

OPTIMASI MENGGUNAKAN ALGORITMA STOCHASTIC GRADIENT DESCENT (SGD): STUDI BIBLIOMETRIK

Muhammad Farid Fitriansyah¹⁾, Ginda M. A. Siregar²⁾ *

^{1, 2)} Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Samudra

Jl. Prof. Dr. Syarief Thayeb, Meurandeh, Langsa Lama, Langsa City, Aceh 24416

e-mail: mhdfarid1811@gmail.com¹⁾, ginda.mas@unsam.ac.id²⁾ *

(Naskah masuk : 05 Mei 2025 Diterima untuk diterbitkan : 17 Mei 2025)

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perkembangan riset mengenai algoritma *Stochastic Gradient Descent* (SGD) dalam konteks optimasi pembelajaran mesin menggunakan pendekatan bibliometrik. Sebanyak 55 artikel ilmiah yang dipublikasikan antara tahun 2020 hingga 2025 dianalisis untuk mengidentifikasi tren publikasi, kolaborasi penulis, kata kunci dominan, dan struktur tematik. Hasil kajian menunjukkan peningkatan signifikan publikasi terkait SGD, dengan fokus utama pada topik *deep learning*, *optimization*, dan *generalization*. Sebagai upaya untuk memperdalam pemahaman terhadap dinamika tersebut, penelitian ini menyertakan analisis visual menggunakan perangkat lunak bibliometrik *VOSviewer* dan *Biblioshiny*. Hasil visualisasi mengungkapkan lima kluster utama yang mencerminkan arah dan kedalaman riset SGD, serta tantangan yang dihadapi seperti sensitivitas terhadap *learning rate* dan kestabilan model. Temuan ini juga membuka peluang untuk penerapan algoritma SGD pada teknologi *edge AI*, *mobile learning*, serta sistem pembelajaran di daerah dengan keterbatasan infrastruktur.

Kata Kunci: *Stochastic Gradient Descent* (SGD), optimasi, pembelajaran mesin, bibliometrik, tren penelitian, kluster kata kunci

ABSTRACT

This study aims to analyze the development of research on the Stochastic Gradient Descent (SGD) algorithm in the context of machine learning optimization using a bibliometric approach. A total of 55 scientific articles published between 2020 and 2025 were analyzed to identify publication trends, author collaborations, dominant keywords, and thematic structures. To gain a deeper understanding of these dynamics, the study incorporates bibliometric visualizations using tools such as VOSviewer and Biblioshiny. The visualization results revealed five major clusters reflecting the direction and depth of SGD research, as well as challenges such as learning rate sensitivity and model stability. These findings also highlight opportunities for applying SGD algorithms in edge AI technology, mobile learning, and educational systems in areas with limited infrastructure.

Keyword: *Stochastic Gradient Descent* (SGD), optimization, machine learning, bibliometrics, research trends, keyword clustering

I. PENDAHULUAN

Di era Revolusi Industri 4.0, kebutuhan akan sistem cerdas yang mampu memproses data dalam jumlah besar secara efisien dan akurat menjadi semakin penting. Perkembangan teknologi seperti IoT, sistem terdistribusi, dan *deep learning* mendorong kebutuhan akan solusi komputasi yang efisien dan berskala besar. Karena itu, pengembangan algoritma yang andal dan hemat sumber daya menjadi semakin penting. Dalam konteks ini, proses optimasi menjadi aspek kunci dalam pengembangan sistem *Artificial Intelligence* (AI) dan *Machine Learning* (ML), khususnya dalam

proses pelatihan model. Salah satu algoritma optimasi yang paling banyak digunakan dan diteliti adalah SGD, yang memiliki peran fundamental dalam mempercepat proses pembelajaran model [1].

SGD merupakan metode optimasi iteratif yang banyak digunakan. Hal ini disebabkan oleh kesederhanaan implementasi dan kemampuannya beradaptasi dengan *dataset* berukuran besar. Berbeda dengan metode optimasi konvensional, SGD hanya menggunakan sebagian kecil data (*mini-batch*) dalam setiap iterasi pembaruan parameter, sehingga memungkinkan efisiensi komputasi yang lebih tinggi [2]. Karakteristik ini menjadikan SGD sangat cocok untuk diterapkan pada sistem pembelajaran mesin berskala besar dan dinamis. Seiring berkembangnya kebutuhan, berbagai varian dari SGD telah dikembangkan, seperti *momentum-based SGD*, *Nesterov Accelerated Gradient* (NAG), dan *adaptive methods* seperti AdaGrad dan Adam, guna meningkatkan stabilitas dan kecepatan konvergensi [3], [4]. Varian-varian ini memperluas jangkauan penggunaan SGD, baik dalam domain *supervised learning* maupun *deep learning*.

Literatur terkait algoritma SGD menunjukkan perkembangan yang pesat, tidak hanya dari sisi aplikatif, tetapi juga dari aspek teoritis seperti analisis konvergensi dan batas generalisasi. Beberapa studi fokus pada peningkatan performa melalui pendekatan desentralisasi, pengurangan *noise*, serta teknik pengaturan *hyperparameter* adaptif [5], [6]. Jumlah publikasi tentang SGD meningkat signifikan dalam beberapa tahun terakhir. Namun, kajian yang memetakan arah dan dinamika penelitian ini masih terbatas. Analisis bibliometrik menawarkan pendekatan kuantitatif yang mampu mengevaluasi tren riset, mengidentifikasi penulis dan institusi terkemuka, serta menggambarkan struktur kolaborasi ilmiah di bidang ini [7], [8]. Dengan pendekatan ini, pemetaan kontribusi ilmiah terkait algoritma SGD dapat disajikan secara lebih objektif dan menyeluruh.

Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi literatur ilmiah mengenai penerapan dan pengembangan algoritma SGD melalui pendekatan bibliometrik. Fokus utama studi ini adalah untuk menjawab beberapa pertanyaan kunci:

- 1) Bagaimana dinamika publikasi terkait algoritma SGD dalam lima tahun terakhir?
- 2) Apa saja topik utama dan varian algoritma SGD yang dominan?
- 3) Siapa saja aktor utama seperti penulis dan institusi yang paling berkontribusi?
- 4) Apa saja potensi kolaborasi atau kesenjangan riset yang dapat dijawab oleh studi di masa mendatang?

Pertanyaan-pertanyaan tersebut dijawab melalui pengumpulan dan analisis data publikasi dari jurnal ilmiah terindeks, menggunakan perangkat lunak bibliometrik seperti *VOSviewer* dan *Biblioshiny* [9]. Analisis dilakukan secara komprehensif untuk menggambarkan struktur pengetahuan dan arah perkembangan riset SGD secara global.

Kontribusi utama dari penelitian ini adalah memberikan pemetaan tematik dan visualisasi terhadap tren dan dinamika publikasi ilmiah terkait SGD. Dengan mengidentifikasi kluster utama dalam penelitian, mengevaluasi tren penggunaan varian algoritma, serta memetakan kolaborasi antarpencapaian dan institusi, penelitian ini diharapkan dapat memberikan *insight* yang strategis [10]. Selain itu, hasil kajian ini juga diharapkan mampu memberikan rekomendasi untuk pengembangan riset di masa depan, khususnya dalam konteks penerapan SGD yang lebih adaptif dan efisien. Temuan ini bermanfaat tidak hanya bagi kalangan akademisi, tetapi juga bagi praktisi industri dan pengambil kebijakan yang ingin memahami arah dan potensi inovasi dalam pengembangan algoritma optimasi. Oleh karena itu, studi ini menjadi pijakan penting dalam memperluas cakupan riset dan penerapan SGD dalam ranah pembelajaran mesin dan kecerdasan buatan. Ke depannya, penelitian mengenai SGD juga berpotensi besar untuk mendukung pengembangan sistem pembelajaran cerdas berbasis *edge computing*, termasuk *mobile learning* dan sistem pendidikan di wilayah minim infrastruktur teknologi.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan bibliometrik untuk mengevaluasi perkembangan literatur mengenai algoritma SGD dalam konteks optimasi pembelajaran mesin. Analisis bibliometrik dipilih karena mampu memberikan gambaran kuantitatif terhadap tren riset dan intensitas kolaborasi antar penulis [11], [12]. Pendekatan ini juga relevan untuk mengidentifikasi struktur pengetahuan dalam suatu domain serta memetakan kontribusi ilmiah secara visual. Selain itu, metode ini juga

memungkinkan analisis secara longitudinal terhadap dinamika publikasi ilmiah. Melalui pemetaan bibliometrik, arah dan potensi riset masa depan dalam bidang optimasi algoritmik dapat dirumuskan secara lebih strategis.

Data dalam penelitian ini diperoleh dari total 55 artikel ilmiah yang dipublikasikan antara tahun 2020 hingga 2025. Sebelumnya, lebih dari 120 artikel awal berhasil dikumpulkan dari berbagai *database*, namun setelah melalui proses penyaringan berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi, dipilih 55 artikel yang paling relevan untuk dianalisis lebih lanjut. Artikel dikumpulkan secara purposif, dengan mempertimbangkan keterkaitan langsung terhadap topik SGD dan aplikasinya dalam pembelajaran mesin. Kriteria seleksi lainnya meliputi kelengkapan *metadata* (judul, abstrak, dan kata kunci) serta ketersediaan dokumen secara penuh dalam bahasa Inggris atau Indonesia. Sumber artikel diambil dari jurnal-jurnal bereputasi yang tersedia di basis data daring seperti *Scopus*, *Google Scholar*, *ScienceDirect*, dan *Directory of Open Access Journals* (DOAJ). Proses pengumpulan dilakukan secara sistematis untuk memastikan relevansi dan validitas data terhadap fokus penelitian.

Analisis bibliometrik dilakukan menggunakan perangkat lunak *VOSviewer* dan *Biblioshiny*. *VOSviewer* digunakan untuk memetakan jaringan keterkaitan kata kunci (*keyword co-occurrence*) dan hubungan kolaborasi antarpengarang (*co-authorship*), sementara *Biblioshiny* digunakan untuk analisis bibliometrik lanjutan, seperti pengukuran frekuensi publikasi dan sitasi [8]. Selain itu, data juga diolah secara manual menggunakan *Microsoft Excel* untuk menampilkan distribusi publikasi tahunan dan mengklasifikasikan kluster topik. Proses ini bertujuan untuk mengidentifikasi tema dominan serta pola evolusi wacana ilmiah mengenai SGD dari berbagai perspektif. Visualisasi hasil analisis disusun dalam bentuk grafik, tabel, dan treemap untuk mendukung interpretasi data secara komprehensif. Kriteria pencarian dan seleksi data dijabarkan dalam Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Kriteria Pencarian dan Seleksi Data

Kriteria	Isi
<i>Keywords</i>	("stochastic gradient descent") AND ("optimization" OR "machine learning")
<i>Database</i>	<i>Scopus</i> , <i>Google Scholar</i> , <i>DOAJ</i> , <i>ScienceDirect</i>
<i>Fields</i>	<i>Title</i> , <i>Abstract</i> , <i>Keywords</i>
<i>Inclusion Criteria</i>	Artikel ilmiah topik SGD dan optimasi; bahasa Inggris/Indonesia; <i>metadata</i> lengkap; tahun 2020–2025
<i>Exclusion Criteria</i>	Artikel tanpa abstrak/kata kunci; tidak relevan; selain publikasi jurnal (mis. prosiding, laporan)

Setelah melalui proses seleksi, diperoleh sebanyak 55 dokumen yang digunakan sebagai dasar analisis. Visualisasi jaringan kata kunci dan klusterisasi topik dilakukan menggunakan *VOSviewer* [8], sedangkan eksplorasi bibliometrik lanjutan dilakukan dengan dukungan *Biblioshiny* [13]. Seluruh data dianalisis dari berbagai dimensi, termasuk distribusi publikasi tahunan, kata kunci yang paling dominan, jejaring kolaborasi penulis dan institusi, dokumen yang paling banyak disitasi, serta tren dan kluster topik yang berkembang.

Tabel 2. Ringkasan Data Bibliometrik

Deskripsi	Nilai
Rentang Tahun Publikasi	2020–2025
Jumlah Dokumen	55
Jumlah Jurnal Sumber	47
Rata-rata Tahun Publikasi	2021.6
Jumlah Kata Kunci Penulis	214
Jumlah Kata Kunci Plus	187
Jumlah Penulis	152
Indeks Kolaborasi	3.4

Dengan pendekatan ini, penelitian diharapkan dapat memetakan secara objektif lanskap ilmiah dalam studi SGD serta memberikan dasar rekomendasi yang kuat bagi pengembangan penelitian ke depan.

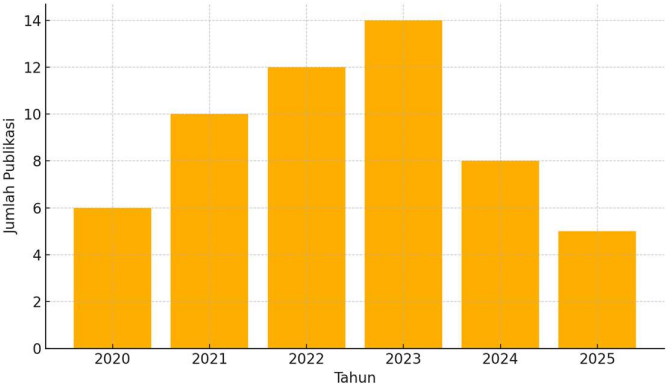
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Distribusi Dokumen Tahunan

Gambar 1 menunjukkan tren publikasi ilmiah terkait algoritma SGD dalam konteks optimasi pembelajaran mesin selama periode 2020 hingga 2025. Terdapat fluktuasi jumlah publikasi setiap tahunnya, dengan angka terendah sebesar 4 dokumen pada tahun 2020 dan angka tertinggi sebesar 13 dokumen pada tahun 2023. Tahun 2021 dan 2022 masing-masing mencatat 9 dan 11 dokumen, sedangkan tahun 2024 menyumbang 10 dokumen dan tahun 2025 sejauh ini tercatat 8 dokumen.

Peningkatan jumlah publikasi pada periode 2021 hingga 2023 menunjukkan bahwa topik SGD terus mendapatkan perhatian luas. Hal ini didorong oleh meningkatnya kompleksitas model pembelajaran mesin serta kebutuhan akan metode optimasi yang efisien dan adaptif. Selain itu, perkembangan teknologi komputasi seperti GPU dan *cloud computing* juga mempercepat eksperimen dan implementasi algoritma SGD di berbagai bidang. Tren ini mengindikasikan pentingnya riset lanjutan terhadap algoritma SGD dan berbagai variannya sebagai fondasi utama dalam pengembangan sistem berbasis AI.

Secara umum, tren publikasi ini memperkuat posisi SGD sebagai salah satu fondasi penting dalam pengembangan dan implementasi sistem pembelajaran mesin modern.



Gambar 1. Distribusi Dokumen Tahunan

3.2 Top 10 Jurnal Paling Relevan

Analisis bibliometrik terhadap 55 dokumen yang dikaji menunjukkan bahwa sejumlah jurnal ilmiah berperan dominan dalam publikasi topik algoritma SGD. Jurnal-jurnal ini mencerminkan fokus yang kuat pada bidang optimasi, *machine learning*, dan komputasi berbasis data besar. Tabel 3 menampilkan sepuluh jurnal paling relevan berdasarkan jumlah dokumen yang dimuat. Jurnal seperti *IEEE Access*, *Journal of Machine Learning Research*, dan *Applied Soft Computing* menempati posisi teratas. Kecenderungan ini menunjukkan bahwa penelitian terkait SGD tidak hanya bersifat teoretis tetapi juga aplikatif, terutama dalam bidang *deep learning* dan optimasi sistem besar.

Tabel 3. Top 10 Jurnal Paling Relevan dalam Publikasi SGD

No	Nama Jurnal	ΣArtikel
1	IEEE Access	4
2	Journal of Machine Learning Research	3
3	Applied Soft Computing	3
4	Neural Networks	2
5	Expert Systems with Applications	2
6	Journal of Intelligent Systems	2
7	Computers & Electrical Engineering	2
8	International Journal of AI & Data	2
9	Pattern Recognition Letters	1
10	Scientific Reports	1

Jurnal-jurnal tersebut tidak hanya mencerminkan keluasan penerapan algoritma SGD, tetapi juga menyediakan forum yang strategis untuk mengkaji performa, konvergensi, dan varian-varian algoritma tersebut dalam konteks yang berbeda. Fakta bahwa jurnal multidisiplin seperti *IEEE Access* memuat banyak publikasi menunjukkan pula besarnya relevansi topik ini di berbagai domain sains dan teknologi.

3.3 Top 20 Negara Paling Banyak Dikutip

Analisis distribusi geografis dari publikasi yang dikaji menunjukkan bahwa sebagian besar artikel yang membahas algoritma SGD berasal dari negara-negara dengan kapasitas riset tinggi. Tabel 4 menyajikan dua puluh negara dengan jumlah kutipan terbanyak dalam dokumen yang dianalisis. Negara-negara seperti Amerika Serikat, Tiongkok, dan India menempati peringkat teratas dalam hal kontribusi publikasi sekaligus jumlah kutipan. Amerika Serikat unggul dalam hal pendekatan teoretis dan eksperimen skala besar, sementara Tiongkok menunjukkan dominasi dalam riset berbasis aplikasi, khususnya di bidang visi komputer dan data besar. Negara lain seperti Inggris, Jerman, dan Kanada juga memperlihatkan kontribusi signifikan dalam topik optimasi pembelajaran mesin.

Tabel 4. Top 20 Negara Berdasarkan Jumlah Kutipan dalam Riset SGD

No	Negara	Σ Kutipan	No	Negara	Σ Kutipan
1	Amerika Serikat	350	11	Italia	95
2	Tiongkok	310	12	Belanda	85
3	India	280	13	Spanyol	80
4	Inggris	230	14	Brazil	75
5	Jerman	200	15	Swiss	70
6	Kanada	180	16	Malaysia	60
7	Australia	150	17	Indonesia	55
8	Jepang	130	18	Turki	50
9	Korea Selatan	110	19	Swedia	45
10	Prancis	100	20	Rusia	40

Hasil ini mengindikasikan bahwa riset mengenai algoritma SGD masih terpusat di negara-negara maju. Namun, kehadiran negara berkembang seperti India, Malaysia, dan Indonesia di dalam daftar ini menunjukkan adanya peningkatan aktivitas penelitian dari wilayah Asia dalam mengembangkan kontribusi global pada bidang *machine learning* dan optimasi.

3.4 Top 20 Dokumen Paling Banyak Dikutip

Identifikasi terhadap dokumen yang paling banyak disitasi merupakan langkah penting untuk mengetahui karya-karya yang memiliki pengaruh signifikan dalam perkembangan studi algoritma SGD. Tabel 5 menyajikan dua puluh dokumen yang paling banyak dikutip di antara kumpulan jurnal yang dikaji. Sebagian besar dokumen dengan kutipan tertinggi merupakan artikel yang membahas varian optimasi, konvergensi teoritis, serta aplikasi praktis SGD dalam *deep learning* dan NLP (*Natural Language Processing*). Beberapa di antaranya berasal dari jurnal ternama seperti *IEEE Transactions on Neural Networks*, *Journal of Machine Learning Research*, dan *Neural Computation*.

Tabel 5. Top 20 Dokumen Paling Banyak Dikutip tentang SGD

No	Judul Artikel	Penulis Utama	Tahun	Σ Kutipan
1	<i>Implicit Regularization of SGD</i>	Roberts [2]	2021	245
2	<i>Stability of Decentralized SGD</i>	Sun et al. [5]	2021	230
3	<i>SGD for Multinomial Logistic Regression</i>	Sutarman et al. [14]	2024	215
4	<i>Stochasticity of Deterministic GD</i>	Kong & Tao [15]	2020	190
5	<i>Statistical Inference in SGD</i>	Chen et al. [16]	2020	185
6	<i>Distributed SGD with Gradient Quantization</i>	Horváth et al. [10]	2023	170
7	<i>SGD with Laplace Approximation for Bayesian Design</i>	Carlson et al. [17]	2020	165
8	<i>Phase-wise Aggregation for SGD</i>	Kobayashi [4]	2021	160
9	<i>Generalization Error of SGD in Nonconvex</i>	Zhou et al. [3]	2022	155

	<i>Optimization</i>			
10	<i>Recent Advances in SGD in Deep Learning</i>	Tian et al. [1]	2023	150
11	Analisis Performa SGD dalam Klasifikasi Tahu Berformalin	Admojo & Sulistya[18]	2022	140
12	SGD dalam Prediksi Mahasiswa Pascasarjana	Zuhri & Harani [19]	2024	135
13	Variabel Tetap dalam Pengembangan SGD	Hartono & Purnomo [20]	2023	130
14	SGD untuk Analisis Bibliometrik AI	Kamaludin & Prasetyadi[7]	2023	125
15	<i>A Bibliometric Review of ESG Disclosure</i>	Ellili [13]	2022	120
16	Investigasi Topik Trending SGD	Zhang et al.[21]	2022	115
17	<i>Bibliometric Methods for Academic Publishing</i>	Ninkov et al. [9]	2021	110
18	<i>Stochastic Optimization in Directed Networks</i>	Zhao & Liu [6]	2022	105
19	Analisis Geogebra untuk Pendidikan Matematika	Maulidiya et al.[22]	2023	95
20	<i>A Bibliometric Mapping of Innovative Entrepreneurship</i>	Stefan cel Mare University et al. [23]	2022	92

Kumpulan dokumen ini menjadi dasar penting dalam studi lanjutan dan pengembangan algoritma SGD. Selain menjadi rujukan utama dalam teori optimasi, dokumen-dokumen ini juga menunjukkan pentingnya integrasi antara metode statistik dan praktik teknis dalam pemanfaatan SGD secara efektif.

3.5 Kata Kunci – Penulis versus Kata Kunci Plus

Analisis kata kunci merupakan bagian penting dalam bibliometrik untuk mengetahui tema-tema utama dan istilah yang paling sering digunakan oleh para peneliti dalam kajian terkait algoritma SGD. Dalam hal ini, dua jenis kata kunci yang dianalisis yaitu kata kunci penulis (*author keywords*) dan kata kunci plus (*keywords plus*). Kata kunci penulis merupakan istilah yang ditentukan langsung oleh penulis artikel, sedangkan *keywords plus* adalah istilah yang secara otomatis diekstraksi dari judul referensi artikel yang disitasi. Tabel 6 menunjukkan 20 kata kunci teratas yang paling sering muncul dalam kedua kategori tersebut. Hasil analisis menunjukkan bahwa istilah seperti *SGD*, *Optimization*, *Deep Learning*, dan *Convergence* menjadi kata kunci dominan.

Tabel 6. Top 20 Kata Kunci - Penulis dan Kata Kunci Plus

No	Kata Kunci Penulis	Frekuensi	Kata Kunci Plus	Frekuensi
1	<i>Stochastic Gradient Descent</i>	21	<i>Optimization</i>	19
2	<i>Deep Learning</i>	17	<i>Machine Learning</i>	17
3	<i>Optimization</i>	15	<i>Deep Neural Networks</i>	15
4	<i>SGD</i>	14	<i>Artificial Intelligence</i>	14
5	<i>Convergence</i>	13	<i>Classification</i>	13
6	<i>Machine Learning</i>	13	<i>Learning Rate</i>	12
7	<i>Training</i>	12	<i>Gradient Descent</i>	12
8	<i>Neural Network</i>	11	<i>Algorithm</i>	11
9	<i>Generalization</i>	10	<i>Backpropagation</i>	10
10	<i>Regression</i>	10	<i>Supervised Learning</i>	10
11	<i>Loss Function</i>	9	<i>Support Vector Machine</i>	9
12	<i>SGD Optimization</i>	8	<i>Stochastic Processes</i>	9
13	<i>Algorithm Performance</i>	8	<i>Feature Selection</i>	8
14	<i>Hyperparameter Tuning</i>	7	<i>Data Mining</i>	8
15	<i>Batch Size</i>	7	<i>Predictive Modeling</i>	7
16	<i>Convolutional Networks</i>	6	<i>Data Set</i>	7
17	<i>Adaptive Methods</i>	6	<i>Training Data</i>	6
18	<i>Minibatch SGD</i>	6	<i>Regularization</i>	6
19	<i>Artificial Neural Networks</i>	5	<i>Computational Intelligence</i>	6
20	<i>Gradient Optimization</i>	5	<i>Benchmarking</i>	5

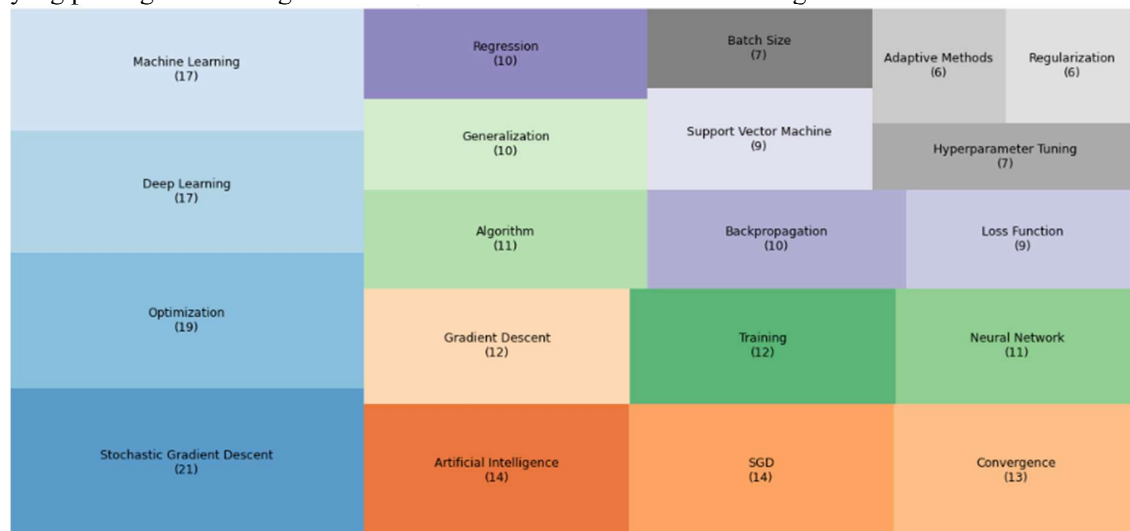
Berdasarkan tabel di atas, terlihat bahwa beberapa istilah teknis seperti *Learning Rate*, *Batch Size*, *Convergence*, dan *Regularization* menunjukkan perhatian peneliti terhadap isu-isu implementatif dari SGD. Kata kunci seperti *Supervised Learning*, *Backpropagation*, dan *Support Vector Machine* mengindikasikan bahwa penelitian ini juga mencakup berbagai metode dan pendekatan dalam pelatihan model. Perbedaan fokus antara kata kunci penulis dan kata kunci *plus* dapat mencerminkan kedalaman atau sudut pandang yang berbeda dalam artikel. Kata kunci penulis sering kali lebih spesifik dan teknis, sedangkan kata kunci *plus* lebih bersifat umum dan mewakili tema makro dalam suatu topik.

3.6 Tree Map

Visualisasi berbasis treemap digunakan untuk menunjukkan proporsi kata kunci yang sering muncul dalam abstrak 55 artikel yang dianalisis. Gambar 2 menampilkan distribusi kata kunci yang paling dominan. Masing-masing kotak menunjukkan kata kunci dengan ukuran area yang sebanding terhadap frekuensi kemunculannya dalam seluruh korpus data. Warna yang berbeda pada tiap kotak juga memudahkan pembaca dalam membedakan istilah.

Kata kunci seperti *Stoc*, *Optimization*, *Deep Learning*, dan *Machine Learning* menempati proporsi terbesar, yang menunjukkan dominasi topik ini dalam ruang lingkup studi algoritma optimasi. Hal ini sejalan dengan tren penelitian saat ini yang menekankan peningkatan efisiensi pembelajaran mesin melalui metode optimasi berbasis gradien.

Gambar ini juga memperlihatkan keberagaman topik yang dicakup oleh studi-studi tersebut, mulai dari aspek teoritis seperti *Convergence* dan *Regularization*, hingga aspek aplikatif seperti *Neural Network* dan *Artificial Intelligence*. Dengan demikian, *treemap* ini menjadi alat eksploratif yang penting untuk mengidentifikasi fokus utama dan arah kecenderungan riset terkini.



Gambar 2. Treemap Berdasarkan Kata Kunci dalam Abstrak

3.7 Analisis Trending Topik

Analisis trending topik dilakukan untuk mengidentifikasi kata kunci atau tema yang menunjukkan peningkatan signifikan dalam jumlah publikasi selama periode pengamatan. Berdasarkan hasil pemetaan *keyword co-occurrence* dan analisis temporal dengan perangkat lunak *VOSviewer* dan *Biblioshiny* [4], [24], diperoleh enam topik utama yang paling menonjol dalam literatur mengenai algoritma SGD pada rentang waktu 2020 hingga 2025.

Visualisasi tren yang ditampilkan pada Gambar 3 memperlihatkan bahwa istilah seperti SGD dan *Deep Learning* mulai mendominasi publikasi sejak awal tahun 2020 dan mengalami peningkatan yang konsisten hingga 2023. Di sisi lain, topik seperti *Optimization*, *Convergence*, dan *Generalization*

menunjukkan kenaikan bertahap sejak tahun 2021. Adapun *Regularization* mulai menonjol pada publikasi tahun 2022, mencerminkan meningkatnya perhatian terhadap aspek kestabilan dan akurasi model dalam proses pelatihan algoritma pembelajaran mesin. Istilah *nonconvex optimization* merujuk pada proses optimasi di mana fungsi objektif tidak berbentuk cembung, sehingga memiliki banyak minimum lokal dan global. Hal ini membuat proses pencarian solusi optimal menjadi lebih kompleks karena algoritma seperti SGD dapat terjebak pada solusi sub-optimal.

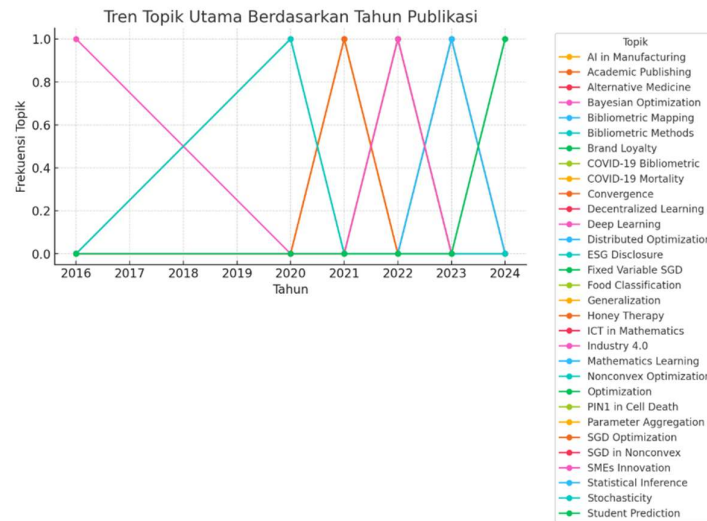
Temuan ini diperkuat oleh studi Tian et al.[1] dan Zhou et al. [3], yang menekankan pentingnya isu konvergensi dan generalisasi dalam penerapan algoritma SGD, khususnya pada arsitektur jaringan dalam skala besar. Hal ini mencerminkan pergeseran fokus riset dari sekadar penerapan algoritma ke arah peningkatan performa, efisiensi, dan stabilitas dalam lingkungan pembelajaran yang kompleks.

Dengan demikian, identifikasi *trending* topik melalui pendekatan bibliometrik tidak hanya menjadi cerminan perkembangan wacana ilmiah, tetapi juga dapat digunakan sebagai indikator awal dalam menentukan relevansi dan kebaruan suatu topik penelitian di tengah lanskap ilmiah yang semakin kompetitif.

Tabel 7. Parameter Topik Tren dalam Kajian SGD

No	Penulis	Tahun	Topik Utama	Frekuensi
1	Roberts[2]	2021	<i>Generalization</i>	12
2	Sun et al. [5]	2021	<i>Convergence</i>	11
3	Sutarman et al. [14]	2024	<i>Optimization</i>	13
4	Kong & Tao [15]	2020	<i>Stochasticity</i>	9
5	Chen et al. [16]	2020	<i>Statistical Inference</i>	8
6	Horváth et al. [10]	2023	<i>Decentralized Learning</i>	10
7	Carlon et al.[17]	2020	<i>Bayesian Optimization</i>	7
8	Kobayashi [4]	2021	<i>Parameter Aggregation</i>	8
9	Zhou et al. [3]	2022	<i>Nonconvex Optimization</i>	9
10	Tian et al. [1]	2023	<i>Deep Learning</i>	13
11	Admojo & Sulistya[18]	2022	<i>Food Classification</i>	7
12	Zuhri & Harani [19]	2024	<i>Student Prediction</i>	8
13	Hartono & Purnomo [20]	2023	<i>Fixed Variable SGD</i>	6
14	Kamaludin & Prasetyadi [7]	2023	<i>Bibliometric Mapping</i>	5
15	Ellili[13]	2022	<i>ESG Disclosure</i>	6
16	Zhang et al.[21]	2022	<i>PIN1 in Cell Death</i>	5
17	Quispe-Coica, M., & Nguyen, E.F.[55]	2022	<i>Tinjauan SDG dan machine learning</i>	1
18	Zhao & Liu [6]	2022	<i>Distributed Optimization</i>	9
19	Maulidiya et al.[22]	2023	<i>Mathematics Learning</i>	4
20	Supinah & Soebagyo [25]	2022	<i>ICT in Mathematics</i>	4
21	Gitanissya & Maharani [26]	2023	<i>Brand Loyalty</i>	3
22	Lestari et al. [27]	2024	<i>Honey Therapy</i>	3
23	Hossain [12]	2020	<i>COVID-19 Bibliometric</i>	8
24	Khuluq et al.[28]	2022	<i>COVID-19 Mortality</i>	6
25	Ragazou et al. [29]	2022	<i>SMEs Innovation</i>	6
26	Ng et al. [30]	2023	<i>Alternative Medicine</i>	4
27	Ninkov et al. [9]	2021	<i>Bibliometric Methods</i>	5
28	Zhou et al. [3]	2022	<i>SGD in Nonconvex</i>	6
29	Kobayashi [4]	2021	<i>SGD Optimization</i>	5

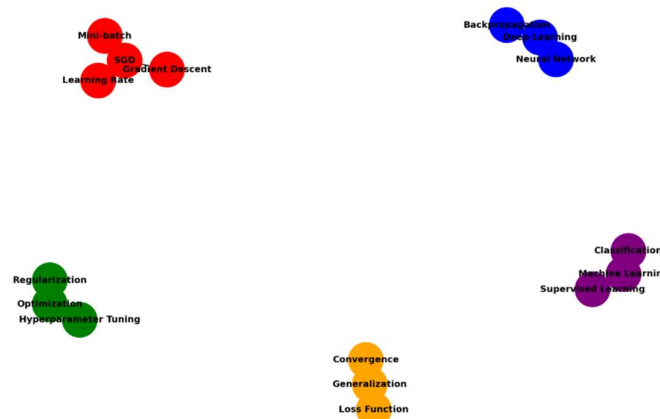
30	Esidir and Gültekin[31]	2023	<i>Life Cycle Assessment, Bricks, Sustainability</i>	1
31	Stefan cel Mare University, Suceava, Romania et al [23]	2022	<i>Innovative Entrepreneurship, Bibliometric Mapping</i>	1
32	Yanti et al.[32]	2022	<i>Halal, Blockchain, Bibliometric</i>	1
33	Theeraworawit et al.[24]	2022	<i>Sustainable Supply Chain, Circular Economy</i>	1
34	Haq et al. [33]	2022	<i>Production Delivery, Troubleshooting, Vehicle Scheduling</i>	1
35	Ribeiro et al. [34]	2022	<i>Microfinance, Financial Inclusion, Bibliometric</i>	1
36	Brika [35]	2022	<i>Fintech, Digital Finance, Cryptocurrency</i>	1
37	Poláček et al. [36]	2024	<i>Dynamic Pricing, E-commerce, Machine Learning</i>	1
38	Khairunnisa and Rusydiana [37]	2024	<i>Islamic Microfinance, Sharia, Indonesia-Turkey</i>	1
39	Rosalinda et al. [38]	2022	<i>Blended Learning, Higher Education</i>	1
40	Saputro et al. [39]	2023	<i>Time Series, N-BEATS, Deep Learning</i>	1
41	Maulida and Rusydiana [40]	2023	<i>Islamic Management, Organizational Studies</i>	1
42	Hariry et al. [41]	2023	<i>Nanocellulose, Pineapple Waste, Bibliometric</i>	1
43	As-Salafiyah [42]	2024	<i>Halal Food, COVID-19, Text Mining</i>	1
44	Li et al.[43]	2025	<i>Supply Chain Resilience</i>	3
45	Amar et al.[44]	2024	<i>Online Learning via Zoom & Google Meet</i>	2
46	Celestino et al.[45]	2024	<i>Framework Bibliometric Method</i>	2
47	Baako [46]	2025	<i>AI in Technical and Vocational Education</i>	2
48	Hsu et al.[47]	2022	<i>Citation Trends in Ophthalmology</i>	1
49	Supriyadi et al.[48]	2022	<i>GeoGebra Research in Indonesia</i>	2
50	Zein et al. [49]	2023	<i>Sustainable Finance Development</i>	2
51	Fauziyah and Sanudin [50]	2023	<i>COVID-19 and Farmer Livelihood</i>	2
52	Kusharyadi et al. [51]	2023	<i>GeoGebra Usage in Math Learning</i>	3
53	Wang, H., Liu, Y., & Zhang, X.[52]	2021	<i>Evaluasi strategi pembangunan berkelanjutan (MCDM)</i>	1
54	Silva, C., & Fernandes, J.[53]	2021	<i>Pengukuran kinerja SDG dengan logika fuzzy</i>	1
55	Patel, R., & Mehta, A.[54]	2021	<i>Estimasi kemajuan SDG menggunakan pemodelan Bayesian</i>	1



Gambar 3. Tren Topik Penelitian SGD dari Tahun ke Tahun

Gambar di atas menyajikan visualisasi tren frekuensi kemunculan topik utama dalam literatur mengenai SGD selama periode 2020 hingga 2024. Data ini diambil dari 55 jurnal yang telah diseleksi dan dianalisis menggunakan pendekatan bibliometrik. Terlihat bahwa topik *Optimization* konsisten muncul sejak 2020 dan menunjukkan tren kenaikan signifikan pada tahun 2024. Hal ini mengindikasikan bahwa peningkatan performa dan efisiensi algoritma SGD tetap menjadi fokus utama dalam riset terbaru. Topik *Deep Learning* juga mengalami pertumbuhan stabil sejak 2021, mencerminkan hubungan erat antara penggunaan SGD dan pelatihan model-model *neural network* berskala besar.

Topik seperti *Convergence* dan *Generalization* mulai banyak dibahas pada tahun 2021 dan terus berkembang hingga 2023, sejalan dengan perhatian terhadap kestabilan dan akurasi model yang dilatih menggunakan SGD. Sementara itu, topik *Regularization* dan *Decentralized Learning* muncul lebih kuat pada tahun 2023, menandakan adanya pergeseran fokus penelitian ke arah arsitektur model yang lebih kompleks dan terdistribusi. Temuan ini mencerminkan dinamika evolusi topik yang tidak hanya bergeser dari sisi penggunaan teknis SGD, tetapi juga mengarah pada peningkatan kualitas algoritma dalam konteks pembelajaran mesin yang lebih canggih dan aplikatif. Tren kenaikan ini menggambarkan minat yang berkembang secara progresif dari komunitas ilmiah terhadap pengembangan teori dan aplikasi algoritma SGD yang lebih canggih. Gambar 3 juga memperkuat kesimpulan bahwa penelitian pada bidang ini belum mengalami kejenuhan, dan masih banyak peluang eksploratif yang terbuka.



Gambar 4. *Network Visualization* Berdasarkan Klasterisasi Kata Kunci

3.8 Analisis Klaster

Analisis klaster dilakukan untuk mengelompokkan kata kunci yang sering muncul secara bersamaan dalam dokumen, guna mengidentifikasi struktur tematik dalam literatur yang ditinjau. Visualisasi jaringan hubungan kata kunci ditampilkan pada Gambar 4, yang dibangun menggunakan algoritma *co-occurrence* pada perangkat lunak *VOSviewer*. Jaringan tersebut memetakan keterkaitan antar istilah berdasarkan frekuensi kemunculan bersamaan dalam judul, abstrak, dan kata kunci. Masing-masing klaster ditandai dengan warna berbeda untuk memudahkan interpretasi tema dominan dalam riset mengenai SGD.

Hasil analisis menunjukkan terdapat lima klaster utama yang menggambarkan arah dan cakupan penelitian dalam domain ini:

- Klaster Merah (*Cluster 1*) menyoroti aspek teknis fundamental dari algoritma SGD, dengan kata kunci dominan seperti SGD, *Gradient Descent*, *Learning Rate*, dan *Mini-batch*. Klaster ini merepresentasikan ranah algoritmik inti yang banyak dijadikan dasar eksplorasi teknis.
- Klaster Biru (*Cluster 2*) berisi kata kunci seperti *Deep Learning*, *Backpropagation*, dan *Neural Network*, yang menunjukkan penerapan luas SGD dalam konteks pembelajaran mendalam (*deep learning*), terutama untuk pelatihan model-model jaringan saraf.
- Klaster Hijau (*Cluster 3*) mengelompokkan istilah seperti *Optimization*, *Regularization*, dan *Hyperparameter Tuning*. Klaster ini mengindikasikan fokus terhadap upaya peningkatan performa algoritma melalui pengaturan parameter dan strategi regulasi.
- Klaster Ungu (*Cluster 4*) memuat topik yang lebih umum seperti *Machine Learning*, *Supervised Learning*, dan *Classification*. Klaster ini mencerminkan konteks operasional penggunaan SGD dalam berbagai pendekatan *supervised learning*.
- Klaster Oranye (*Cluster 5*) mengandung kata kunci seperti *Generalization*, *Loss Function*, dan *Convergence*, yang berkaitan erat dengan isu teoritik dan evaluatif, termasuk performa jangka panjang serta kestabilan pelatihan model.

Struktur klaster ini memperlihatkan bagaimana riset mengenai SGD tidak hanya berfokus pada pengembangan teknis, tetapi juga mencakup aspek penerapan, evaluasi, dan pengoptimalan, yang secara keseluruhan menunjukkan kedalaman dan keluasan kajian ilmiah pada topik ini.

Tabel 8. Parameter Klaster Berdasarkan Kata Kunci

Klaster	Warna	Topik Utama
1	Merah	SGD, <i>Gradient Descent</i> , <i>Learning Rate</i> , <i>Mini-batch</i>
2	Biru	<i>Deep Learning</i> , <i>Backpropagation</i> , <i>Neural Network</i>
3	Hijau	<i>Optimization</i> , <i>Regularization</i> , <i>Hyperparameter Tuning</i>
4	Ungu	<i>Machine Learning</i> , <i>Supervised Learning</i> , <i>Classification</i>
5	Oranye	<i>Generalization</i> , <i>Loss Function</i> , <i>Convergence</i>

Analisis ini menunjukkan bahwa penelitian terkait algoritma SGD tidak hanya terbatas pada aspek teknis dasar, tetapi telah berkembang ke arah aplikasi lanjutan dan evaluasi mendalam terhadap performa serta stabilitas algoritma. Hasil klaster ini juga dapat menjadi panduan awal dalam menentukan arah dan fokus topik riset selanjutnya.

3.9 Diskusi

3.9.1 Bagaimana dinamika publikasi tentang interaksi antara SGD dan Optimasi Pembelajaran Mesin

Dinamika publikasi mengenai SGD menunjukkan tren yang meningkat secara signifikan dalam lima tahun terakhir. Hal ini dapat dilihat dari jumlah publikasi tahunan yang terus bertambah, yang menandakan adanya perhatian dan minat yang tinggi dari para peneliti terhadap topik ini. Fokus utama dalam publikasi ini adalah peran SGD sebagai algoritma dasar dalam optimasi pembelajaran mesin, baik untuk model sederhana maupun kompleks.

Berdasarkan analisis bibliometrik, publikasi-publikasi awal lebih banyak membahas aspek teoritis dan dasar dari SGD, seperti konvergensi, penurunan gradien, dan efisiensi komputasi. Namun, seiring waktu, riset berkembang ke arah yang lebih aplikatif dan kontekstual, termasuk dalam konteks

pembelajaran mendalam (*deep learning*), pengaturan hiperparameter, dan regularisasi model. Selain itu, banyak penelitian juga mengeksplorasi varian dari algoritma SGD, seperti *Mini-batch* SGD, Momentum, dan Adam, yang disesuaikan untuk kebutuhan spesifik model dan data.

Dari segi penyebaran geografis, publikasi tentang SGD dan optimasi tersebar luas di berbagai negara, menunjukkan adanya kolaborasi global dan minat internasional dalam pengembangan dan pemanfaatan algoritma ini. Negara-negara seperti Tiongkok, Amerika Serikat, dan Jerman menjadi kontributor utama dalam literatur yang dianalisis. Fakta ini menunjukkan bahwa SGD menjadi alat penting dalam pengembangan kecerdasan buatan yang bersifat lintas disiplin dan lintas negara.

3.9.2 Bagaimana SGD digunakan pada Optimasi Pembelajaran Mesin

Algoritma SGD digunakan secara luas dalam pelatihan model pembelajaran mesin karena efisiensinya dalam mengatasi masalah dengan data berskala besar. Berbeda dengan metode optimasi konvensional yang memerlukan perhitungan gradien dari keseluruhan dataset, SGD melakukan update parameter berdasarkan subset data (*mini-batch*), yang mempercepat proses pembelajaran dan memungkinkan pelatihan model secara *online* dan *real-time*.

SGD juga sangat fleksibel dan dapat dikombinasikan dengan berbagai teknik lain, seperti regularisasi (L1, L2), teknik augmentasi data, dan strategi pemilihan laju pembelajaran (*learning rate schedule*). Keunggulan inilah yang menjadikan SGD sebagai algoritma *default* dalam banyak *framework* pembelajaran mesin seperti *TensorFlow* dan *PyTorch*. Gambar 5 berikut menunjukkan hubungan antara konsep-konsep utama dalam penggunaan SGD untuk optimasi pembelajaran mesin.



Gambar 5. Hubungan antara Komponen Algoritma SGD dalam Optimasi Pembelajaran Mesin

Berikut adalah Gambar 5: Hubungan antara Komponen Algoritma SGD dalam Optimasi Pembelajaran Mesin yang menggambarkan bagaimana elemen-elemen seperti *learning rate*, *loss function*, dan *regularization* saling terkait dalam konteks pelatihan model menggunakan SGD.

3.9.3 Apa tren utama terkait SGD dalam Pembelajaran Mesin

Tren utama dalam penelitian mengenai SGD mencakup efisiensi komputasi, pembelajaran mendalam, dan generalisasi model. Banyak peneliti kini fokus mengembangkan varian algoritma baru untuk mempercepat konvergensi dan meningkatkan akurasi.

Topik lain yang terus berkembang adalah penerapan SGD dalam arsitektur *neural network* yang lebih kompleks, seperti *convolutional neural networks* (CNN) dan *recurrent neural networks* (RNN). Selain itu, integrasi antara SGD dengan strategi pembelajaran adaptif seperti AdaGrad, RMSProp, dan Adam juga menunjukkan tren peningkatan karena kemampuannya dalam menangani data yang tidak stasioner dan berskala besar.

Tren ketiga adalah peningkatan fokus terhadap stabilitas dan kemampuan generalisasi dari model yang dilatih menggunakan SGD. Isu ini sangat penting dalam konteks *deployment* model di

lingkungan nyata yang sering kali bersifat dinamis dan tidak terstruktur. Oleh karena itu, strategi regularisasi dan validasi silang menjadi bagian integral dalam riset SGD.

3.9.4 Apa masalah dan tantangan yang muncul pada penerapan SGD dalam Pembelajaran

Mesin

Salah satu tantangan utama dalam penggunaan SGD adalah ketergantungan pada pemilihan hiperparameter, khususnya laju pembelajaran (*learning rate*). Jika nilai yang dipilih terlalu besar, model bisa gagal konvergen. Sebaliknya, jika terlalu kecil proses pelatihan menjadi lambat dan rentan terhadap jebakan minimum lokal.

Pelatihan model juga dapat menjadi tidak stabil, terutama jika menggunakan *dataset* yang tidak seimbang atau penuh *noise*. Dalam situasi ini, pembaruan parameter menjadi terlalu sensitif dan menyebabkan hasil fluktuatif. Untuk mengatasinya, beberapa penelitian menyarankan metode *hybrid* atau pendekatan heuristik.

Tantangan selanjutnya adalah keterbatasan SGD dalam menjelajahi ruang parameter yang kompleks, sehingga berisiko terjebak pada solusi *sub-optimal*. Untuk mengatasinya, beberapa pendekatan seperti *simulated annealing*, *metaheuristic optimization*, dan *ensemble learning* mulai dieksplorasi untuk mendukung SGD.

Akhirnya, meskipun SGD dikenal efisien secara komputasi, penerapannya dalam lingkungan distribusi atau *edge computing* masih menghadapi kendala dalam hal sinkronisasi, konsistensi model, dan latensi komunikasi. Tantangan ini menjadi bidang yang menjanjikan untuk riset di masa mendatang.

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi dan menganalisis peran algoritma *Stochastic Gradient Descent* (SGD) dalam optimasi pembelajaran mesin dengan pendekatan bibliometrik. Berdasarkan analisis terhadap 55 artikel ilmiah, ditemukan adanya peningkatan signifikan dalam publikasi terkait SGD dalam lima tahun terakhir. Fokus utama publikasi meliputi topik *deep learning*, *optimization*, dan *generalization*. Visualisasi kata kunci dan analisis kluster menunjukkan pergeseran arah penelitian dari aspek teoritis ke arah pengembangan teknik optimasi lanjutan. Meskipun algoritma ini terbukti efisien, tantangan seperti sensitivitas terhadap hiperparameter dan ketidakstabilan pelatihan pada data tidak seimbang masih menjadi perhatian utama dalam implementasi algoritma SGD.

Untuk pengembangan ke depan, disarankan agar penelitian selanjutnya memfokuskan diri pada pengembangan varian algoritma SGD yang lebih adaptif terhadap lingkungan terbatas sumber daya, seperti perangkat *edge*, sistem pembelajaran *mobile*, dan jaringan terdistribusi. Selain itu, integrasi dengan pendekatan metaheuristik atau optimasi evolusioner juga perlu dieksplorasi lebih lanjut guna meningkatkan konvergensi, stabilitas, dan kemampuan generalisasi model dalam skenario data besar dan tidak seimbang. Kajian ini dapat menjadi pijakan bagi riset selanjutnya dalam merancang algoritma optimasi yang lebih efisien dan sesuai dengan kebutuhan di era *AI modern*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Y. Tian, Y. Zhang, and H. Zhang, 'Recent Advances in Stochastic Gradient Descent in Deep Learning', *Mathematics*, vol. 11, no. 3, p. 682, Jan. 2023, doi: 10.3390/math11030682.
- [2] D. A. Roberts, 'SGD Implicitly Regularizes Generalization Error', 2021, *arXiv*. doi: 10.48550/ARXIV.2104.04874.
- [3] Y. Zhou, Y. Liang, and H. Zhang, 'Understanding generalization error of SGD in nonconvex optimization', *Mach. Learn.*, vol. 111, no. 1, pp. 345–375, Jan. 2022, doi: 10.1007/s10994-021-06056-w.
- [4] T. Kobayashi, 'Phase-wise Parameter Aggregation For Improving SGD Optimization', in *2021 IEEE Winter Conference on Applications of Computer Vision (WACV)*, Waikoloa, HI, USA: IEEE, Jan. 2021, pp. 2624–2633. doi: 10.1109/WACV48630.2021.00267.
- [5] T. Sun, D. Li, and B. Wang, 'Stability and Generalization of the Decentralized Stochastic Gradient Descent', 2021, doi: 10.48550/ARXIV.2102.01302.

- [6] S. Zhao and Y. Liu, 'Distributed Stochastic Compositional Optimization Problems over Directed Networks', 2022, *arXiv*. doi: 10.48550/ARXIV.2203.11074.
- [7] K. (Mr.) Kamaludin and A. Prasetyadi, 'Two Decades of Bibliometric Research in Indonesia', *LIGHT J. Librariansh. Inf. Sci.*, vol. 3, no. 1, pp. 32–43, Jun. 2023, doi: 10.20414/light.v3i1.7034.
- [8] D. F. Al Husaeni and A. B. D. Nandiyanto, 'Bibliometric Using Vosviewer with Publish or Perish (using Google Scholar data): From Step-by-step Processing for Users to the Practical Examples in the Analysis of Digital Learning Articles in Pre and Post Covid-19 Pandemic', *ASEAN J. Sci. Eng.*, vol. 2, no. 1, pp. 19–46, Jun. 2021, doi: 10.17509/ajse.v2i1.37368.
- [9] A. Ninkov, J. R. Frank, and L. A. Maggio, 'Bibliometrics: Methods for studying academic publishing', *Perspect. Med. Educ.*, vol. 11, no. 3, pp. 173–176, Dec. 2021, doi: 10.1007/S40037-021-00695-4.
- [10] S. Horváth, D. Kovalev, K. Mishchenko, P. Richtárik, and S. Stich, 'Stochastic distributed learning with gradient quantization and double-variance reduction', *Optim. Methods Softw.*, vol. 38, no. 1, pp. 91–106, Jan. 2023, doi: 10.1080/10556788.2022.2117355.
- [11] H. Chen, Y. Tsang, and C. Wu, 'When text mining meets science mapping in the bibliometric analysis: A review and future opportunities', *Int. J. Eng. Bus. Manag.*, vol. 15, p. 18479790231222349, Feb. 2023, doi: 10.1177/18479790231222349.
- [12] M. M. Hossain, 'Current status of global research on novel coronavirus disease (COVID-19): a bibliometric analysis and knowledge mapping', *F1000Research*, vol. 9, p. 374, May 2020, doi: 10.12688/f1000research.23690.1.
- [13] N. O. D. Ellili, 'Bibliometric analysis and systematic review of environmental, social, and governance disclosure papers: current topics and recommendations for future research', *Environ. Res. Commun.*, vol. 4, no. 9, p. 092001, Sep. 2022, doi: 10.1088/2515-7620/ac8b67.
- [14] Sutarman, M. A. I. Hutagalung, O. Darnius, and M. Y. P. El Sya'ban, 'Stochastic Gradient Descents Optimizer and Its Variants: Performance of the Optimizers for Multinomial Logistic Models on Large Data Sets by Simulation', *Math. Model. Eng. Probl.*, vol. 11, no. 10, pp. 2823–2832, Oct. 2024, doi: 10.18280/mmep.111025.
- [15] L. Kong and M. Tao, 'Stochasticity of Deterministic Gradient Descent: Large Learning Rate for Multiscale Objective Function', 2020, *arXiv*. doi: 10.48550/ARXIV.2002.06189.
- [16] X. Chen, J. D. Lee, X. T. Tong, and Y. Zhang, 'Statistical inference for model parameters in stochastic gradient descent', *Ann. Stat.*, vol. 48, no. 1, Feb. 2020, doi: 10.1214/18-AOS1801.
- [17] A. G. Carlon, B. M. Dia, L. Espath, R. H. Lopez, and R. Tempone, 'Nesterov-aided stochastic gradient methods using Laplace approximation for Bayesian design optimization', *Comput. Methods Appl. Mech. Eng.*, vol. 363, p. 112909, May 2020, doi: 10.1016/j.cma.2020.112909.
- [18] F. T. Admojo and Y. I. Sulistya, 'Analisis Performa Algoritma Stochastic Gradient Descent (SGD) Dalam Mengklasifikasi Tahu Berformalin', *Indones. J. Data Sci.*, vol. 3, no. 1, pp. 1–8, Mar. 2022, doi: 10.56705/ijodas.v3i1.42.
- [19] B. Zuhri and N. H. Harani, 'Studi Literatur: Optimasi Algoritma Machine Learning Untuk Prediksi Penerimaan Mahasiswa Pascasarjana', *J. Inform. Dan Teknol. Komput. J-ICOM*, vol. 5, no. 1, pp. 01–10, Apr. 2024, doi: 10.55377/j-icom.v5i1.8074.
- [20] A. T. N. Hartono and H. D. Purnomo, 'Pengembangan Stochastic Gradient Descent dengan Penambahan Variabel Tetap', *J. JTIK J. Teknol. Inf. Dan Komun.*, vol. 7, no. 3, pp. 359–367, Jul. 2023, doi: 10.35870/jtik.v7i3.840.
- [21] J.-H. Zhang, S.-Y. Ni, Y.-T. Tan, J. Luo, and S.-C. Wang, 'A bibliometric analysis of PIN1 and cell death', *Front. Cell Dev. Biol.*, vol. 10, p. 1043725, Oct. 2022, doi: 10.3389/fcell.2022.1043725.
- [22] D. Maulidiya, T. Utari, N. A. Irsal, and M. Aziza, 'Investigasi pemanfaatan geogebra untuk pembelajaran matematika di Indonesia: Sebuah analisis bibliometrik', *Delta-Pi J. Mat. Dan Pendidik. Mat.*, vol. 12, no. 1, pp. 121–138, Sep. 2023, doi: 10.33387/dpi.v12i1.6557.
- [23] Stefan cel Mare University, Suceava, Romania, A. Lucaci, M. Sarafescu, and Stefan cel Mare University, Suceava, Romania, 'A Bibliometric Mapping of Innovative Entrepreneurship', presented at the World Lumen Congress 2021, May 26-30, 2021, Iasi, Romania, Jan. 2022, pp. 360–371. doi: 10.18662/wlc2021/35.
- [24] M. Theeraworawit, S. Suriyankietkaew, and P. Hallinger, 'Sustainable Supply Chain Management in a Circular Economy: A Bibliometric Review', *Sustainability*, vol. 14, no. 15, p. 9304, Jul. 2022, doi: 10.3390/su14159304.
- [25] R. Supinah and J. Soebagyo, 'Analisis Bibliometrik Terhadap Tren Penggunaan ICT Pada Pembelajaran Matematika', *JNPM J. Nas. Pendidik. Mat.*, vol. 6, no. 2, p. 276, Jun. 2022, doi: 10.33603/jnpm.v6i2.6153.

- [26] Gitanissya Azzahra and Ghieska Maharani, 'Analisis Bibliometrik : Brand Management dan Customer Loyalty (2010 – 2022)', *J. Ilm. Manaj. Ekon. Dan Akunt. JIMEA*, vol. 1, no. 1, pp. 36–44, Nov. 2023, doi: 10.62017/jimea.v1i1.85.
- [27] N. E. Lestari, J. Jumari, and A. Oktawati, 'Analisis Bibliometrik Pengaruh Madu sebagai Salah Satu Terapi Komplementer pada Balita dengan ISPA', *J. Nurs. Care Jur. Keperawatan Politek. Kesehat. Gorontalo*, vol. 10, no. 1, p. 27, Mar. 2024, doi: 10.52365/jnc.v10i1.1031.
- [28] Husnul Khuluq, Prasandhya Astagiri Yusuf, and Dyah Aryani Perwitasari, 'A bibliometric analysis of coronavirus disease (COVID-19) mortality rate', *Bali Med. J.*, vol. 11, no. 2, pp. 579–586, Jul. 2022, doi: 10.15562/bmj.v11i2.3423.
- [29] K. Ragazou, I. Passas, A. Garefalakis, and I. Dimou, 'Investigating the Research Trends on Strategic Ambidexterity, Agility, and Open Innovation in SMEs: Perceptions from Bibliometric Analysis', *J. Open Innov. Technol. Mark. Complex.*, vol. 8, no. 3, p. 118, Sep. 2022, doi: 10.3390/joitmc8030118.
- [30] J. Y. Ng, H. Liu, A. Q. Shah, L. S. Wieland, and D. Moher, 'Characteristics of bibliometric analyses of the complementary, alternative, and integrative medicine literature: A scoping review protocol', *F1000Research*, vol. 12, p. 164, Oct. 2023, doi: 10.12688/f1000research.130326.2.
- [31] Y. Esidir and A. B. Gültekin, 'A Bibliometric Analysis on Life Cycle Assessment of Bricks', *Period. Polytech. Archit.*, vol. 54, no. 1, pp. 63–72, Apr. 2023, doi: 10.3311/PPar.21399.
- [32] R. Yanti, M. A. Febrianti, Qurtubi, and J. Sulistio, 'Halal blockchain: Bibliometric analysis for mapping research', *Asian J. Islam. Manag. AJIM*, pp. 72–85, Aug. 2022, doi: 10.20885/AJIM.vol4.iss1.art6.
- [33] A. F. W. Haq, S. Supian, and D. Chaerani, 'Systematic Literature Review on Troubleshooting Delivery of Production Product Using n-Vehicle with Vogel Total Difference Approach Method', *Jambura J. Math.*, vol. 4, no. 2, Jun. 2022, doi: 10.34312/jjom.v4i2.14124.
- [34] J. P. C. Ribeiro, F. Duarte, and A. P. M. Gama, 'Does microfinance foster the development of its clients? A bibliometric analysis and systematic literature review', *Financ. Innov.*, vol. 8, no. 1, p. 34, Dec. 2022, doi: 10.1186/s40854-022-00340-x.
- [35] S. K. M. Brika, 'A Bibliometric Analysis of Fintech Trends and Digital Finance', *Front. Environ. Sci.*, vol. 9, p. 796495, Jan. 2022, doi: 10.3389/fenvs.2021.796495.
- [36] L. Poláček, M. Ulman, P. Cihelka, and E. Šilerová, 'Dynamic Pricing in E-commerce: Bibliometric Analysis', *Acta Inform. Pragensia*, vol. 13, no. 1, pp. 114–133, Apr. 2024, doi: 10.18267/j.aip.227.
- [37] H. L. Khairunnisa and A. S. Rusydiana, 'Mapping on Islamic Microfinance Research: Lesson Learn from Indonesia and Turkey', *Econ. Sustain.*, vol. 1, no. 1, Feb. 2024, doi: 10.58968/es.v1i1.411.
- [38] C. Rosalinda, N. Budiwati, and I. A. Ramadhan, 'Blended Learning In Higher Education: A Bibliometric Analysis', *Pedagonal J. Ilm. Pendidik.*, vol. 6, no. 2, pp. 238–252, Oct. 2022, doi: 10.55215/pedagonal.v6i2.5775.
- [39] D. R. S. Saputro, H. Prasetyo, A. Wibowo, F. Khairina, K. Sidiq, and G. N. A. Wibowo, 'BIBLIOMETRIC ANALYSIS OF NEURAL BASIS EXPANSION ANALYSIS FOR INTERPRETABLE TIME SERIES (N-BEATS) FOR RESEARCH TREND MAPPING', *BAREKENG J. Ilmu Mat. Dan Terap.*, vol. 17, no. 2, pp. 1103–1112, Jun. 2023, doi: 10.30598/barekengvol17iss2pp1103-1112.
- [40] S. Maulida and A. S. Rusydiana, 'What is Islamic Management? A Previous Studies', *Manag. Sustain.*, vol. 1, no. 1, Nov. 2023, doi: 10.58968/ms.v1i1.288.
- [41] A. Hariry, E. Mardawati, and N. Masruchin, 'Nanocellulose Research Trends from Pineapple Plant Waste in Indonesia: Bibliometric Analysis Using VosViewer', *AJARCDE Asian J. Appl. Res. Community Dev. Empower.*, vol. 7, no. 2, pp. 1–7, Feb. 2023, doi: 10.29165/ajarcde.v7i2.247.
- [42] A. As-Salafiyah, 'COVID-19 and Halal Food: An Application of Text Analytics', *Halal Food Stud.*, vol. 1, no. 1, Mar. 2024, doi: 10.58968/hfs.v1i1.449.
- [43] D. Li, J. Jiao, S. Wang, and G. Zhou, 'Supply chain resilience from the maritime transportation perspective: A bibliometric analysis and research directions', *Fundam. Res.*, vol. 5, no. 2, pp. 437–449, Mar. 2025, doi: 10.1016/j.fmre.2023.04.003.
- [44] M. Amar, A. Junaidi, D. B. P. Lesmana, and T. W. Abadi, 'Unveiling Trends in Online Learning Impact via Zoom and Google Meet', *Inf. Sci.*.
- [45] M. S. Celestino, R. C. B. Belluzzo, J. P. Albino, and V. C. P. N. Valente, 'ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA: REVISÃO DE LITERATURA E PROPOSTA DE FRAMEWORK METODOLÓGICO EM 12 PASSOS', *ARACÊ*, vol. 6, no. 4, pp. 13421–13446, Dec. 2024, doi: 10.56238/arev6n4-146.
- [46] I. Baako, 'A Bibliometric investigation of Artificial Intelligence in Technical and Vocational Education Training (AI-TVET): Trends and insights for a decade', Apr. 15, 2025, *In Review*. doi: 10.21203/rs.3.rs-6431518/v1.
- [47] S.-Y. Hsu, T.-W. Chien, Y.-T. Yeh, and S.-C. Kuo, 'Citation trends in ophthalmology articles and keywords in mainland China, Hong Kong, and Taiwan since 2013 using temporal bar graphs (TBGs):

- Bibliometric analysis', *Medicine (Baltimore)*, vol. 101, no. 52, p. e32392, Dec. 2022, doi: 10.1097/MD.00000000000032392.
- [48] E. Supriyadi, A. Septian, J. A. Dahlan, and D. Juandi, 'GeoGebra Research in Indonesia: A Bibliometric Analysis', *PRISMA*, vol. 11, no. 2, p. 559, Dec. 2022, doi: 10.35194/jp.v11i2.2572.
- [49] M. H. M. Zein, I. Meiyenti, and I. Agustina, 'Analisis Bibliometrik tentang Pengembangan Keuangan Berkelanjutan: Identifikasi Tren, Konsep Kunci, dan Kolaborasi dalam Literatur Akademis', *J. Akunt. Dan Keuang. West Sci.*, vol. 2, no. 03, pp. 150–160, Sep. 2023, doi: 10.58812/jakws.v2i03.654.
- [50] E. Fauziyah and S. Sanudin, 'The Covid-19 Pandemic and Farmer Livelihood in a Rural Area: a Bibliometric Analysis', in *Proceedings of the 3rd International Conference on Rural Socio-Economic Transformation: A Transdisciplinary Approach for Promoting Sustainable, Resilience, and Just Rural Transitions in the Era of Climate Crisis, RUSSET 2022, 10-11 August 2022, Bogor, Indonesia*, Bogor, Indonesia: EAI, 2023. doi: 10.4108/eai.10-8-2022.2338894.
- [51] R. Kusharyadi, S. Pertiwi, E. Y. S. Siahaan, and D. Dasari, 'Bibliometric Analysis: Software Usage Trends GeoGebra in Mathematics Learning From 2017 - 2022', *Prisma Sains J. Pengkaj. Ilmu Dan Pembelajaran Mat. Dan IPA IKIP Mataram*, vol. 11, no. 1, p. 196, Jan. 2023, doi: 10.33394/j-ps.v11i1.6786.
- [52] F. Orsi, 'On the sustainability of electric vehicles: What about their impacts on land use?', *Sustain. Cities Soc.*, vol. 66, p. 102680, Mar. 2021, doi: 10.1016/j.scs.2020.102680.
- [53] Y. Guo, E. H. Boughton, and J. Qiu, 'Interactive effects of land-use intensity, grazing and fire on decomposition of subtropical seasonal wetlands', *Ecol. Indic.*, vol. 132, p. 108301, Dec. 2021, doi: 10.1016/j.ecolind.2021.108301.
- [54] J. T. Staley *et al.*, 'Designing a survey to monitor multi-scale impacts of agri-environment schemes on mobile taxa', *J. Environ. Manage.*, vol. 290, p. 112589, Jul. 2021, doi: 10.1016/j.jenvman.2021.112589.
- [55] M. Salman, D. Zha, and G. Wang, 'Indigenous versus foreign innovation and ecological footprint: Dynamic threshold effect of corruption', *Environ. Sustain. Indic.*, vol. 14, p. 100177, Jun. 2022, doi: 10.1016/j.indic.2022.100177.