembelajaran yang sebelumnya tidak mungkin dilakukan dalam skala besar. Hal ini juga berpotensi memperkecil kesenjangan pendidikan, terutama bagi

siswa dengan kebutuhan khusus atau akses terbatas terhadap sumber daya pembelajaran konvensional.

4. KESIMPULAN

Studi ini mengungkapkan bahwa *Universal Design for Learning* (UDL) telah berkembang sebagai kerangka pedagogis yang signifikan dalam konteks pembelajaran abad ke-21, dengan fokus yang bergeser dari pendekatan berbasis aksesibilitas dan diferensiasi menuju integrasi dengan teknologi pembelajaran cerdas seperti kecerdasan buatan dan *machine learning*. Analisis bibliometrik menunjukkan bahwa Amerika Serikat memegang peran sentral dalam jaringan kolaborasi global, sementara penulis-penulis dari Asia Timur mendominasi publikasi dalam kluster tersendiri. Meskipun demikian, tokoh sentral penggagas UDL seperti Rose D.H. cenderung terisolasi dalam jejaring kolaboratif kontemporer, yang mengindikasikan adanya jarak antara kontribusi konseptual dan praktik penelitian terkini. Secara tematik, literatur UDL terbagi ke dalam dua orientasi utama: pedagogi inklusif dan teknologi pembelajaran adaptif. Evolusi kata kunci dari istilah klasik seperti *teaching*, *curriculum*, dan *e-learning*, menuju istilah kontemporer seperti *deep learning*, *artificial intelligence*, dan *learning systems*, mencerminkan perubahan orientasi riset yang adaptif terhadap tantangan zaman. Visualisasi heatmap dan distribusi temporal mendukung temuan ini dengan menunjukkan peningkatan fokus pada tema-tema berbasis teknologi dalam tiga tahun terakhir. Hal ini menegaskan bahwa masa depan UDL akan sangat ditentukan oleh sinergi antara prinsip inklusivitas dan kemampuan teknologi dalam mempersonalisasi pembelajaran.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdillah, K., & Hamami, T. (2021). Pengembangan Kurikulum Menghadapi Tuntutan Kompetensi Abad Ke 21 Di Indonesia. *Jurnal Pendidikan Islam Al-Ilmi*, 4(1).
- Chen, Y.-C., Li, L., Yu, L., El Kholy, A., Ahmed, F., Gan, Z., Cheng, Y., & Liu, J. (2020). Uniter: Universal image-text representation learning. *European Conference on Computer Vision*, 104–120.
- Defferrard, M., Bresson, X., & Vandergheynst, P. (2016). Convolutional neural networks on graphs with fast localized spectral filtering. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 29.
- Dewi, D. R. (2019). Pengembangan kurikulum di Indonesia dalam menghadapi tuntutan abad ke-21. *As-Salam: Jurnal Studi Hukum Islam & Pendidikan*, 8(1), 1–22.
- Donthu, N., Kumar, S., Mukherjee, D., Pandey, N., & Lim, W. M. (2021). How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 133, 285–296.
- Dunkley, E. J. C., Isbister, G. K., Sibbritt, D., Dawson, A. H., & Whyte, I. M. (2003). The Hunter Serotonin Toxicity Criteria: simple and accurate diagnostic decision rules for serotonin toxicity. *Qjm*, 96(9), 635–642.
- Fortunato, S., Bergstrom, C. T., Börner, K., Evans, J. A., Helbing, D., Milojević, S., Petersen, A. M., Radicchi, F., Sinatra, R., & Uzzi, B. (2018). Science of science. *Science*, 359(6379), eaao0185.
- Kaastra, I., & Boyd, M. (1996). Designing a neural network for forecasting financial and economic time series. *Neurocomputing*, 10(3), 215–236.
- Komara, E. (2018). Penguatan pendidikan karakter dan pembelajaran abad 21. *Sipatahoenan*, 4(1).
- Lu, L., Jin, P., Pang, G., Zhang, Z., & Karniadakis, G. E. (2021). Learning nonlinear operators via DeepONet based on the universal approximation theorem of operators. *Nature Machine Intelligence*, 3(3), 218–229.
- Maass, W., Natschläger, T., & Markram, H. (2002). Real-time computing without stable states: A new framework for neural computation based on perturbations. *Neural Computation*, 14(11), 2531–2560.
- Nivre, J., De Marneffe, M.-C., Ginter, F., Goldberg, Y., Hajic, J., Manning, C. D., McDonald, R., Petrov, S., Pyysalo, S., & Silveira, N. (2016). Universal dependencies v1: A multilingual treebank collection. *Proceedings of the Tenth International Conference on Language Resources and Evaluation (LREC'16)*, 1659–1666.
- Nuryani, P., Abidin, Y., & Herlambang, Y. T. (2019). Model pedagogik multiliterasi dalam mengembangkan keterampilan berpikir abad ke-21. *EduHumaniora | Jurnal Pendidikan Dasar Kampus Cibiru*, 11(2), 117–126.
- Poplin, R., Chang, P.-C., Alexander, D., Schwartz, S., Colthurst, T., Ku, A., Newburger, D., Djamco, J., Nguyen, N., & Afshar, P. T. (2018). A universal SNP and small-indel variant caller using deep neural networks. *Nature Biotechnology*, 36(10), 983–987.
- Redhana, I. W. (2024). *Pembelajaran Digital Pada Abad ke-21*. Undiksha Press.

- Septyah, R. (2024). Filosofi Pendidikan Inklusi dalam Praktik Pendidikan Abad Ke-21 di Indonesia. *Unpublished Manuscript*.
- Wisada, P. D., & Sudarma, I. K. (2019). Pengembangan media video pembelajaran berorientasi pendidikan karakter. *Journal of Education Technology*, 3(3), 140–146.
- Xie, T., & Grossman, J. C. (2018). Crystal graph convolutional neural networks for an accurate and interpretable prediction of material properties. *Physical Review Letters*, 120(14), 145301.