

ANALISIS BIBLIOMETRIK: PENINGKATAN PEMBELAJARAN DENGAN PENDEKATAN ADAPTIF

Wawan Gunawan

Sekolah Pascasarjana Teknologi Pendidikan Universitas PGRI Adi Buana

wawan.gunawan@unipasby.ac.id

ABSTRACT

The purpose of this study is to provide a comprehensive overview of Adaptive Learning. This study presents current research issues and future advances in Adaptive Learning from 2020 to 2023 through the Publish or Perish (PoP) database. The analysis consists of citation analysis and co-citation analysis. This bibliometric analysis review provides important insights for researchers to identify the most influential publications and determine their fundamental structure. Furthermore, this review facilitates future studies on influential research trends and emerging topics. The findings present several discussions based on clusters identified from the two analyses. Next, theoretical and methodological implications for the emergence of new subfields and exciting future work related to Adaptive Learning are presented. The results will assist academics and practitioners in advancing technology and helping Adaptive Learning ensure the continuity of student education during emergencies.

Keywords: Adaptive Learning, Publish or Perish (PoP), bibliometric analysis

ABSTRAK

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memberikan tinjauan komprehensif tentang Adaptive Learning. Studi ini menyajikan isu-isu penelitian terkini dan kemajuan masa depan dalam Adaptive Learning dari tahun 2020 hingga 2023 melalui database Publish or Perish (PoP). Analisisnya terdiri dari citation analysis, co-citation analysis. Tinjauan analisis bibliometrik ini memberikan wawasan penting bagi peneliti untuk mengidentifikasi publikasi paling berpengaruh dan menentukan struktur fundamentalnya. Selain itu, tinjauan ini memfasilitasi studi masa depan mengenai tren penelitian yang berpengaruh dan topik yang muncul. Temuan menyajikan beberapa pembahasan berdasarkan kelompok yang diidentifikasi dari dua analisis. Selanjutnya, implikasi teoretis dan metodologi terhadap munculnya sub-bidang baru dan karya menarik di masa depan sehubungan dengan Adaptive Learning disajikan. Hasilnya akan membantu para akademisi dan praktisi dalam memajukan teknologi dan membantu Adaptive Learning untuk memastikan pendidikan siswa dapat berkelanjutan dalam keadaan darurat.

Kata kunci: Adaptive Learning, Publish or Perish (PoP), analisis bibliometric

A. Pendahuluan

Pendidikan merupakan kebutuhan utama bagi setiap warga negara yang menginginkan kemajuan.

Pendidikan lebih dapat membawa dampak pada perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang bermanfaat dalam mengatasi

permasalahan yang dihadapi oleh bangsa dan negara. Adanya perubahan paradigma pembelajaran yang semula berpusat pada guru menjadi pembelajaran berpusat pada siswa, menuntut adanya perubahan unsur-unsur lain yang menunjang dalam pembelajaran tersebut, seperti adanya perubahan kurikulum.

Secara prinsip, kegiatan pembelajaran merupakan proses pendidikan yang memberikan kesempatan kepada peserta didik agar dapat mengembangkan potensinya menjadi kemampuan dalam meningkatkan sikap, pengetahuan, dan keterampilan dalam hidup bermasyarakat, berbangsa, dan bernegara. Oleh karena itu, kegiatan pembelajaran diarahkan untuk memberdayakan semua potensi peserta didik menjadi kompetensi yang diharapkan.

Menurut (Gunawan & Cholid, 2023), secara umum tujuan mata pelajaran Bahasa Inggris pada jenjang pendidikan dasar dan menengah adalah mengembangkan potensi peserta didik dalam seluruh dimensi soft skill. Dalam proses pembelajaran Bahasa Inggris, seharusnya menggunakan pembelajaran dengan metode yang mampu meningkatkan

kemandirian, yaitu pembelajaran yang berpusat pada siswa. Oleh karena itu anggapan sebagian siswa yang memandang Bahasa Inggris sebagai mata pelajaran yang sulit, tidak menarik, dan membosankan, perlu diubah, sebab siswa harus memiliki motivasi diri, lepas dari ketergantungan dan memiliki prestasi yang ditunjukkan dengan hasil belajar yang semakin lebih baik.

Kajian penelitian yang membahas tentang Adaptive Learning sudah banyak dilakukan namun setiap hasil penelitian mempunyai permasalahan yang berbeda-beda, penelitian yang dilakukan oleh (Alam, 2022; Anju Nofarof Hasudungan et al., 2022; Baik et al., 2020; El-Sabagh, 2021; Kabudi et al., 2021; Muñoz et al., 2022; Nabizadeh et al., 2020). Adaptive Learning dapat diatasi dengan media pembelajaran interaktif namun pada penelitian ini permasalahannya serupa tentang kurangnya pemanfaatan Adaptive Learning. Hal ini memerlukan Adaptive Learning yang bervariasi sehingga siswa diharapkan antusias dalam mengikuti pembelajaran. Hasil observasi awal sebagian besar siswa merasa pelajaran bahasa Inggris sulit. Oleh karena itu, peneliti akan

mencoba melakukan perubahan dalam pembelajaran sejak awal. Peneliti akan menggunakan metode Adaptive Learning. Metode Adaptive Learning merupakan pembelajaran biasa yang dimodifikasi dan dirancang sedemikian rupa sehingga dapat dipelajari, dilaksanakan, dan yang terpenting adalah dapat memenuhi kebutuhan pembelajaran peserta didik. Setiap peserta didik di kelas memiliki kemampuan dan bakat yang berbeda-beda. Jika perbedaan potensi peserta didik tidak diakomodasi dalam sebuah pembelajaran, yang didesain untuk dapat memaksimalkan setiap potensi peserta didik, akibatnya, banyak bibit unggul yang kurang berkesempatan memaksimalkan potensinya, sementara peserta didik yang tertinggal menjadi kesulitan dan tidak termotivasi untuk memahami materi dengan baik. Untuk mengatasi tingkat pemahaman dan pengetahuan yang berbeda-beda (learning gap) tersebut, maka diperlukan sebuah sistem pembelajaran adaptif (adaptive learning). Metode ini memungkinkan materi pelajaran dipersonalisasi atau dirancang khusus sesuai dengan kemampuan masing-masing peserta didik. Umumnya, model ini

mengandalkan teknologi berbasis web, yaitu peserta didik diminta untuk mengerjakan soal-soal terlebih dahulu, lalu materi akan dihadirkan menggunakan machine learning yang akan melatih dan menilai kemampuan peserta didik untuk menentukan penyajian soal-soal dan materi berikutnya.

Untuk menjawab persoalan-persoalan di atas, peneliti mencoba mengadakan eksperimen khusus dengan proses pembelajaran menggunakan metode pembelajaran Adaptif dan penggunaan Internet, sehingga diharapkan dapat diketahui bagaimana pengaruhnya terhadap prestasi belajar.

B. Metode Penelitian

Analisis bibliometric adalah pendekatan kuantitatif yang memanfaatkan database bibliografi (yaitu Publish or Perish (PoP)) yang membantu peneliti memahami struktur pengetahuan dalam bidang tertentu. Merupakan suatu bentuk pemetaan sains yang menghasilkan representasi visual dari struktur dalam dokumen, jurnal, penulis, dan kata-kata sebagai keluarannya (van Eck & Waltman, 2014). Terdapat lima analisis utama dalam bibliometric, namun penelitian

ini menerapkan ketiga analisis tersebut sesuai dengan tujuan yang disampaikan.

Citation analysis: Citation analysis mengevaluasi artikel paling berpengaruh di bidang tertentu (Sharma & Lenka, 2021). Analisis ini bertumpu pada argumen bahwa kutipan adalah ukuran yang efektif dan andal untuk menilai pengaruh publikasi atau penulis di bidang tertentu (Hota et al., 2020). Frekuensi kutipan menunjukkan signifikansi suatu dokumen dan dengan demikian menyampaikan temuan substansial dan kontribusi penting terhadap suatu disiplin ilmu.

Strategi Pencarian dan

Pengumpulan Data

Pencarian database cakupan Publish or Perish (PoP) Core Collection dilakukan pada tanggal 20 Desember 2023. String pencarian terperinci digunakan pada opsi “topik” di database Publish or Perish (PoP) untuk mengekstraksi publikasi berdasarkan judul, abstrak, dan kata kunci (Tabel 1). Publish or Perish (PoP) saat ini dianggap sebagai database terbaik dan berkualitas yang menyimpan lebih dari 74,8 juta data ilmiah dan kumpulan data di 254 disiplin ilmu (Singh et al., 2021). Saat

ini mereka mengindeks lebih dari 21.100 jurnal (Publish or Perish (PoP)). Basis data Publish or Perish (PoP) telah diterapkan secara luas dalam studi bibliometrik untuk menegakkan publikasi yang berkualitas saja (Tan Luc et al., 2020; Sharma & Lenka, 2021; Fauzi, 2022). Dalam hal kriteria pengecualian, kami membatasi rentang waktu dengan memasukkan publikasi hingga tahun 2021, termasuk hanya publikasi dalam satu tahun kalender penuh. Selain itu, kami hanya menyertakan publikasi jurnal. Mencantumkan publikasi jurnal saja akan menjamin kualitas artikel yang diterbitkan (Mingers et al., 2012).

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Citation analysis

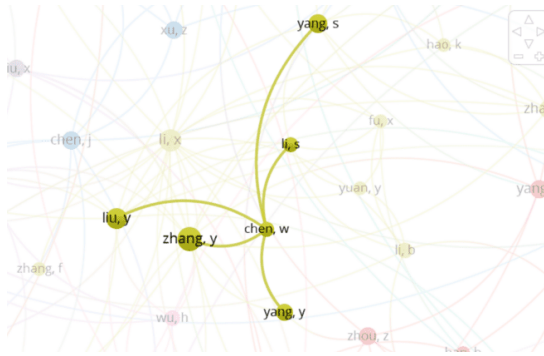
Dengan menerapkan analisis kutipan dokumen, berikut ini disajikan publikasi yang paling banyak dikutip pada tabel 1 publikasi teratas adalah (Alam, 2022) (429 kutipan), (Kabudi et al., 2021) (188 kutipan), dan (Muñoz et al., 2022) (140 kutipan). Kami kemudian mendiskusikan isu-isu penting di antara publikasi yang paling banyak dikutip dalam analisis kutipan.

Tabel 1: Top 10 highest-cited documents

bertujuan untuk mempelajari embedding adaptif untuk memproses deteksi kelas baru dan pembaruan model dalam kerangka kerja terpadu. Secara detail, CILF dirancang untuk meregulasi klasifikasi dengan kerugian berbasis prototipe yang terpisah, yang dapat meningkatkan struktur intra-kelas dan antar-kelas secara signifikan, dan menghasilkan representasi embedding yang ringkas untuk deteksi kelas baru. Kemudian, CILF menggunakan operator pengelompokan kurikulum yang dapat dipelajari untuk memperkirakan jumlah kluster semantik melalui penyempurnaan jaringan yang dipelajari, di mana operator kurikulum dapat secara adaptif mempelajari embedding dalam bentuk yang dipelajari sendiri. Oleh karena itu, CILF dapat mendeteksi beberapa kelas baru dan mengurangi masalah kebingungan embedding. Terakhir, dengan data uji streaming berlabel, CILF dapat memperbarui jaringan dengan regularisasi yang kuat untuk mengurangi pelupaan katastropik. Oleh karena itu, CILF mampu

melakukan deteksi kelas baru dan pembaruan model secara iteratif. Kami memverifikasi efektivitas model kami pada empat tugas klasifikasi streaming, studi empiris menunjukkan kinerja superior dari metode yang diusulkan (Yang dkk., 2023). Arah untuk memperluas penelitian pembelajaran adaptif mencakup penerapan sistem pembelajaran adaptif pada peserta didik aktual untuk lebih lanjut menilai efisiensi metodologi yang diusulkan. Baik algoritma DQN maupun estimator model transisi dapat diadopsi dan dievaluasi melalui analisis data nyata pada platform pembelajaran daring. Kedua, sistem pembelajaran adaptif di sini terdiri dari estimator sifat laten yang menggunakan model pengukuran untuk memperkirakan sifat laten dan kebijakan pembelajaran. Sebaliknya, beberapa penelitian membangun sistem dengan asumsi bahwa materi pembelajaran memengaruhi respons peserta didik terhadap item tes secara langsung, tanpa memasukkan estimator sifat laten (Li et al., 2023).

Gambar 5: kluster 4 (kuning)



Ringkasan analisis ko-sitasi tentang kewirausahaan sosial di ASEAN disajikan pada Tabel 2, dengan label kluster, jumlah publikasi, dan publikasi representatif.

Tabel 2: Co-citation klusters on adaptive learning

Cluster	Cluster label	Number of publications	Representative publications
1 (Red)	Adaptive Learning Rate	17	(B. Chen et al., 2022), (X. Wu et al., 2023), (Dai et al., 2023)
2 (Green)	Fast Online Adaptive Learning	16	(Yu et al., 2020), (X. Chen, 2020), (Sun et al., 2023)
3 (Blue)	The adaptive learning framework	15	(X. Chen, 2020), (Xu et al., 2020), (F. Wang et al., 2022)
4 (Yellow)	adaptive learning system	14	(F. Wang et al., 2022), (Yang et al., 2023), (Li et al., 2023)

Pembahasan

Berasal dari analisis bibliometric, kami selanjutnya membahas mengenai penerapan adaptive learning. Pembahasan berikut ini merupakan hasil evaluasi penulis untuk mengedepankan dan mengembangkan topik tersebut pada karya selanjutnya.

1. Pengertian Adaptive Learning

Dalam beberapa dekade ini internet menjadi salah satu media paling berpengaruh sebagai media global yang dapat digunakan untuk

berbagi informasi dimana kemajuan teknologi internet telah memunculkan pembelajaran dan pengalaman baru bagi peserta didik. Belajar didefinisikan sebagai sebuah proses dimana pengetahuan diciptakan melalui transformasi pengalaman (Arthurs: 2007; Kolb: 19840). Persepsi yang paling umum tentang belajar ini adalah termasuk bahwa belajar adalah peningkatan kuantitatif dalam pemerolehan pengetahuan atau informasi ('tahu banyak'); menghafal atau menyimpan informasi yang dapat direproduksi; memperoleh fakta yang dapat direproduksi; memperoleh, menafsirkan dan memahami realitas dengan cara yang berbeda (Smith: 1999; Ramsden: 1992).

Pembelajaran adaptif memiliki sejarah panjang dan telah diimplementasikan dalam berbagai bentuk dan setting, mulai dari pembelajaran berbasis kelompok (group based), pembelajaran tradisional, menuju pembelajaran berbasis Web. Perkembangan teknologi komputer telah memungkinkan terjadinya pengembangan dan penerapan sistem instruksional yang canggih seperti misalnya peran teknologi sebagai alat penilaian diagnostik

untuk menghasilkan sistem bimbingan instruksional yang dirancang secara individu. Pembelajaran adaptif berperan dalam menginisiasikan kebangkitan pedagogis yang memiliki potensi untuk menjadikan institusi pendidikan mengurai segitiga besi yang selama ini menjadi problematika yakni: kualitas, akses, dan biaya (Jarrett, 2013; Zimmer, 2014). Kemajuan terbaru dalam teknologi informasi dan komunikasi (TIK) pun memungkinkan terjadinya pengiriman informasi dan pembelajaran yang disesuaikan secara individual untuk khalayak umum secara bersamaan. Individualisasi massal ini kemudian menjadi semakin populer dan penting dalam dunia pendidikan dan pelatihan (Lee & Park, 2004: 470).

Setiap individu dalam belajar, memiliki tingkat pemahaman dan pengalaman yang berbeda tentang kebutuhan belajar mereka. Sering kali pembelajaran dirasa kurang sesuai dengan apa yang dibutuhkannya, karena pembelajaran diberikan dan diberlakukan sama untuk semua peserta didik, dan menganggap semua peserta didik seolah-olah memiliki tingkat pemahaman dan pengalaman belajar yang sama. Model pembelajaran tersebut mungkin

dapat diterapkan, tetapi hasil belajar yang dicapai tidak akan efektif dan efisien. Oleh sebab itu lah maka diperlukan sebuah konten pembelajaran yang adaptif dan dalam setting pembelajaran yang adaptif pula, sehingga masing-masing individu dapat memilih konten pembelajaran yang sesuai dengan keinginan, tingkat pemahaman, karakteristik diri, dan situasi tertentu.

Pembelajaran adaptif dapat didefinisikan sebagai “proses menghasilkan pengalaman belajar yang unik untuk setiap peserta didik yang berbasis pada kepribadian, minat, dan kinerja peserta didik secara berurutan untuk mencapai tujuan seperti peningkatan akademik pembelajar, pembelajar kepuasan, proses belajar yang efektif dan lain sebagainya” [31], [38]. Bahkan, dalam menanggapi kebutuhan individu, personalisasi di pendidikan tidak hanya memfasilitasi siswa untuk belajar lebih baik dengan menggunakan strategi yang berbeda untuk menciptakan berbagai pengalaman belajar, tetapi juga kebutuhan pendidikan desainer guru dalam mempersiapkan atau merancang paket pengajaran atau instruksional yang bervariasi. Setiap

pelajar memiliki preferensi untuk gaya mengajar yang memungkinkan mereka untuk belajar lebih baik. Beberapa peserta didik lebih menyukai mendengarkan dan berbicara, yang lain lebih suka menganalisis teks, atau hanya menggunakan media visual. Jadi untuk belajar efektif, peserta didik harus menyadari preferensi mereka bahwa memudahkan untuk mengatur cara belajarnya sendiri. Ini informasi akan memungkinkan pelajar untuk meningkatkan efektivitas pendekatannya untuk belajar dan untuk mengeksplorasi sumber dayanya sendiri.

Adaptive Learning dapat dianggap sebagai transformasi mesin pengajaran B.F. Skinner, berkat teknologi yang baru dikembangkan dan teori pembelajaran kontemporer. Sesuai kondisi saat ini, perkembangan teknologi baru, seperti kecerdasan buatan, dan smart system dengan paradigma yang berubah terhadap pembelajaran telah menciptakan istilah baru yang disebut model pembelajaran adaptif, yang juga dapat dianggap sebagai bentuk baru dari sistem yang didukung computer dimana lingkungan belajar adaptif adalah bentuk baru dari mesin

pengajaran. Dengan kata lain, sistem pembelajaran adaptif tidak muncul secara instan, melainkan berkembang seiring dengan perkembangan teknologi dan perubahan kondisi belajar dari behaviourist ke konstruktivistik. Dapat dianggap bahwa mesin pengajaran dengan beberapa ide utama, seperti fokus personalisasi, memantau aktivitas peserta didik, dan memberikan umpan balik merupakan titik awal dari sistem pembelajaran adaptif saat ini yang juga memiliki ide serupa (El-Sabagh, 2021; Nabizadeh et al., 2020).

Menurut (El-Sabagh, 2021), "Adaptive learning is any design that tailors a learning experience to the understanding, skills, and interests of each individual." Pernyataan ini mengandung arti bahwa pembelajaran adaptif adalah desain (pembelajaran) apa pun yang disesuaikan dengan pengalaman belajar untuk memahami, keterampilan, dan minat setiap individu (peserta didik).

Menurut (Nabizadeh et al., 2020), Adaptive Learning adalah sistem yang mendukung pembelajaran yang disesuaikan dengan kapabilitas dan gaya belajar peserta didik. Melalui model Adaptive

Learning maka peserta didik akan belajar disesuaikan dengan profil individu peserta didik, latar belakang pendidikan, level kompetensi, gaya belajar dan kemampuan dasar saat akan memulai belajar.

Secara garis besar, Adaptive Learning merupakan model pembelajaran yang menggunakan komputer dan teknologi untuk memfasilitasi pemahaman dan retensi berdasarkan kebutuhan unik peserta didik. Pembelajaran adaptif dapat dinyatakan juga sebagai “proses menghasilkan pengalaman belajar yang unik untuk setiap pelajar berbasis pada kepribadian, minat, dan kinerja pembelajar secara berurutan untuk mencapai tujuan seperti peningkatan akademik pembelajar, kepuasan pembelajar, proses belajar yang efektif dan sebagainya”. Pembelajaran adaptif mengakui bahwa orang-orang datang ke situasi belajar dengan tujuan yang berbeda, kesenjangan belajar dan preferensi.

Ini bergeser dari pendekatan “satu ukuran untuk semua”, menggunakan teknologi dan data pelajar untuk menyajikan pengalaman belajar disesuaikan untuk pengguna individu. Sistem pembelajaran adaptif juga disebut sebagai pembelajaran

yang dipersonalisasi/individual atau sistem bimbingan cerdas, yang bertujuan untuk memberikan pengalaman belajar atau bahan ajar yang optimal dan individual kepada pembelajar sehingga pembelajar dapat mencapai tingkat pencapaian tertentu dalam waktu singkat atau mencapai tingkat pencapaian tertentu setinggi mungkin tingkat pencapaian dalam jangka waktu tertentu.

2. Desain Adaptive Learning

Di kelas tradisional, seorang guru menggunakan bahan pembelajaran yang sama (misalnya buku teks, kecepatan instruksi, dan sebagainya) untuk semua peserta didik. Namun, materi yang dipilih mungkin terlalu sulit untuk beberapa peserta didik dan terlalu mudah untuk beberapa peserta didik lainnya. Selanjutnya, beberapa peserta didik mungkin membutuhkan waktu lebih lama dalam belajar daripada yang lain. Proses pembelajaran seperti itu mungkin tidak efisien. Masalah-masalah ini dapat diselesaikan jika guru dapat membuat rencana pembelajaran individual untuk setiap peserta didik. Pertama, data historis peserta didik digunakan untuk memperkirakan kemahirannya.

Kemudian, sesuai dengan tingkat kemahirannya, sistem memilih materi pembelajaran yang paling sesuai untuk pembelajar. Setelah pembelajar menyelesaikan materi pembelajaran, penilaian diberikan kepada pembelajar dan tingkat kemahirannya diperbarui dan digunakan oleh sistem pembelajaran adaptif untuk memilih materi pembelajaran berikutnya yang paling sesuai untuk pembelajar (Hwang et al., 2020; Y. Wang et al., 2025; Yu et al., 2020).

Dalam sistem pembelajaran adaptif, preferensi, karakteristik latar belakang, pengetahuan awal setiap individu dapat diinterpretasikan oleh sistem secara efisien dengan bantuan teknologi (Dai et al., 2023; Peng et al., 2024). Sistem menyimpan profil pribadi peserta didik, dan berdasarkan mereka, menyesuaikan kursus dengan peserta didik dengan memberikan tingkat yang berbeda dan menyajikan setiap topik, serangkaian keterampilan dan blok bangunan untuk menguasai konsep (Jie Chen et al., 2023; Zeng et al., 2024; Zhang et al., 2020).

Sistem pembelajaran adaptif dapat menyediakan materi pembelajaran adaptif atau konten

adaptif sesuai dengan situasi terkini setiap peserta didik dari sumber terdistribusi dalam waktu yang sesingkat-singkatnya. Ini termasuk animasi, video, diagram interaktif dan fitur berbasis web lainnya yang dimasukkan saat dibutuhkan oleh peserta didik. Singkatnya, dalam sistem pembelajaran adaptif, peserta didik mengendalikan proses belajar mereka, mengakses sumber daya yang sesuai dengan kebutuhan mereka dan mempelajarinya sesuai kecepatan mereka. Sistem pembelajaran adaptif dikembangkan untuk memberikan pembelajaran adaptif individual bagi semua peserta didik/peserta didik. Secara khusus, dengan pertumbuhan platform digital yang cepat, sumber daya yang terintegrasi secara global, dan algoritma pembelajaran mesin, sistem pembelajaran adaptif menjadi semakin terjangkau, dapat diterapkan, dan efisien (Jingkun Chen et al., 2024; Sujatha et al., 2022; F. Wang et al., 2022).

Desain pembelajaran adaptif secara umum menempatkan pada posisi dimana seorang guru atau pendidik membutuhkan strategi-strategi yang digunakan untuk mengadaptasikan pembelajarannya

sehingga strategi pembelajaran yang dipergunakan tersebut nantinya akan dipersonalisasi untuk setiap peserta didik untuk memenuhi karakteristik unik yang dimiliki setiap peserta didik.

Pembelajaran adaptif merupakan proses pembelajaran dengan menyesuaikan kondisi, kebutuhan dan lingkungan siswa sehingga terjadi penguasaan pengetahuan, sikap dan keterampilan. Proses adaptif dilakukan dengan mengukur modalitas belajar siswa dan mempertimbangkannya di dalam proses mendesain pembelajaran. Penelitian dalam bidang pembelajaran adaptif telah menunjukkan bahwa penerapan pembelajaran adaptif berdampak positif pada pembelajaran, terutama dalam mikro-adaptif sistem yang telah terbukti hampir sama efektifnya dengan tutor manusia atau human tutor (X. Chen, 2020; Kang et al., 2024; Y. Wu et al., 2024). Teknologi pembelajaran adaptif mampu menyediakan lingkungan yang secara cerdas dapat menyesuaikan diri dengan kebutuhan individu peserta didik dengan menyajikan informasi yang tepat, bahan ajar, perancah (scaffolds), umpan balik, dan rekomendasi

berdasarkan pada karakteristik peserta didik dan situasi

3. Karakteristik Adaptive Learning

Keberhasilan pembelajaran adaptif terletak pada karakteristik intinya, yang membuatnya berbeda dari pengalaman belajar online yang lebih tradisional (Li et al., 2023; Russell et al., 2024; Yang et al., 2023). Beberapa karakteristik tersebut adalah sebagai berikut:

a. Personalised

Konten dan penyampaian beradaptasi dengan pelajar, tergantung pada preferensi dan kebutuhan belajar mereka. Hasilnya bisa sangat disesuaikan dengan kebutuhan khusus peserta didik karena dalam pembelajaran adaptif ini memiliki karakteristik penting yakni mempertimbangkan bentuk, kecepatan, pembelajaran, dan kebutuhan belajar setiap peserta didik.

b. Bite-sized

Peserta didik mengakses konten yang berbeda dengan cara non-linear. Konten pembelajaran tersebut kemudian dibuat dalam bentuk bagian atau unit-unit kecil yang berdiri sendiri dan disajikan kepada peserta didik dalam porsi kecil yang dapat diatur (bite-sized). Dengan demikian, maka di dalam pembelajaran adaptif ini akan

mengurangi atau bahkan meminimalisir terjadinya jumlah informasi yang disampaikan kepada peserta didik dalam jumlah besar dan tidak terorganisir (cognitive loading) karena informasi di deliver dalam bentuk bite-sized dan bersifat personal untuk tiap-tiap peserta didik.

c. Dynamic

Dalam hal ini, peserta didik membuat umpan balik atau tanggapan, pilihan-pilihan terkait aktivitas dan pengalaman belajar yang akan mereka tempuh sehingga pilihan-pilihan tersebut nantinya akan menjadi bagian dari learning path mereka. Pembelajaran adaptif ini mampu memverifikasi pemahaman peserta didik tentang konten pembelajaran, melalui umpan balik yang diperolehnya sesegera mungkin (otentik) dan terus-menerus dari guru.

d. Data-driven

Data peserta didik secara individual menentukan alur pembelajaran (learning path) mereka melalui konten pembelajaran, bukan firasat pengembang kursus tentang apa yang dibutuhkan semua pelajar.

e. Focused

Alih-alih harus mempelajari semua konten pembelajaran, dalam pembelajaran adaptif ini, peserta didik

dapat berkonsentrasi atau fokus pada apa yang hanya mereka butuhkan saja dalam proses dan aktivitas pembelajarannya. Konten berukuran bite-sized inilah yang nantinya mengurangi beban peserta didik karena harus mempelajari semua konten pembelajaran, sehingga mereka tetap fokus pada informasi pembelajaran yang mereka anggap penting saja.

4. Proses Adaptive Learning

Adaptive Learning merupakan pembelajaran biasa yang dimodifikasi dan dirancang sedemikian rupa sehingga dapat dipelajari, dilaksanakan, dan yang terpenting adalah dapat memenuhi kebutuhan pembelajaran peserta didik. Setiap peserta didik di kelas memiliki kemampuan dan bakat yang berbeda-beda. Jika perbedaan potensi peserta didik tidak diakomodasi dalam sebuah pembelajaran, yang didesain untuk dapat memaksimalkan setiap potensi peserta didik, akibatnya, banyak bibit unggul yang kurang berkesempatan memaksimalkan potensinya, sementara peserta didik yang tertinggal menjadi kesulitan dan tidak termotivasi untuk memahami materi dengan baik. Untuk mengatasi tingkat pemahaman dan pengetahuan yang

berbeda-beda (learning gap) tersebut, maka diperlukan sebuah sistem pembelajaran adaptif (adaptive learning). Metode ini memungkinkan materi pelajaran dipersonalisasi atau dirancang khusus sesuai dengan kemampuan masing-masing peserta didik. Umumnya, model ini mengandalkan teknologi berbasis web, yaitu peserta didik diminta untuk mengerjakan soal-soal terlebih dahulu, lalu materi akan dihadirkan menggunakan machine learning yang akan melatih dan menilai kemampuan peserta didik untuk menentukan penyajian soal-soal dan materi berikutnya.

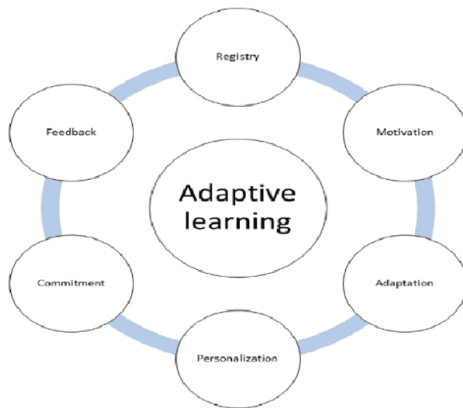
Sistem pembelajaran adaptif bisa menjadi solusi bagi masa depan pendidikan Indonesia. Menggunakan bantuan algoritma kecerdasan buatan (artificial intelligence/AI), setiap peserta didik difasilitasi untuk belajar sesuai dengan kecepatan dan kemampuan masing-masing, serta mendapatkan umpan balik yang lebih relevan agar mereka bisa mengetahui area-area kelemahan dan kekuatannya. Di saat yang sama, penerapan pembelajaran adaptif bisa mempermudah guru untuk memantau peserta didik mana yang membutuhkan bantuan, mengukur

efektivitas kurikulum yang telah dibuat, serta memaksimalkan hasil belajar.

Pembelajaran adaptif adalah inisiatif pedagogis apa pun yang didasarkan pada analisis, oleh lingkungan akademik, dari data yang dihasilkan selama proses belajar peserta didik. Pemantauan atau monitoring ini dikenal sebagai “learning analytics” yang memungkinkan proses pembelajaran disesuaikan dengan kebutuhan pendidikan setiap peserta didik (Palekar & L, 2024; Sun et al., 2023; Tang et al., 2024). Dengan cara ini, pembelajaran adaptif memungkinkan setiap peserta didik untuk mencapai pengetahuan yang diperlukan dalam setiap mata ajar/ pelajaran dengan kecepatan mereka sendiri, sehingga pembelajaran adaptif menjadi sebuah sistem pedagogis yang mampu memberikan perhatian yang dipersonalisasi untuk jumlah peserta didik sebanyak mungkin di lingkungan sekolah yang semakin beragam. Pembelajaran adaptif mengoptimalkan proses belajar setiap peserta didik, mengidentifikasi topik yang harus diperkuat dan dilanjutkan dengan yang sudah dipahami, memilih tingkat yang lebih tinggi jika

peserta didik memiliki persiapan yang baik dan dialihkan ke tingkat dasar jika persiapan masih dianggap kurang.

Gambar 6. Komponen Model Pembelajaran Adaptif

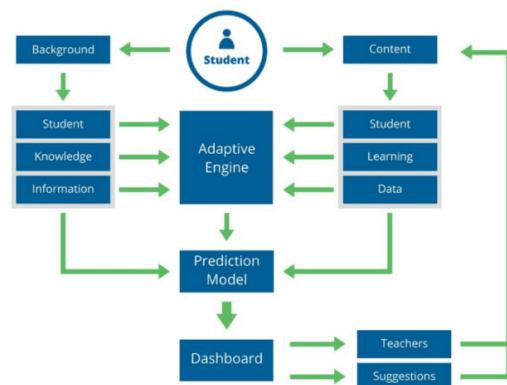


5. Kelebihan dan Kekurangan Adaptive Learning

Sebagai elemen penting dari pendidikan dan pembelajaran di abad ke-21 dan era disrupsi ini, pembelajaran adaptif telah menjadi core idea dalam pendidikan. Pembelajaran adaptif memiliki kemampuan lebih untuk mempersonalisasi materi yang disajikan kepada peserta didik berdasarkan pada kinerja mereka sambil mengidentifikasi kekuatan dan kelemahan mereka sendiri. Kekuatan dan kelemahan tersebut dapat ditentukan karena pertanyaan-pertanyaan dikategorikan dan ditandai oleh konsep. Sistem adaptif kemudian mengajukan pertanyaan sesuai dengan kategori-kategori tersebut,

dimana kesalahan berulang dari suatu kategori tertentu akan mengidentifikasi kelemahan seorang peserta didik. Sistem adaptif mampu melakukan hal ini secara real time, memungkinkan sistem ini memunculkan gambaran komprehensif tentang kemampuan seorang peserta didik secara menyeluruh yang dapat digambarkan dengan jauh lebih cepat daripada melalui teks konvensional. Keputusan yang dibuat peserta didik tersebut kemudian dilacak dan digunakan untuk memodifikasi/mengubah kecepatan peserta didik di antara pelajaran (lessons). Selanjutnya, terbitlah sebuah ringkasan (profile summary) yang kemudian oleh guru/pendidik dipergunakan untuk mengeksekusi kepentingan pembelajaran selanjutnya. Diagram alir dari cara kerja sistem adaptif ini diilustrasikan sebagai berikut:

Gambar 7. Diagram Alir Cara Kerja Sistem Adaptif



Di era disrupsi ini, (Baik et al., 2020; Jeong & Moon, 2024; Kabudi et al., 2021) menegaskan terkait dengan dampak teknologi saat ini adalah sebagai berikut:

It may feel like the pace of technology disruption and change these days is so dizzying that it could not possibly get any more intense. Yet here's the science fact: the pace of change right now is the absolute slowest it will be for the rest of your life. Fasten your seatbelts. It's going to be a fascinating ride. (p. 7)

Dari apa yang disampaikan dapat disimpulkan bahwa dampak pertumbuhan teknologi dalam pendidikan tinggi sangat beragam variabilitasnya, termasuk munculnya analitis prediktif, realitas virtual dan augmented, pembelajaran online dan blended, flipped classroom, dan inovasi terbaru, yakni: pembelajaran adaptif yang dimediasi teknologi (Liu et al., 2021; Seto et al., 2023). Teknologi dalam pendidikan ini memiliki implikasi penting bagi sistem pembelajaran adaptif cerdas (intelligent adaptive learning system) yang dapat dikatakan muncul dengan

cepat meskipun masih dalam tahap percobaan.

Desain dari pembelajaran adaptif ini berusaha untuk memungkinkan terjadinya proses pembelajaran yang berbeda untuk setiap peserta didik demikian pula pada tingkat pembelajaran yang dipersonalisasi. Pendekatan-pendekatan baru yang muncul untuk mendesain penilaian diagnostik dan formatif dengan memanfaatkan kecerdasan adaptif saat ini bukan menjadi hal baru lagi. Sistem pembelajaran adaptif dirancang untuk secara dinamis menyesuaikan dengan tingkat atau jenis konten pada pembelajaran tertentu berdasarkan kemampuan atau pencapaian keterampilan peserta didik secara individu, dengan cara-cara yang dapat mempercepat kinerja atau performansi peserta didik baik melalui intervensi dari guru maupun terjadi dengan sendirinya (otomatis). Sistem pembelajaran adaptif mampu mencapai hal ini dengan cara membantu mengatasi tantangan atau kendala pembelajaran seperti misalnya, kemampuan belajar peserta didik yang bervariasi, latar belakang peserta didik yang beragam, dan keterbatasan sumber daya. Berikut ini

adalah beberapa keuntungan dari pembelajaran adaptif:

- 1) Proses penilaian peserta didik yang berlangsung secara otomatis dan juga adanya analisis prediktif mampu menghasilkan efisiensi waktu yang signifikan.
- 2) Sistem pembelajaran adaptif memiliki potensi untuk memecahkan masalah pembelajaran yang utama dan perennial: ini adalah merupakan tantangan luar biasa bagi guru untuk mewujudkan pencapaian hasil belajar peserta didik melalui ketuntasan belajarnya diantara beragamnya perbedaan-perbedaan peserta didik secara demografis.
- 3) Sistem pembelajaran adaptif memiliki kemampuan dalam mengakomodasi tingkat pengetahuan awal peserta didik yang berbeda-beda secara fundamental, serta perkembangan konten pembelajaran berdasarkan pada keterampilan peserta didik dan pengukuran penguasaan hasil belajarnya, sehingga dengan demikian akan mengurangi beban sekolah dalam pelaksanaan proses pembelajaran dan perbaikan pembelajaran (remediasi) serta fasilitasi pembelajaran.
- 4) Sistem pembelajaran adaptif memungkinkan pembelajaran dilaksanakan secara efektif dan efisiensi oleh karena umpan balik dari peserta didik diperoleh secara otomatis dan perbaikan atau remediasi dapat dilakukan tanpa intervensi guru secara formal, telah menunjukkan peningkatan pembelajaran peserta didik secara signifikan.
- 5) System pembelajaran adaptif mampu mengatur tingkat kesulitan konten pembelajaran sehingga menghasilkan engagement dan kemajuan belajar yang lebih baik.
- 6) Dalam sistem pembelajaran adaptif, peserta didik memiliki jurnal yang menunjukkan perjalanan pembelajaran mereka sendiri: sebuah respons real-time terhadap proses pembelajaran yang sedang berlangsung dan mampu memberikan umpan balik yang detail atau rinci untuk dipergunakan sebagai mediasi mandiri (self-mediation).
- 7) Sistem pembelajaran adaptif mendorong kepemilikan (ownership) peserta didik terhadap pembelajaran mereka sendiri

melalui siklus umpan balik otomatis yang menggerakkan mereka untuk mengambil tindakan atau keputusan pembelajaran serta ber-progress secara independen atau mandiri tanpa tergantung kepada guru kelas.

- 8) Sistem pembelajaran adaptif mampu menyesuaikan dengan gaya belajar dan kebiasaan peserta didik yang bervariasi, bukan peserta didik yang harus menyesuaikan diri dengan sistem.
- 9) Dalam sistem pembelajaran adaptif ini, sekolah menerima data peserta didik termasuk di dalamnya tentang kebutuhan peserta didik yang bersifat individual. Dengan demikian, sistem pembelajaran adaptif dapat memberikan tingkat otomatisasi yang memungkinkan sekolah untuk mengalokasikan waktu dengan lebih baik kepada peserta didik yang membutuhkan perbaikan atau pun remediasi.
- 10) Sementara teknologi secara aktif menggunakan hasil-hasil riset (penelitian) untuk menginvestasi tentang bagaimana seseorang belajar, di lain pihak, sistem pembelajaran adaptif jika dikembangkan dengan benar,

maka ia mampu mengungkapkan bagaimana masing-masing peserta didik dapat mengoptimalkan pembelajarannya sesuai dengan karakteristik dan kebutuhan individu.

- 11) Sistem pembelajaran adaptif mampu menyediakan informasi tentang perkembangan pembelajaran peserta didik secara akurat sehingga memungkinkan sekolah untuk terus dapat meningkatkan desain pembelajarannya untuk mengakomodasi kebutuhan belajar peserta didik.
- 12) Metode penilaian pembelajaran konvensional sebagian besar lamban dalam menginformasikan perkembangan belajar peserta didik dalam siklus belajarnya. Sementara itu, dengan menggunakan umpan balik berbasis data yang tepat waktu dan komprehensif, maka sistem pembelajaran adaptif mampu menginformasikannya secara real time.

D. Kesimpulan

Penelitian ini menyajikan tinjauan bibliometric analysis dalam konteks Adaptive Learning.

Berdasarkan analisis bibliometric, disajikan keadaan seni berdasarkan arah penelitian literatur di masa lalu, sekarang, dan masa depan. Secara khusus, melalui analisis kutipan, publikasi teratas adalah (Alam, 2022) (429 kutipan), (Kabudi et al., 2021) (188 kutipan), dan (Muñoz et al., 2022) (140 kutipan). Sementara itu, Co-citation klusters menghasilkan empat kluster yang sesuai dengan tren masa depan (Adaptive Learning Rate, Fast Online Adaptive Learning, The adaptive learning framework, adaptive learning system). Pada akhirnya, Adaptive Learning Dalam beberapa dekade ini internet menjadi salah satu media paling berpengaruh sebagai media global yang dapat digunakan untuk berbagi informasi dimana kemajuan teknologi internet telah memunculkan pembelajaran dan pengalaman baru bagi peserta didik.

DAFTAR PUSTAKA

- Alam, A. (2022). Employing Adaptive Learning and Intelligent Tutoring Robots for Virtual Classrooms and Smart Campuses: Reforming Education in the Age of Artificial Intelligence. *Lecture Notes in Electrical Engineering*, 914. https://doi.org/10.1007/978-981-19-2980-9_32
- Anju Nofarof Hasudungan, Ofianto, & Tri Zahra Ningsih. (2022). Learning Loss: A Real Threat in Education for Underprivileged Students and Remote Regions during the Covid-19 Pandemic. *International Journal of Distance Education and E-Learning*, 7(1). <https://doi.org/10.36261/ijdeel.v7i1.2223>
- Baik, S., Choi, M., Choi, J., Kim, H., & Lee, K. M. (2020). Meta-learning with adaptive hyperparameters. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 2020-December.
- Cavanagh, T., Chen, B., Lahcen, R. A. M., & Paradiso, J. R. (2020). Constructing a design framework and pedagogical approach for adaptive learning in higher education: A practitioner's perspective. *International Review of Research in Open and Distance Learning*, 21(1). <https://doi.org/10.19173/irrodl.v21i1.4529>
- Chen, B., Wang, H., & Ba, C. (2022). *Differentiable Self-Adaptive Learning Rate*. 1–12. <http://arxiv.org/abs/2210.10290>
- Chen, Jie, Liu, J., Zhang, M., Dong, Z., Peng, Z., Ji, X., Liu, M., Zhang, L., Zhang, A., & Zhu, H. (2023). Accelerated discovery of cost-effective Nd-Fe-B magnets through adaptive learning. *Journal of Materials Chemistry A*, 11(16). <https://doi.org/10.1039/d2ta10043f>
- Chen, Jingkun, Chen, C., Huang, W., Zhang, J., Debattista, K., & Han, J. (2024). Dynamic contrastive learning guided by class confidence and confusion degree for medical image segmentation. *Pattern Recognition*, 145. <https://doi.org/10.1016/j.patcog.2023.109881>
- Chen, X. (2020). AI + Education: Self-adaptive Learning Promotes

- Individualized Educational Revolutionary. *ACM International Conference Proceeding Series*. <https://doi.org/10.1145/3399971.3399984>
- Dai, J., Gu, X., & Zhu, J. (2023). Personalized Recommendation in the Adaptive Learning System: The Role of Adaptive Testing Technology. *Journal of Educational Computing Research*, 61(3). <https://doi.org/10.1177/07356331221127303>
- El-Sabagh, H. A. (2021). Adaptive e-learning environment based on learning styles and its impact on development students' engagement. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 18(1). <https://doi.org/10.1186/s41239-021-00289-4>
- Gunawan, W., & Cholid, A. (2023). *Metode Pembelajaran Metode Inquiry dan Gaya Belajar Terhadap Hasil Belajar Bahasa Inggris*. 05(04), 10832–10843.
- Hwang, G. J., Sung, H. Y., Chang, S. C., & Huang, X. C. (2020). A fuzzy expert system-based adaptive learning approach to improving students' learning performances by considering affective and cognitive factors. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 1. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2020.100003>
- Jeong, O., & Moon, I. (2024). Adaptive transfer learning-based cryptanalysis on double random phase encoding. *Optics and Laser Technology*, 168. <https://doi.org/10.1016/j.optlastec.2023.109916>
- Kabudi, T., Pappas, I., & Olsen, D. H. (2021). AI-enabled adaptive learning systems: A systematic mapping of the literature. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 2. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2021.100017>
- Kang, D., Kim, D., Kang, D., Kim, T., Lee, B., Kim, D., & Song, B. C. (2024). Beyond superficial emotion recognition: Modality-adaptive emotion recognition system. *Expert Systems with Applications*, 235. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2023.121097>
- Li, X., Xu, H., Zhang, J., & Chang, H. H. (2023). Deep Reinforcement Learning for Adaptive Learning Systems. *Journal of Educational and Behavioral Statistics*, 48(2). <https://doi.org/10.3102/10769986221129847>
- Liu, Y., Chen, Q., & Albanie, S. (2021). Adaptive cross-modal prototypes for cross-domain visual-language retrieval. *Proceedings of the IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*. <https://doi.org/10.1109/CVPR46437.2021.01471>
- Loizou, N., Vaswani, S., Laradji, I., & Lacoste-Julien, S. (2021). Stochastic Polyak Step-size for SGD: An Adaptive Learning Rate for Fast Convergence. *Proceedings of Machine Learning Research*, 130.
- Muñoz, J. L. R., Ojeda, F. M., Jurado, D. L. A., Peña, P. F. P., Carranza, C. P. M., Berríos, H. Q., Molina, S. U., Farfan, A. R. M., Arias-González, J. L., & Vasquez-Pauca, M. J. (2022). Systematic Review of Adaptive Learning Technology for Learning in Higher Education. *Eurasian Journal of Educational Research*, 2022(98). <https://doi.org/10.14689/ejer.202>
-

- 2.98.014
Nabizadeh, A. H., Gonçalves, D., Gama, S., Jorge, J., & Rafsanjani, H. N. (2020). Adaptive learning path recommender approach using auxiliary learning objects. *Computers and Education*, 147. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103777>
- Palekar, V., & L, S. K. (2024). Adaptive optimized residual convolutional image annotation model with bionic feature selection model. *Computer Standards and Interfaces*, 87. <https://doi.org/10.1016/j.csi.2023.103780>
- Peng, C., Chen, C., Guo, T., & Xu, W. (2024). AK-SEUR: An adaptive Kriging-based learning function for structural reliability analysis through sample-based expected uncertainty reduction. *Structural Safety*, 106. <https://doi.org/10.1016/j.strusafe.2023.102384>
- Russell, M., Wang, P., Liu, S., & Jawahir, I. S. (2024). Mixed-Up Experience Replay for Adaptive Online Condition Monitoring. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 71(2). <https://doi.org/10.1109/TIE.2023.3260351>
- Seto, S., Theobald, B.-J., Danieli, F., Jaitly, N., & Busbridge, D. (2023). *REALM: Robust Entropy Adaptive Loss Minimization for Improved Single-Sample Test-Time Adaptation*.
- Sujatha, D., Subramaniam, M., & Rene Robin, C. R. (2022). A new design of multimedia big data retrieval enabled by deep feature learning and Adaptive Semantic Similarity Function. *Multimedia Systems*, 28(3). <https://doi.org/10.1007/s00530-022-00897-8>
- Sun, S., Wu, X., & Xu, T. (2023). A Theoretical Framework for a Mathematical Cognitive Model for Adaptive Learning Systems. *Behavioral Sciences*, 13(5). <https://doi.org/10.3390/bs13050406>
- Tang, H., Tang, Y., Su, Y., Feng, W., Wang, B., Chen, P., & Zuo, D. (2024). Feature extraction of multi-sensors for early bearing fault diagnosis using deep learning based on minimum unscented kalman filter. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 127. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2023.107138>
- Vanbecelaere, S., Van den Berghe, K., Cornillie, F., Sasanguie, D., Reynvoet, B., & Depaepe, F. (2020). The effectiveness of adaptive versus non-adaptive learning with digital educational games. *Journal of Computer Assisted Learning*, 36(4). <https://doi.org/10.1111/jcal.12416>
- Wang, F., Xu, Z., Ni, W., Chen, J., & Pan, Z. (2022). An Adaptive Learning Image Denoising Algorithm Based on Eigenvalue Extraction and the GAN Model. In *Computational Intelligence and Neuroscience* (Vol. 2022). <https://doi.org/10.1155/2022/5792767>
- Wang, Y., Lu, W., Wang, L., Zhu, Z., Lin, H., & Lian, H. (2025). Regularized Adaptive Huber Matrix Regression and Distributed Learning. *Statistica Sinica*. <https://doi.org/10.5705/ss.202023.0022>
- Wu, X., Huang, F., Hu, Z., & Huang, H. (2023). Faster Adaptive Federated Learning. *Proceedings of the 37th AAAI Conference on Artificial Intelligence, AAAI 2023*,

- 37, 10379–10387.
<https://doi.org/10.1609/aaai.v37i9.26235>
- Wu, Y., Meng, X., Zhang, J., He, Y., Romo, J. A., Dong, Y., & Lu, D. (2024). Effective LSTMs with seasonal-trend decomposition and adaptive learning and niching-based backtracking search algorithm for time series forecasting. *Expert Systems with Applications*, 236. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2023.121202>
- Xu, Z., Shi, S., Liu, A. X., Zhao, J., & Chen, L. (2020). An Adaptive and Fast Convergent Approach to Differentially Private Deep Learning. *Proceedings - IEEE INFOCOM, 2020-July*. <https://doi.org/10.1109/INFOCOM41043.2020.9155359>
- Yang, Y., Sun, Z. Q., Zhu, H., Fu, Y., Zhou, Y., Xiong, H., & Yang, J. (2023). Learning Adaptive Embedding Considering Incremental Class. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 35(3). <https://doi.org/10.1109/TKDE.2021.3109131>
- Yu, H., Sun, S., Yu, H., Chen, X., Shi, H., Huang, T. S., & Chen, T. (2020). FOAL: Fast Online Adaptive Learning for Cardiac Motion Estimation. *Proceedings of the IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*. <https://doi.org/10.1109/CVPR42600.2020.00437>
- Zeng, J., Feng, M., Deng, Y., Jiang, P., Bai, Y., Wang, J., Qu, A., Liu, W., Jiang, Z., He, Q., Wang, Z., & Xu, P. (2024). Deep learning to obtain high-throughput morphological phenotypes and its genetic correlation with swimming performance in juvenile large yellow croaker. *Aquaculture*, 578. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2023.740051>
- Zhang, Y., Liu, X., Bao, F., Chi, J., Zhang, C., & Liu, P. (2020). Particle swarm optimization with adaptive learning strategy. *Knowledge-Based Systems*, 196. <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2020.105789>