

## **SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW: NOTASI MATEMATIKA DALAM ANALISIS KOMPLEKSITAS ALGORITMA**

**Daru Setiawan<sup>1\*</sup>, Tri Wijayanti Septiarini<sup>2</sup>**

<sup>1,2</sup> *Program Studi Matematika FST, Universitas Terbuka, Tangerang Selatan, Banten*

\*Penulis korespondensi: 042150266@ecampus.ut.ac.id

### **ABSTRAK**

Penelitian ini meneliti tentang penggunaan notasi matematika asimptotik, seperti *Big-O*, *Omega*, dan *Theta*, dalam analisis kompleksitas algoritma. Notasi-notasi ini sangat penting untuk menilai efisiensi dan skalabilitas algoritma, terutama dalam konteks kebutuhan pemrosesan data besar yang terus berkembang di berbagai bidang teknologi. *Big-O* digunakan untuk menggambarkan batas atas kompleksitas waktu, sementara *Omega* dan *Theta* berfungsi untuk mendeskripsikan batas bawah dan batas ketat serta memberikan wawasan lebih dalam tentang perilaku algoritma dalam menghadapi input yang semakin besar. Meski efektif dalam analisis teoretis, penerapan notasi ini pada algoritma modern seperti algoritma *machine learning* atau komputasi paralel, masih menghadapi tantangan terutama terkait konsumsi energi dan sumber daya. Metode *systematic literature review* (SLR) digunakan untuk mengumpulkan, menganalisis, dan mensintesis literatur terkait notasi matematika dalam analisis kompleksitas algoritma yang diterbitkan lima tahun terakhir. SLR memungkinkan peneliti untuk memperoleh gambaran komprehensif mengenai tren penelitian terkini dan mengidentifikasi celah penelitian yang perlu dieksplorasi lebih lanjut. Berdasarkan analisis literatur, notasi *Big-O* muncul sebagai notasi yang paling dominan dalam menggambarkan kompleksitas algoritma, sementara notasi *Theta* banyak digunakan dalam penelitian optimasi dan algoritma berbasis numerik. Temuan ini memberikan kontribusi penting bagi pengembangan teori dan aplikasi praktis dalam merancang algoritma yang lebih efisien dan sesuai dengan kebutuhan teknologi modern.

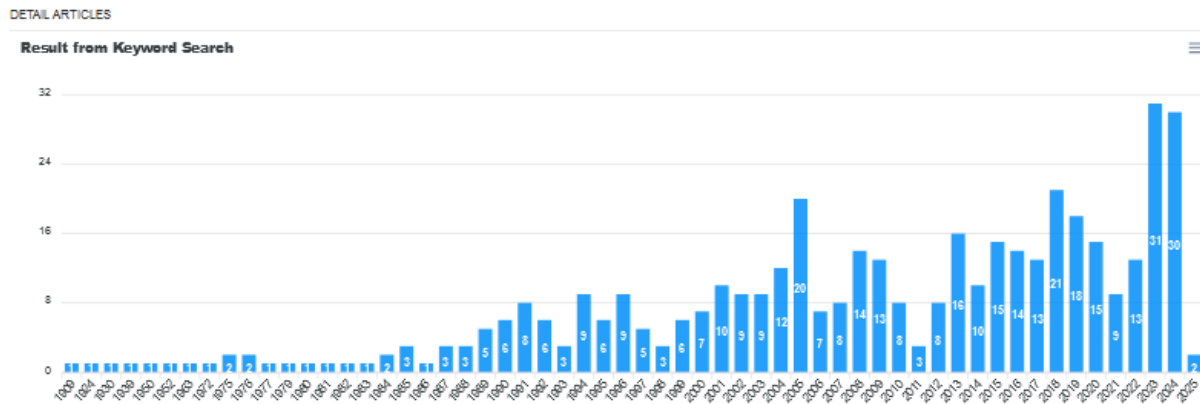
**Kata Kunci:** *Big-O*, notasi matematika asimptotik, *Omega*, *systematic literature review* (SLR), *Theta*

### **1 PENDAHULUAN**

Dalam era digital yang semakin berkembang, algoritma mempunyai peran penting dalam berbagai bidang termasuk ilmu komputer, teknik, dan analisis data. Penggunaan algoritma tidak hanya mendukung pemodelan dan simulasi, tetapi juga mengoptimalkan proses industri, sehingga meningkatkan efisiensi dan akurasi dalam berbagai sektor dengan toleransi kesalahan yang rendah (Wigderson, 2018). Dalam lingkungan industri yang dinamis, algoritma memungkinkan pengambilan keputusan berbasis data yang cepat dan tepat, sebuah kebutuhan penting di era Revolusi Industri 4.0 yang mengintegrasikan AI dan IoT (Yang, 2015; Zarlis, 2022). Analisis kompleksitas algoritma menjadi komponen penting dalam desain dan evaluasi algoritma untuk memastikan efisiensi dan skalabilitasnya, berdasarkan sumber daya yang dibutuhkan, seperti waktu komputasi dan memori. Untuk mencapai performa yang optimal, pendekatan teoritis seperti notasi matematika asimptotik, diperlukan untuk analisis efisiensi algoritma, sementara pendekatan empiris diperlukan untuk mengevaluasi kinerja praktiknya dalam pemrosesan data skala besar (Lyu, 1997; McGeoch, 2012; Cormen, 2022).

Notasi matematika asimtotik dalam kompleksitas, seperti *Big-O*, *Theta*, dan *Omega*, digunakan secara luas untuk mengukur kinerja algoritma dalam hal waktu komputasi dan penggunaan sumber daya lainnya (Cormen et al., 2022). Notasi matematika memiliki peran penting dalam menyederhanakan ekspresi dan memfasilitasi komunikasi yang universal di kalangan ilmuwan, memungkinkan kolaborasi global dan perkembangan ilmu serta teknologi (Neville, 1964; Balacheff, 1972; Devlin, 2000; Mazur, 2014). Selain menjadi fondasi dalam pemodelan, teori, dan komunikasi ilmiah, notasi ini mendukung perancangan algoritma dalam ilmu komputer (Abramowitz, 1964; Angel, 2017; Higham, 1993; Tao, 2008; Scheinerman, 2011). Khususnya, notasi asimtotik membantu menganalisis kompleksitas algoritma dengan memberikan kerangka formal untuk menilai efisiensi waktu dan ruang, yang sangat penting dalam pemilihan serta perancangan algoritma (Sipser, 2012; Cormen, 2022; Graham, 1994; Kleinberg, 2005; Rosen, 2011), sehingga menjadi alat teoretis yang mendukung ilmuwan komputer dalam memahami kinerja algoritma secara sistematis (Lyu, 1997; Kleinberg, 2005; Cormen, 2022). Notasi kompleksitas memberikan wawasan teoretis dalam analisis algoritma, namun menghadapi keterbatasan saat diterapkan pada situasi praktis yang melibatkan algoritma kompleks, komputasi paralel, kecerdasan buatan, dan kriptografi. Dalam algoritma modern seperti *neural networks*, algoritma kuantum, dan *machine learning*, notasi ini seringkali tidak menggambarkan performa nyata, terutama terkait konsumsi energi dan sumber daya yang signifikan dalam pemrosesan besar-besaran (Cormen et al., 2022; Goodfellow et al., 2016). Tantangan ini mendorong penelitian untuk mengembangkan pendekatan baru yang dapat lebih akurat mengukur kompleksitas algoritma sesuai kebutuhan teknologi masa kini (Nielsen & Chuang, 2010; Rivest et al., 2002). Studi lebih lanjut juga diperlukan untuk memodifikasi notasi ini agar mampu menyesuaikan diri dengan tantangan dunia nyata, memperluas cakupannya, dan mendukung pengembangan teknologi modern secara efektif.

Karena semakin banyak dan berkembangnya algoritma, maka penulis mendapatkan opsi membuat sebuah penelitian menggunakan metode *systematic literature review* (SLR), dengan mengumpulkan data dari penelitian terdahulu lalu diolah dengan analisis deskriptif dan dirangkum. Salah satu alasan mengapa metode SLR begitu populer adalah karena memungkinkan pelaksanaan tinjauan pustaka yang transparan. Hal ini memungkinkan kualitas dan cakupan hasil dapat dievaluasi, serta menyediakan proses yang jelas sehingga peneliti lain dapat mereplikasi langkah-langkah yang sama (Priharsari, 2022). Tujuan penelitian ini adalah untuk mencari informasi tentang notasi matematika dalam analisis kompleksitas algoritma yang sudah diterapkan oleh peneliti terdahulu. Dengan demikian, pembaca dapat lebih mudah melihat penelitian yang telah dilakukan dalam rentang waktu 5 tahun sebelumnya.



Gambar 1. Grafik Perkembangan Penelitian Terkait *Analysis Complexity Algorithm*

## 2 METODE

### 2.1 *Systematic Literature Review (SLR)*

*Systematic literature review (SLR)* adalah metode kajian pustaka yang dirancang untuk meningkatkan objektivitas dan mengurangi bias dalam penelitian dengan melakukan pengumpulan, analisis, dan sintesis literatur secara sistematis dan terstruktur (Hannah, 2019; Priharsari, 2022). SLR menyediakan prosedur yang jelas dalam proses pencarian literatur, pengembangan kriteria seleksi, serta penilaian kualitas studi yang dipilih, yang bertujuan untuk menghasilkan bukti yang lebih kokoh dan transparan (Shaffril et al., 2021; Pradana et al., 2023).

Dalam penerapannya, SLR memungkinkan dilakukannya analisis secara kuantitatif, seperti meta-analisis, yang menggunakan data statistik dari penelitian terdahulu untuk menghasilkan kesimpulan yang lebih luas. Namun, pendekatan ini terbatas pada penelitian dengan data statistik dan kurang cocok untuk penelitian kualitatif (Priharsari, 2022). Alternatif lain adalah *qualitative SLR*, yang memungkinkan analisis data kualitatif secara mendalam untuk mendapatkan wawasan yang lebih kaya dari studi yang tidak berbasis angka (Hannah, 2019).

SLR digunakan di berbagai bidang ilmu, seperti kesehatan, ilmu sosial, dan bisnis, karena metode ini membantu mengidentifikasi celah penelitian, memberikan pemahaman komprehensif, serta mendukung pengambilan keputusan berbasis bukti (Paul et al., 2021; Shaffril et al., 2021; Pradana et al., 2023). Pendekatan ini memastikan bahwa hasil studi pustaka dapat diandalkan dan dapat digunakan untuk dasar penelitian lebih lanjut atau pengembangan teori (Snyder, 2019; Felizardo, 2020).

### 2.2 Langkah-Langkah SLR

#### 2.2.1 Merancang Kriteria Inklusi dan Eksklusi

Kriteria inklusi dan eksklusi Menetapkan kriteria yang jelas untuk penelitian yang akan disertakan atau dikeluarkan, untuk memastikan relevansi hasil yang diperoleh sesuai dengan tujuan penelitian (Dekkers, 2022).

#### 2.2.2 Pengembangan Protokol

Pengembangan protokol dalam proses SLR mencakup pembuatan pedoman yang meliputi pertanyaan penelitian, kriteria seleksi, strategi pencarian, serta prosedur penilaian kualitas dan

sintesis data untuk memastikan konsistensi, transparansi, dan kemampuan audit. Protokol ini juga mengatur tujuan, metode, dan kriteria seleksi yang membantu menjaga replikasi proses. Pedoman seperti PRISMA (*preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses*) atau SPAR-4-SLR sering digunakan untuk memberikan panduan yang sistematis dan terdokumentasi pada setiap tahap SLR (Xiao, 2019; Felizardo, 2020; Shaffril, 2021; Paul et al., 2021).

### 2.2.3 Merumuskan Pertanyaan Penelitian

Menentukan dan merumuskan pertanyaan penelitian adalah langkah awal penting dalam kajian literatur sistematis, di mana kerangka seperti PICO (*population, intervention, comparison, outcome*) atau PICo (*population, interest, context*) sering digunakan untuk memperjelas fokus dan membatasi ruang lingkup kajian (Purssell, 2020; Booth, 2021). Formulasi pertanyaan yang spesifik dan jelas akan memandu pencarian informasi yang relevan dan menjadi dasar dalam menetapkan kriteria inklusi serta eksklusi literatur yang ditinjau (Shaffril, 2021; Pradana, 2023).

### 2.2.4 Pencarian Literatur

Proses ini dilakukan secara komprehensif dengan memanfaatkan berbagai basis data akademis, seperti Scopus, PubMed, dan Web of Science, serta literatur abu-abu seperti laporan dan disertasi, untuk mendapatkan cakupan yang luas. Strategi pencarian melibatkan penggunaan kata kunci yang disusun secara strategis serta logika pencarian Boolean untuk memastikan semua studi yang relevan dapat terjaring. Proses ini mencakup metode manual dan otomatis serta berfokus pada literatur yang memenuhi kriteria inklusi yang ditetapkan untuk mendukung penelitian yang valid dan menyeluruh (Snyder, 2019; Xiao, 2019; Booth, 2021; Shaffril, 2021; Dekkers et al., 2022).

### 2.2.5 Proses Seleksi Studi

Proses seleksi studi dalam SLR melibatkan beberapa tahap penting untuk memastikan literatur yang dipilih relevan dan berkualitas tinggi. Tahap awal adalah skrining, di mana studi disaring berdasarkan judul dan abstrak sesuai dengan kriteria inklusi dan eksklusi yang telah ditentukan (Felizardo, 2020; Booth, 2021). Setelah itu, dilakukan peninjauan penuh teks untuk memastikan kecocokan studi dengan pertanyaan penelitian (Purssell & McCrae, 2020). Manajemen referensi dan perangkat lunak seperti EndNote atau Mendeley sering digunakan untuk mengelola proses ini, membantu memilih studi yang relevan serta mengeliminasi yang berkualitas rendah atau tidak relevan (Pradana, 2023; Paul, 2021).

### 2.2.6 Penilaian Kualitas Studi

Penilaian kualitas studi dilakukan menggunakan berbagai alat untuk memastikan validitas metodologis dari studi yang disertakan dalam penelitian. Alat-alat yang umum digunakan mencakup AMSTAR, GRADE, CASP, PRISMA, dan *cochrane risk of bias*, yang disesuaikan dengan kebutuhan penilaian studi kuantitatif maupun kualitatif. Penggunaan alat ini bertujuan memastikan hanya studi yang valid dan reliabel dimasukkan dalam tinjauan literatur sistematis (Booth, 2021; Purssell & McCrae, 2020; Paul, 2021; Pradana, 2023).

### 2.2.7 Ekstraksi Data

Ekstraksi data adalah proses pengumpulan informasi dari studi terpilih, termasuk metodologi, hasil penelitian, dan data relevan lainnya, dengan menggunakan format atau template standar untuk menjaga konsistensi. Langkah ini bertujuan untuk memastikan data penting seperti metode, hasil,

dan temuan utama dari setiap studi tercatat dengan baik, yang membantu dalam analisis lebih lanjut (Xiao, 2019; Shaffril, 2021).

### 2.2.8 Sintesis Data

Sintesa data melibatkan penggabungan hasil dari literatur yang telah dievaluasi melalui pendekatan kualitatif, seperti analisis tematik, atau kuantitatif, seperti meta-analisis, untuk mengidentifikasi pola, perbedaan, atau hubungan dalam literatur (Felizardo, 2020; Purssell, 2020; Dekkers, 2022). Pendekatan ini digunakan untuk menganalisis dan menyatukan data dari studi yang disaring, dengan metode yang disesuaikan berdasarkan jenis dan tujuan data, baik itu melalui sintesis tematik untuk data kualitatif atau meta-analisis untuk data kuantitatif (Purssell, 2020; Booth et al., 2021; Paul, 2021). Selanjutnya, temuan yang dihasilkan diinterpretasikan guna menjawab pertanyaan penelitian, menarik kesimpulan, serta mengidentifikasi celah penelitian yang belum terjawab (Shaffril, 2021).

### 2.2.9 Pelaporan Temuan

Pelaporan temuan dalam SLR bertujuan menyusun laporan yang merangkum metode, hasil, interpretasi, serta implikasi dari temuan dengan transparansi untuk mendukung reproduksibilitas. Langkah ini dilakukan sesuai panduan seperti PRISMA, yang mencakup penyajian ringkas dan terstruktur mengenai proses, hasil, dan rekomendasi penelitian (Xiao, 2019; Purssell, 2020; Pradana, 2023; Paul, 2021).

### 2.2.10 Pembaruan SLR

Pembaruan SLR perlu dilakukan secara berkala untuk memastikan relevansi hasil penelitian dengan perkembangan literatur terbaru dalam topik yang sama, terutama jika bidang kajian tersebut terus berkembang (Shaffril, 2021; Pradana, 2023).

## 3 HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Merancang Kriteria Inklusi dan Eksklusi

Kriteria inklusi untuk topik ini meliputi literatur yang membahas penerapan notasi matematika dalam analisis kompleksitas algoritma, khususnya *Big-O*, *Omega*, *Theta*, atau variasi lainnya. Literatur yang relevan mencakup penelitian dari jurnal terindeks, konferensi internasional, atau buku teks standar di bidang algoritma. Sebagai eksklusi, studi yang hanya membahas aspek matematika umum tanpa keterkaitan dengan algoritma, atau yang berfokus pada implementasi tanpa analisis kompleksitas akan dikeluarkan.

**Tabel 1.** Kriteria Inklusi dan Eksklusi

Inklusi	Topik Utama: artikel yang membahas notasi asimptotik ( $O$ besar, $\Omega$ besar, dan $\Theta$ besar) atau analisis kompleksitas algoritma.
	Jenis Publikasi: artikel penelitian, ulasan ( <i>review</i> ), buku teks akademik, atau makalah konferensi terkait analisis algoritma. Sumber dari jurnal bereputasi, konferensi ilmiah (misalnya, ACM, IEEE, atau Springer), atau publikasi pendidikan.
	Bahasa: artikel ditulis dalam bahasa Inggris atau bahasa yang relevan (jika dapat diterjemahkan).

	Tahun Publikasi: artikel yang diterbitkan dalam 10 – 15 tahun terakhir (kecuali untuk sumber fundamental atau seminal).
	Konteks Studi: fokus pada analisis algoritma, struktur data, atau aplikasi komputasi, termasuk implementasi dan evaluasi efisiensi algoritma.
	Metodologi yang Jelas: artikel yang menjelaskan metode analisis kompleksitas dengan notasi asimptotik secara rinci.
	Keterkaitan Praktis: artikel yang membahas penerapan notasi asimptotik dalam dunia nyata, seperti algoritma sorting, searching, atau algoritma modern seperti machine learning.
Eksklusi	Topik Tidak Relevan: artikel yang tidak membahas notasi asimptotik atau analisis kompleksitas, seperti artikel terkait komputasi non-algoritmik atau matematika murni tanpa keterkaitan dengan algoritma.
	Jenis Publikasi: blog, opini non-akademik, atau publikasi tanpa tinjauan sejawat ( <i>peer-reviewed</i> ). Artikel populer tanpa basis ilmiah yang kuat (misalnya, dari website tidak terverifikasi).
	Bahasa: artikel dalam bahasa yang tidak dapat diakses atau diterjemahkan dengan mudah.
	Tahun Publikasi: artikel yang terlalu lama (lebih dari 15 tahun) kecuali merupakan karya seminal atau klasik dalam bidang ini.
	Metodologi Tidak Jelas: artikel yang hanya menyebutkan notasi asimptotik tanpa memberikan penjelasan rinci atau tanpa mendiskusikan hasilnya.
	Fokus Teknologi Lain: artikel yang hanya membahas aspek teknologi tanpa menyentuh teori atau implementasi notasi asimptotik.
	Kajian Praktis Minimal: artikel yang hanya memberikan teori dasar tanpa menyertakan penerapan dalam konteks algoritma.

### 3.2 Pengembangan Protokol

Protokol penelitian mencakup rumusan tujuan untuk mengidentifikasi peran notasi matematika dalam mendukung pemahaman dan analisis kompleksitas algoritma. Pertanyaan penelitian, strategi pencarian (dengan kata kunci seperti "*mathematical notation*", "*algorithm complexity*", "*algorithm analysis*", dan "*algorithm complexity analysis*") akan diatur secara sistematis. Pedoman PRISMA digunakan untuk menyusun langkah pencarian, seleksi, dan penilaian kualitas literatur.

### 3.3 Merumuskan Pertanyaan Penelitian

Pertanyaan penelitian berfungsi sebagai panduan penting dalam memastikan bahwa penelitian tetap fokus dan selaras dengan tujuannya, membantu menentukan ruang lingkup, metodologi, dan pendekatan analitis penelitian (Creswell, 2014), yang dirancang berdasarkan *population, intervention, comparison, outcomes, context* (PICOC) (Walther, M., & Herold, D, 2007).

**Tabel 2.** Keterangan PICOC

<i>Population</i>	Algoritma atau program komputer yang dianalisis berdasarkan performanya untuk menyelesaikan masalah tertentu.
-------------------	---

<i>Intervention</i>	Menggunakan notasi asimptotik (seperti <i>Big-O</i> , <i>Big-Ω</i> , dan $\Theta$ ) untuk mendeskripsikan kompleksitas waktu atau ruang suatu algoritma.
<i>Comparison</i>	Perbandingan antar algoritma atau pendekatan pemrograman menggunakan metrik kompleksitas asimptotik untuk menentukan efisiensi relatif mereka.
<i>Outcomes</i>	Hasilnya adalah pemahaman yang lebih baik tentang efisiensi algoritma, terutama terkait dengan skala input yang besar, untuk memilih solusi optimal.
<i>Context</i>	Dalam studi analisis algoritma dan struktur data, dengan fokus pada skenario implementasi nyata di mana skalabilitas dan efisiensi sangat penting.

Selanjutnya berikut penjelasan pertanyaan penelitian yang dibahas dalam tinjauan literatur.

**Tabel 3.** Pertanyaan Penelitian

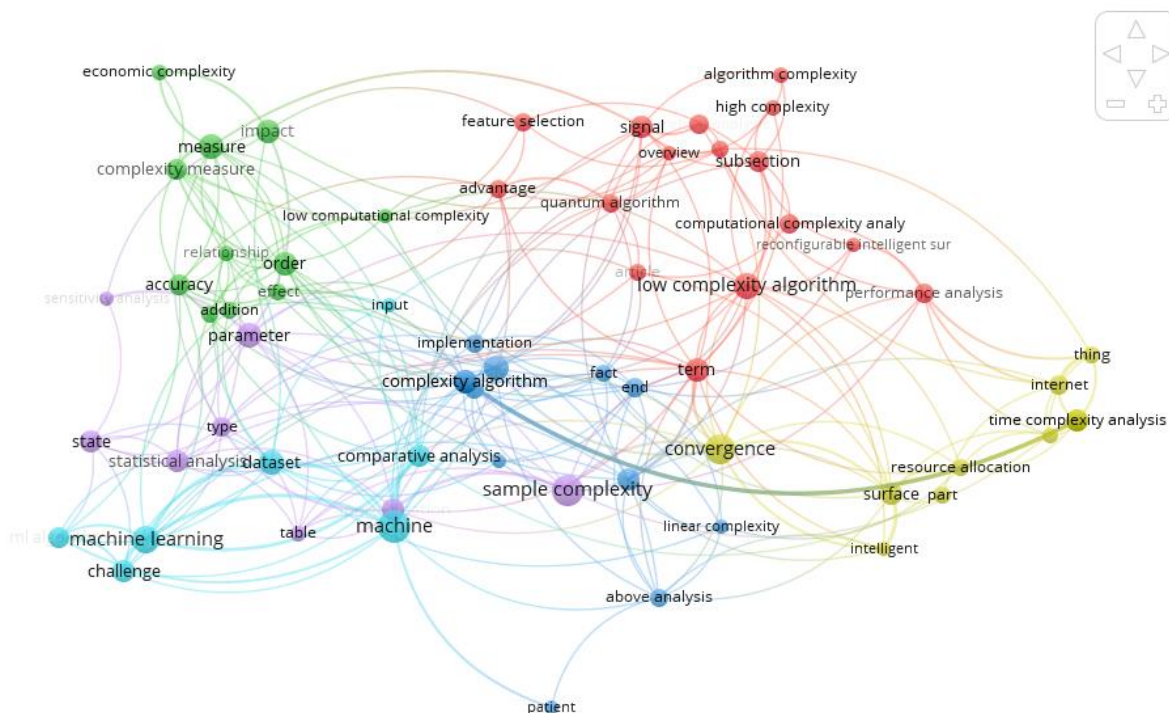
ID	Pertanyaan
RQ1	Bagaimana notasi asimptotik dapat digunakan untuk menggambarkan kompleksitas waktu dan ruang suatu algoritma secara efektif?
RQ2	Apa peran notasi asimptotik dalam membandingkan efisiensi algoritma untuk berbagai jenis input data?
RQ3	Seberapa akurat notasi asimptotik dalam memprediksi performa algoritma pada skala input besar dibandingkan dengan pengukuran eksperimental?
RQ4	Bagaimana notasi $O$ besar, $\Omega$ besar, dan $\Theta$ besar berbeda dalam mendeskripsikan batas kompleksitas algoritma?
RQ5	Apa tantangan utama dalam menerapkan notasi asimptotik untuk algoritma yang kompleks atau melibatkan data dengan distribusi tak terduga?
RQ6	Bagaimana notasi asimptotik dapat membantu dalam memilih algoritma yang optimal untuk kasus penggunaan dunia nyata?
RQ7	Apakah ada batasan dalam menggunakan notasi asimptotik untuk menganalisis algoritma modern yang melibatkan penghitungan paralel atau komputasi berbasis kuantum?

### 3.4 Pencarian Literatur

Proses pencarian referensi dalam penelitian ini dilakukan melalui aplikasi *Publist Or Perish* untuk mendapatkan 1000 bibliografi referensi dari google scholar. Oleh karena itu, kata kunci yang digunakan dalam pencarian: “*mathematical notation*” dan “*analysis complexity algorithm*”. Pemakaian tanda kutip dua pada pencarian supaya hasil pencarian menampilkan kata kunci secara lengkap dan tidak terpisah. Hal ini bertujuan untuk mendapatkan hasil pencarian yang tidak terpisah. Dengan bantuan VOSviewer, 1000 bibliografi tersebut diketahui keterkaitan antara kata kunci yang ditemukan seperti pada gambar berikut.

### 3.5 Proses Seleksi Studi

Pengelolaan referensi menggunakan perangkat lunak seperti Mendeley dan Zotero untuk mengeliminasi duplikasi. Studi awal diseleksi berdasarkan judul dan abstrak, kemudian disaring



**Gambar 2.** Keterkaitan Kata Kunci *Analysis Complexity Algorithm*

lebih lanjut melalui tinjauan penuh teks. Hanya studi yang relevan dengan pembahasan tentang notasi matematika dan aplikasinya pada analisis kompleksitas algoritma yang akan dipertahankan.

Penelusuran literatur secara maksimal dilakukan dengan bantuan aplikasi Watase UAKE dengan memasukkan API key mesin pencari Scopus. Pemilihan mesin pencari tersebut dimaksudkan agar diperoleh literatur ilmiah yang memiliki reputasi terindeks Scopus Q1, Q2, Q3 dan Q4. Penelusuran literatur tersebut menghasilkan 431 (empat ratus tiga puluh satu) referensi yang judulnya sesuai dengan kriteria kata kunci yang dimasukkan dalam *query*. Dari 431 (empat ratus tiga puluh satu) artikel tersebut, terdapat 41 (empat puluh satu) duplikasi *record*, 283 (dua ratus delapan puluh tiga) tidak memenuhi syarat artikel antara tahun 2019 - 2024, 4 (empat) artikel yang dikeluarkan karena tidak masuk ke dalam Tier Scopus (Q1, Q2, Q3 dan Q4) dan 1 (satu) artikel tidak ada abstrak untuk proses penyaringan sehingga menyisakan 102 (seratus dua) artikel untuk proses penyaringan.

### 3.6 Penilaian Kualitas Studi

Kualitas literatur dinilai menggunakan alat seperti CASP untuk studi kualitatif atau AMSTAR untuk studi tinjauan lain. Studi dengan metodologi yang kurang jelas atau temuan yang tidak didukung bukti kuat akan dikeluarkan untuk menjaga validitas hasil SLR.

Proses penyaringan dimulai dengan 102 (seratus dua) artikel, terdapat 76 (tujuh puluh enam) artikel yang dikecualikan karena pemeriksaan abstrak yang tidak menunjukkan adanya kaitan antara notasi matematika dan analisis kompleksitas algoritma sehingga menyisakan 26 (dua puluh enam) artikel yang bisa diambil artikelnya, tanpa adanya artikel tambahan dari sumber lain. Kemudian ada 4 (empat) artikel yang tidak diambil karena 3 (tiga) tidak memiliki DOI dan 1 (satu)



**Gambar 3.** Proses Seleksi Literatur berdasarkan Judul dan Abstrak

artikel yang menggunakan bahasa Cina sehingga menyisakan 22 (dua puluh dua) artikel yang akan dinilai kelayakannya. Dengan demikian, diperoleh 22 (dua puluh dua) artikel yang dapat digunakan yang memenuhi kriteria dari tahun 2019 – 2024 dan masuk ke dalam Tier Scopus Q1, Q2, Q3 dan Q4.

No	Authors	Year	Title	Journal	Lays	Cita	Journal <sup>1</sup>
					Nan	tion	Rank <sup>1</sup>
1	Jin, Bilby; Scheinberg, Katy; Xia, Miaoan	2024	Sample complexity analysis for adaptive optimization algorithms with stochastic oracles	Mathematical Programming	1	Q1	
2	Zaouli, Bilal; Benterki, Djamel; Khelladi, Samia	2024	Complexity analysis and numerical implementation of a new interior-point algorithm for semidefinite optimization	Operations Research Letters	0	Q1	
3	Dzhini, K. J.; Wild, S. M.	2024	Stochastic Trust-Region Algorithm in Random Subspaces with Convergence and Expected Complexity Analysis	SIAM Journal on Optimization	1	Q1	
4	Fan, Junfu; Zuo, Jiwei; Sun, Guangwei; Shi, Zongwen; Gao, Yu; Zhang, Yi	2024	Multicore Parallelized Spatial Overlay Analysis Algorithm Using Vector Polygon Shape Complexity Index Optimization	Applied Sciences	0	Q2	
5	Bokhary, Syed Ahtsham Ul Haq; Khairi, Athar; Samman, Fatima M. Al; Dalain, Mhassen. E. E.; Gargouri, Ameni	2024	Efficient Graph Algorithms in Securing Communication Networks	Symmetry	0	Q2	
6	Öztürk, Hasan Tahsin; Kahraman, Hamdi Toğa	2023	Meta-heuristic search algorithms in trust optimization Research on stability and complexity analysis	Applied Soft Computing	29	Q1	
7	Jin, Shi; Liu, Nana; Yu, Yue	2023	Time complexity analysis of quantum algorithms via linear representations for nonlinear ordinary and partial differential equations	Journal of Computational Physics	19	Q1	
8	Dubnov, Yu. A.; Popkov, A. Yu.; Dardziovsky, B. S.	2023	Estimating the H-Ider Exponents Based on the epsilon-Complexity of Continuous Functions An Experimental Analysis of the Algorithm	Automation and Remote Control	0	Q3	
9	Hong, Mingyi; Wai, Hoi-To; Wang, Zhaoran; Yang, Zhurou	2023	A Two-Timescale Stochastic Algorithm Framework for Bilevel Optimization Complexity Analysis and Application to Actor-Critic	SIAM Journal on Optimization	44	Q1	
10	Benthadid, Ayache; Merahi, Fatah	2023	Complexity analysis of an interior-point algorithm for linear optimization based on a new parametric kernel function with a double barrier term	Numerical Algebra, Control and Optimization	1	Q3	
11	Yumus, Mohd Sidek Fadhli Mohd; Ica, Mohd Rizal Mohd; Shukran, Mohd Afni Mohd; Wahab, Norshahriah; Rahayu, Syarifah Bahayah; Fadilah, Amalina Farhi Ahmad	2023	Pixel Value Graphical Password Scheme Analysis on Time Complexity performance of Clustering Algorithm for Facepix Segmentation	Journal of Engineering and Technological Sciences	0	Q3	
12	Shi, Feng; Neumann, Frank; Wang, Jianxin	2021	Time complexity analysis of evolutionary algorithms for 2-hop (1,2)-minimum spanning tree problem	Theoretical Computer Science	3	Q2	
13	Zhang, Peng; Fan, Junfu; Zhang, Peng; Zhang, Zhihui; Chen, Zheng; Han, Lusheng	2021	Comparative Study on the Effect of Shape Complexity on the Efficiency of Different Overlay Analysis Algorithms	IEEE Access	3	Q1	
14	Sermesta, Fanitarn; Intekah, Waruwan; Chumpungam, Davran; Suwanit, Suthep	2021	On convergence and complexity analysis of an accelerated forward-backward algorithm with linesearch technique for convex minimization problems and applications to data prediction and classification	Journal of Inequalities and Applications	6	Q2	
15	Curtis, Frank E.; Robinson, Daniel P.	2020	Regional complexity analysis of algorithms for nonconvex smooth optimization	Mathematical Programming	3	Q1	
16	Soliman, Ahmed H.; Hatab, Tamer; Zidan, A.M.	2020	On quasi-parity generalized type of metric spaces and an application to complexity analysis of computer algorithms	Alexandria Engineering Journal	3	Q1	
17	Feng, Si Wei; Yu, Jingjin	2020	Optimal Perimeter Guarding With Heterogeneous Robot Team Complexity Analysis and Effective Algorithms	IEEE Robotics and Automation Letters	3	Q1	
18	Zhang, Sheng; Zhang, Jiahu; So, Hing Cheung	2020	Low-Complexity Decorrelation NLMS Algorithms Performance Analysis and AEC Application	IEEE Transactions on Signal Processing	11	Q1	
19	Zhang, Junyu; Ma, Shiqian; Zhang, Shuzhong	2019	Primal-dual optimization algorithms over Riemannian manifolds an iteration complexity analysis	Mathematical Programming	15	Q1	
20	Emrah Amrahov, Fahin; Mohammed, Adnan Saker; Çelebi, Fatih V.	2019	New and improved search algorithms and precise analysis of their average-case complexity	Future Generation Computer Systems	3	Q1	
21	Hu, Yingmei; Liu, Rongke; Bian, Hongxiu; Lyu, Danyi	2019	Design and Analysis of a Low-Complexity Decoding Algorithm for Spinal Codes	IEEE Transactions on Vehicular Technology	9	Q1	
22	Jiang, Bo; Lin, Tianyi; Ma, Shiqian; Zhang, Shuzhong	2018	Structured nonconvex and nonsmooth optimization algorithms and iteration complexity analysis	Computational Optimization and Applications	79	Q1	

**Gambar 4.** Daftar Artikel yang Memenuhi Kriteria

Dari 25 (dua puluh lima) artikel yang memenuhi kriteria dari tahun 2019 – 2024 dan masuk ke dalam Tier Scopus Q1, Q2, Q3 dan Q4, hanya 16 yang terdapat penggunaan notasi matematika asimptotik sehingga mendapat 16 artikel yang akan diekstraksi data nya.



Gambar 5. Proses Seleksi Literatur Berdasarkan Judul dan Abstrak

### 3.7 Ekstraksi Data

Data yang diekstraksi mencakup penulis, tahun, judul, jenis studi, notasi matematika yang digunakan, teknik atau alat untuk analisis kompleksitas, tujuan penerapannya (deskriptif atau komparatif), hasil analisis kompleksitas, serta manfaat atau tantangan yang ditemukan dalam menggunakan notasi matematika untuk algoritma.

Tabel 4. Ekstraksi Data 22 Artikel

No	Judul	Notasi Matematika dalam Analisis Komplexitas Algoritma
1	Jin, Billy; Scheinberg, Katya; Xie, Miaolan, 2024, Sample complexity analysis for adaptive optimization algorithms with stochastic oracles, Mathematical Programming.	Makalah penelitian membahas penggunaan notasi asimptotik, khususnya notasi $O$ , untuk menyederhanakan penyajian batas kompleksitas orakel total. Notasi ini digunakan untuk mengganti konstanta yang terlibat dalam batas-batas tertentu, memungkinkan pemahaman yang lebih jelas tentang kinerja algoritma seiring bertambahnya ukuran input.

2	<p>Bokhary, Syed Ahtsham Ul Haq; Kharal, Athar; Samman, Fathia M. Al; Dalam, Mhassen. E. E.; Gargouri, Ameni, 2024, Efficient Graph Algorithms in Securing Communication Networks, Symmetry.</p>	<p>Makalah ini menggunakan notasi matematika standar untuk menggambarkan algoritma enkripsi dan dekripsi, membuatnya dapat disesuaikan untuk implementasi mesin dan dapat diskalakan untuk penggunaan dunia nyata. Algoritma dianalisis secara ketat dalam hal kompleksitas temporal dan spasialnya menggunakan notasi <i>Big O</i>. Ini memberikan analisis komprehensif tentang efisiensi skema, menunjukkan bahwa CBG-II memiliki kompleksitas ruang <math>O(1)</math>, menjadikannya yang paling efisien. Kinerja skema dibandingkan, dengan CBG-I dicatat sebagai kinerja terburuk meskipun resistensi kesalahannya yang kuat.</p>
3	<p>Randa, Chalekh; El Amir, Djeflal, 2024, Complexity Analysis of an Interior-point Algorithm for CQP Based on a New Parametric Kernel Function, Statistics, Optimization and Information Computing.</p>	<p>Makalah ini membahas analisis kompleksitas algoritma titik interior primal-ganda untuk pemrograman kuadrat cembung (CQP), secara khusus menyebutkan kompleksitas iterasi yang terikat sebagai <math>O(\sqrt{n} \log n \log n \epsilon)</math> untuk metode pembaruan besar dengan pilihan spesifik parameter <math>p &gt; 1</math>. Ini juga menyatakan bahwa ikatan kompleksitas iterasi terbaik yang diperoleh adalah <math>O(n \log n \log n \epsilon)</math> untuk metode pembaruan kecil dengan pilihan spesifik parameter <math>p</math>.</p>
4	<p>Zaoui, Billel; Benterki, Djamel; Khelladi, Samia, 2024, Complexity analysis and numerical implementation of a new interior-point algorithm for semidefinite optimization, Operations Research Letters.</p>	<p>Algoritma yang dibahas dalam makalah penelitian memiliki kompleksitas <math>O(n \log n)</math> untuk jumlah iterasi titik interior yang diperlukan. Hasilnya menunjukkan bahwa iterasi paling terkenal yang terikat untuk algoritma dengan metode pembaruan kecil tercapai.</p>
5	<p>Animesh, Kumar; Prashant, Pranav; Sandip, Dutta; Soubhik, Chakraborty, 2024, Analysis of the empirical complexity of Advanced Encryption Standards-128 statistically, Journal of Discrete Mathematical Sciences and Cryptography.</p>	<p>Makalah penelitian membahas kompleksitas empiris Standar Enkripsi Lanjutan (AES-128) dan menyebutkan bahwa durasi eksekusi untuk enkripsi dan dekripsi dapat diperkirakan menggunakan model polinomial linier (tingkat pertama), memposisikan kompleksitas empiris AES-128 adalah <math>O_{emp}(n)</math>, kompleksitas waktu untuk AES-128 adalah <math>O(n)</math> praktis. Kerangka kompleksitas empiris, pendekatan kontemporer untuk memastikan kinerja waktu nyata, diterapkan dalam penelitian ini memungkinkan model statistik untuk memprediksi waktu eksekusi berdasarkan ukuran input, memperkuat penggunaan notasi asimtotik dalam memahami kinerja algoritma.</p>

6	<p>Mahamed G.H., Omran; Andries, Engelbrecht, 2023, Time Complexity of Population-Based Metaheuristics, Mendel.</p>	<p>Makalah ini membahas kompleksitas waktu menggunakan notasi matematika seperti <i>Big-O</i> (<math>O</math>), <i>Big-Omega</i> (<math>\Omega</math>), dan <i>Theta</i> (<math>\Theta</math>) untuk mengevaluasi efisiensi algoritma metaheuristik.</p> <p>Secara khusus menyebutkan bahwa kompleksitas waktu dari algoritma evolusi diferensial (DE) adalah kubik, direpresentasikan sebagai <math>\Theta (GN D)</math> dan <math>O (n^3)</math>. Algoritma pencarian harmoni (HS) juga memiliki kompleksitas waktu <math>\Theta (GN D)</math>, yang dapat diperkirakan sebagai <math>O (n^3)</math> di bawah asumsi tertentu.</p> <p>Algoritma kunang-kunang (FA) dianalisis dengan cara yang sama, dan kompleksitas waktunya <math>\Theta (G N^2 D)</math> dan <math>O (n^4)</math>.</p>
7	<p>Jin, Shi; Liu, Nana; Yu, Yue, 2023, Time complexity analysis of quantum algorithms via linear representations for nonlinear ordinary and partial differential equations, Journal of Computational Physics.</p>	<p>Notasi <math>O (n^4)</math> digunakan untuk kompleksitas waktu.</p> <p>Notasi <math>O (dx)</math> digunakan untuk kesalahan numerik.</p> <p>Notasi <math>O (e)</math> digunakan untuk presisi.</p> <p>Notasi <math>O (I)</math> digunakan untuk kesederhanaan dalam analisis.</p>
8	<p>Yunus, Mohd Sidek Fadhil Mohd; Isa, Mohd Rizal Mohd; Shukran, Mohd Afizi Mohd; Wahab, Norshahriah; Rahayu, Syarifah Bahiyah; Fadzlah, Amalina Farhi Ahmad, 2023, Pixel Value Graphical Password Scheme Analysis on Time Complexity performance of Clustering Algorithm for Passpix Segmentation, Journal of Engineering and Technological Sciences.</p>	<p>Notasi <i>Theta</i> (<math>\Theta</math>): Makalah ini menggunakan notasi <math>\Theta</math> untuk menggambarkan hubungan antara jumlah cluster (<math>k</math>) dan waktu yang dibutuhkan oleh algoritma pengelompokan. Notasi ini membantu dalam memahami bagaimana kompleksitas waktu berskala dengan meningkatnya nilai <math>k</math>. Nilai <math>\Theta</math> yang lebih rendah menunjukkan kinerja yang lebih baik dalam hal konsumsi waktu saat <math>k</math> meningkat.</p>
9	<p>Benhadid, Ayache; Merahi, Fateh, 2023, Complexity analysis of an interior-point algorithm for linear optimization based on a new parametric kernel function with a double barrier term,</p>	<p>Makalah penelitian membahas analisis kompleksitas algoritma titik interior primal-ganda untuk pemrograman kuadrat cembung (CQP) menggunakan fungsi kernel parametrik baru.</p> <p>Ikatan kompleksitas iterasi terbaik yang diidentifikasi untuk metode pembaruan besar adalah <math>O (\sqrt{n} \log n \log n \varepsilon)</math> dengan pilihan spesifik parameter <math>p &gt; 1</math>.</p> <p>Untuk metode pembaruan kecil, kompleksitasnya adalah</p>

	Numerical Algebra, Control and Optimization.	$O(n \log n \log n \varepsilon)$ ketika $p$ mengambil nilai konstan apa pun.
10	Hong, Mingyi; Wai, Hoi-To; Wang, Zhaoran; Yang, Zhuoran, 2023, A Two-Timescale Stochastic Algorithm Framework for Bilevel Optimization Complexity Analysis and Application to Actor-Critic, SIAM Journal on Optimization.	Perilaku asimtotik dianalisis melalui kesenjangan optimalitas yang diharapkan. Kondisi untuk konvergensi melibatkan ukuran langkah yang berkurang dan konstan." Theta mewakili parameter model bersama dalam pengoptimalan. Theta beradaptasi dengan set pelatihan yang berbeda dalam model. Ini terlibat dalam masalah optimasi batin.
11	Shi, Feng; Neumann, Frank; Wang, Jianxin, 2021, Time complexity analysis of evolutionary algorithms for 2-hop (1,2)-minimum spanning tree problem, Theoretical Computer Science.	Makalah ini menggunakan notasi kompleksitas algoritma yang diharapkan $O(n)$ untuk meniru Operasi 1 dan 3, $O(n^2)$ untuk Operasi 4, dan $O(n^3)$ untuk Operasi 5. Runtime keseluruhan yang diharapkan untuk algoritma untuk mendapatkan solusi perkiraan $3/2$ untuk 2H- (1, 2) -MSTP adalah $O(n^4)$ .
12	Curtis, Frank E.; Robinson, Daniel P., 2020, Regional complexity analysis of algorithms for nonconvex smooth optimization, Mathematical Programming.	Notasi asimtotik dibahas dalam konteks urutan skalar nonnegatif. Berikut adalah poin-poin penting mengenai penggunaannya: Definisi Notasi Asimptotik: Makalah mendefinisikan notasi $a_k = O(b_k)$ untuk menunjukkan bahwa ada konstanta positif $c$ untuk menunjukkan bahwa ada konstanta positif $c$ sedemikian rupa sehingga $a_k \leq c b_k$ untuk semua $k \in \mathbb{N}$ untuk semua $k \in \mathbb{N}$ . Ini berarti bahwa urutan $a_k$ tumbuh paling cepat dengan urutan $b_k$ tumbuh paling cepat dengan urutan $b_k$ dikalikan dengan beberapa faktor konstan.
13	Feng, Si Wei; Yu, Jingjin, 2020, Optimal Perimeter Guarding With Heterogeneous Robot Teams Complexity Analysis and Effective Algorithms, IEEE Robotics and Automation Letters.	Kompleksitas algoritma adalah $O(q t P t l (n t l))$ . Kompleksitas amortisasi INC () adalah $O(q n t)$ . Algoritma keseluruhan berjalan di $O(t P t l (n t l) q t)$ .

14	Soliman, Ahmed H.; Nabil, Tamer; Zidan, A.M., 2020, On quasi-partial generalized type of metric spaces and an application to complexity analysis of computer algorithms, Alexandria Engineering Journal.	Makalah ini membahas kompleksitas asimtotik menggunakan notasi matematika seperti <i>Big-O</i> , <i>Big-Omega</i> dan <i>Theta</i> . Notasi <i>Big-O</i> digunakan untuk menggambarkan batas atas suatu fungsi, menunjukkan bahwa fungsi $f$ secara asimtotik dibatasi oleh $g$ jika ada konstanta $n_0$ dan $k$ sedemikian rupa sehingga $f(n) \leq k * g(n)$ untuk semua $n \geq n_0$ , notasi batas atas asimtotik dilambangkan sebagai $O(g(n))$ . Notasi batas bawah dilambangkan sebagai $\Omega(g(n))$ . Notasi <i>Theta</i> tersirat dalam konteks untuk menggambarkan fungsi yang dibatasi atas dan bawah oleh fungsi lain, meskipun rincian spesifik tidak disediakan dalam konteks, notasi terikat ketat dilambangkan sebagai $\Theta(g(n))$ .
15	Zhang, Junyu; Ma, Shiqian; Zhang, Shuzhong, 2019, Primal-dual optimization algorithms over Riemannian manifolds an iteration complexity analysis, Mathematical Programming.	Makalah ini membahas kompleksitas iterasi dari algoritma yang diusulkan, secara khusus menyatakan bahwa mereka memiliki kompleksitas iterasi $O(1/\epsilon)$ untuk mencapai solusi $\epsilon$ -stasioner.
16	Jiang, Bo; Lin, Tianyi; Ma, Shiqian; Zhang, Shuzhong, 2018, Structured nonconvex and nonsmooth optimization algorithms and iteration complexity analysis, Computational Optimization and Applications.	Makalah ini membahas batas kompleksitas iterasi untuk algoritma yang digunakan dalam masalah optimasi noncembung dan tidak halus, secara khusus menyebutkan ikatan kompleksitas iterasi dari $O(1/\epsilon^2)$ untuk mencapai solusi $\epsilon$ -stasioner untuk varian tipe proksimal dari ADMM dan metode BCD proksimal.

### 3.8 Sintesis Data

Sintesis dilakukan secara kualitatif untuk mengidentifikasi pola dan tren utama, seperti keunggulan *Big-O* dalam menggambarkan batas atas kompleksitas. Pendekatan kuantitatif (meta-analisis) juga digunakan jika memungkinkan, misalnya untuk menganalisis frekuensi penggunaan notasi tertentu dalam literatur.

#### 3.8.1 Pola Umum dan Tren

Salah satu keunggulan utama dalam analisis kompleksitas algoritma adalah penggunaan notasi asimtotik seperti *Big-O* ( $O$ ), *Big-Omega* ( $\Omega$ ), dan *Theta* ( $\Theta$ ). Notasi ini memungkinkan para peneliti untuk menggambarkan batas atas, batas bawah, serta pertumbuhan skala algoritma terkait ukuran input. *Big-O* paling sering digunakan untuk menyederhanakan analisis dengan menggambarkan batas atas kompleksitas algoritma. *Theta* ( $\Theta$ ) menawarkan deskripsi batas ketat, yang penting untuk analisis mendalam terhadap efisiensi algoritma. *Big-Omega* ( $\Omega$ ) digunakan

lebih jarang tetapi tetap relevan dalam menunjukkan batas bawah yang signifikan.

Penelitian tentang kompleksitas iterasi menunjukkan fokus yang meningkat pada evaluasi batas iterasi untuk solusi  $\epsilon$ -stasioner. Pendekatan ini sering kali dinyatakan dalam bentuk  $O(1/e^k)$ , di mana  $k$  mencerminkan kecepatan konvergensi algoritma. Pendekatan numerik dan empiris juga menjadi lebih menonjol, seperti pada penelitian tentang algoritma kuantum atau enkripsi standar (e.g., AES-128), yang mengandalkan data observasi untuk mengukur performa praktis.

### 3.8.2 Analisis Kuantitatif

Melalui meta-analisis literatur, notasi *Big-O* ditemukan sebagai metode dominan dalam menyatakan kompleksitas algoritma. Hal ini diikuti oleh Big-Theta ( $\Theta$ ), yang sering digunakan dalam penelitian optimasi dan algoritma berbasis numerik. Fokus terhadap kompleksitas iterasi menjadi salah satu topik utama dalam penelitian modern, dengan kontribusi penting terhadap valuasi algoritma untuk skala besar.

### 3.8.3 Ringkasan Beberapa Studi Kunci

1. Analisis kompleksitas untuk optimasi stokastik (Jin et al., 2024): notasi *Big-O* digunakan untuk menggambarkan batas kompleksitas orakel total dalam algoritma optimasi adaptif, memberikan kerangka kerja yang terukur untuk efisiensi algoritma.
2. Efisiensi algoritma graf untuk keamanan jaringan (Bokhary et al., 2024): dalam penelitian ini, kompleksitas ruang  $O(1)$  dari algoritma tertentu menunjukkan efisiensi tinggi untuk implementasi dunia nyata.
3. Kompleksitas kuantum (Jin et al., 2023): algoritma kuantum dianalisis dengan menggunakan notasi *Big-O* untuk memodelkan kompleksitas waktu, seperti  $O(n^4)$ , yang mencerminkan kebutuhan presisi tinggi.
4. Kompleksitas algoritma evolusi (Mahamed et al., 2023): algoritma berbasis populasi, seperti *firefly* dan *harmony search*, dievaluasi menggunakan *Big-O*, *Big-Omega* dan *Theta* untuk memberikan perspektif lengkap terhadap kinerjanya.
5. Standar enkripsi lanjutan AES-128 (Animesh et al., 2024): kompleksitas waktu praktis algoritma ini diperkirakan  $O(n)$ , dengan model empiris untuk mendukung estimasi waktu eksekusi.
6. Algoritma titik interior (Zaoui et al., 2024; Benhadid et al., 2023): kompleksitas iterasi seperti  $O(\sqrt{n} \log n)$  dan  $O(n \log n)$  menjadi fokus utama dalam analisis algoritma optimasi berbasis kernel.
7. Pendekatan berbasis manifold (Zhang et al., 2019): tingkat konvergensi algoritma optimasi pada ruang Riemann dianalisis dengan kompleksitas iterasi  $O(1/e)$ , yang menunjukkan efisiensi pada lingkungan non-linear.

Implikasi untuk penelitian dan implementasi yaitu analisis kompleksitas algoritma memiliki implikasi yang signifikan baik untuk penelitian akademik maupun implementasi praktis sebagai berikut.

- 1) Penggunaan notasi asimtotik membantu menyederhanakan analisis teoretis dan memungkinkan perbandingan langsung antaralgoritma.
- 2) Model empiris memvalidasi hasil teoretis melalui data observasi dan memperkuat keandalan implementasi dunia nyata.

- 3) Kompleksitas iterasi menyediakan metrik penting untuk mengevaluasi efisiensi algoritma terutama dalam konteks sistem berskala besar. Evolusi penggunaan notasi matematika dalam analisis kompleksitas terus berkembang untuk memenuhi kebutuhan efisiensi dan akurasi serta menjembatani teori dan praktik dalam berbagai domain aplikasi.

### 3.9 Pelaporan Temuan

#### 3.9.1 Perkembangan Penggunaan Notasi Matematika dalam Penelitian Algoritma

Penggunaan notasi matematika dalam penelitian algoritma telah mengalami perkembangan signifikan, terutama melalui adopsi notasi asimtotik seperti *Big-O* ( $O$ ), *Big-Omega* ( $\Omega$ ), dan *Theta* ( $\Theta$ ). Notasi ini memberikan cara sistematis untuk menggambarkan batas atas, bawah, dan ketat dari kompleksitas algoritma berdasarkan ukuran input. Secara historis, *Big-O* menjadi yang paling dominan karena kemampuannya menyederhanakan analisis dan memastikan batas atas kinerja algoritma. Seiring waktu, penelitian yang lebih mendalam mulai memanfaatkan  $\Theta$  untuk analisis efisiensi yang lebih akurat, serta  $\Omega$  untuk mengidentifikasi batas bawah signifikan. Selain itu, pendekatan berbasis iterasi, seperti  $O(1/e^k)$  untuk algoritma  $\varepsilon$ -stasioner, mencerminkan fokus pada efisiensi algoritma dalam konteks sistem berskala besar.

#### 3.9.2 Tantangan dalam Penerapan Notasi Matematika

Meskipun sangat bermanfaat, penerapan notasi matematika dalam analisis algoritma tidak lepas dari tantangan. Salah satu tantangan utama adalah kesenjangan antara analisis teoretis dan implementasi praktis, di mana hasil teoritis sering kali tidak sepenuhnya mencerminkan kinerja algoritma di dunia nyata. Selain itu, untuk algoritma kompleks seperti algoritma kuantum atau berbasis populasi, deskripsi notasi sering kali memerlukan asumsi-asumsi yang sulit dipenuhi dalam berbagai kondisi. Peneliti juga dihadapkan pada kesulitan dalam menginterpretasikan hasil untuk algoritma yang bergantung pada faktor eksternal, seperti struktur data dan arsitektur perangkat keras.

#### 3.9.3 Pengaruh Notasi Matematika terhadap Hasil Penelitian

Notasi matematika memiliki pengaruh besar dalam membentuk arah dan fokus penelitian algoritma. Dengan notasi asimtotik, para peneliti dapat menyederhanakan analisis teoretis dan membandingkan algoritma secara langsung berdasarkan efisiensi skala besar. Hal ini memungkinkan pengembangan algoritma yang lebih optimal untuk aplikasi praktis, seperti enkripsi, optimasi stokastik, dan algoritma graf. Namun, interpretasi yang salah atau kurangnya data empiris untuk memvalidasi hasil teoretis dapat mengurangi keandalan temuan, menekankan pentingnya kombinasi antara pendekatan matematis dan empiris.

#### 3.9.4 Rekomendasi untuk Penelitian

Untuk meningkatkan keefektifan penggunaan notasi matematika, penelitian masa depan sebaiknya mengintegrasikan pendekatan teoretis dengan data empiris untuk memvalidasi hasil. Penggunaan notasi harus disertai dengan penjelasan yang komprehensif tentang asumsi yang mendasari dan keterbatasan metode. Selain itu, penting untuk mengeksplorasi notasi yang lebih adaptif terhadap sistem baru, seperti algoritma kuantum dan berbasis manifold, yang sering memerlukan deskripsi kompleksitas iterasi di ruang non-linear. Upaya kolaboratif antara akademisi dan praktisi juga



diperlukan untuk menjembatani kesenjangan antara teori dan praktik, memastikan relevansi temuan dalam konteks aplikasi dunia nyata.

### 3.10 Pembaruan SLR

Karena bidang algoritma terus berkembang, pembaruan SLR perlu dilakukan secara berkala. Penelitian lebih baru yang mungkin memperkenalkan notasi matematika alternatif atau teknik analisis kompleksitas baru akan dimasukkan pada periode berikutnya untuk menjaga relevansi tinjauan.

## 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Notasi matematika asimtotik seperti *Big-O* ( $O$ ), *Big-Omega* ( $\Omega$ ), dan *Theta* ( $\Theta$ ) adalah alat yang sangat penting dalam menganalisis kompleksitas algoritma dan memberikan pemahaman mendalam tentang efisiensi skala besar. Penggunaan notasi ini paling efektif untuk algoritma tradisional, namun memiliki keterbatasan dalam menangani algoritma modern seperti *machine learning* dan komputasi paralel. Pendekatan empiris, melalui simulasi dan analisis data observasi, melengkapi analisis teoretis dengan validasi praktis. Kompleksitas iterasi menjadi metrik utama dalam mengevaluasi efisiensi algoritma untuk sistem berskala besar.

Penelitian ini menyoroti pentingnya kombinasi antara pendekatan teoretis dan empiris untuk mengukur efisiensi algoritma secara lebih menyeluruh. Notasi asimtotik tetap relevan untuk perbandingan algoritma, sementara pendekatan empiris memperkuat keandalan dalam aplikasi dunia nyata. Hasil ini memberikan panduan untuk pengembangan algoritma yang lebih efisien dalam berbagai domain, termasuk enkripsi, optimasi, dan sistem berbasis kecerdasan buatan.

Pengembangan lebih lanjut dalam notasi matematika diperlukan untuk menghadapi tantangan algoritma modern, khususnya dalam *machine learning*, komputasi paralel, dan algoritma kuantum. Selain itu, eksplorasi terhadap kompleksitas iterasi yang lebih terperinci akan membantu dalam menilai kecepatan konvergensi algoritma dalam konteks sistem non-linear atau data skala besar. Ruang lingkup penelitian masa depan juga mencakup pembaruan tinjauan literatur secara sistematis untuk menjaga relevansi analisis dengan perkembangan teknologi terkini.

Peneliti selanjutnya disarankan untuk mengintegrasikan pendekatan teoretis dan empiris secara lebih menyeluruh sehingga hasil analisis dapat lebih akurat dan aplikatif. Selain itu, kolaborasi antara akademisi dan praktisi akan membantu menjembatani kesenjangan antara teori dan implementasi. Pengembangan notasi yang lebih adaptif dan fleksibel, disertai dengan alat analisis modern, akan sangat bermanfaat untuk mendukung inovasi algoritma di berbagai domain aplikasi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Booth, A., Sutton, A., & Papaioannou, D. (2021). *Systematic Approaches to a Successful Literature Review*.
- Cormen, T. H., Leiserson, C. E., Rivest, R. L., & Stein, C. (2022). *Introduction to Algorithms (4th ed.)*. MIT Press.
- Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). *Deep Learning*. MIT Press.
- Creswell, J. W. (2014). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches (4th ed.)*. SAGE Publications.
- Dekkers, R., Carey, L., & Langhorne, P. (2022). *Making Literature Reviews Work: A Multidisciplinary Guide to Systematic Approaches*.

- Felizardo, K. R., & Carver, JC (2020). Automating systematic literature review. *Contemporary empirical methods in software ...*, Springer.
- Linnenluecke, MK, Marrone, M, & ... (2020). Conducting systematic literature reviews and bibliometric analyses. *Australian Journal of ...*, journals.sagepub.com.
- Nielsen, M. A., & Chuang, I. L. (2010). *Quantum Computation and Quantum Information*. Cambridge University Press.
- Paul, J., Lim, W. M., O’Cass, A., Hao, A. W., & Bresciani, S. (2021). Scientific procedures and rationales for systematic literature reviews (SPAR-4-SLR). *International Journal of Consumer Studies*, 00, 1–16.
- Pradana, M., Silvianita, A., Madiawati, P. N., Calandra, D., Lanzalonga, F., & Oppioli, M. (2023). A Guidance to Systematic Literature Review to Young Researchers. *Jurnal Pengabdian Masyarakat*, Vol.6(2), 409-417.
- Purssell, E., & McCrae, N. (2020). How to Perform a Systematic Literature Review: A Guide for Healthcare Researchers, Practitioners, and Students.
- Rivest, R. L., Shamir, A., & Adleman, L. (2002). A Method for Obtaining Digital Signatures and Public-Key Cryptosystems.
- Shaffril, HA Mohamed, Samsuddin, SF, & Samah, A Abu (2021). The ABC of systematic literature review: the basic methodological guidance for beginners. *Quality & Quantity*, Springer.
- Snyder, H. (2019). Literature review as a research methodology: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*.
- Walther, M., & Herold, D. (2007). Beeinflussung der Knochendichte der Lendenwirbelsäule durch Sport. *Sport-Orthopädie - Sport-Traumatologie - Sports Orthopaedics and Traumatology*, 23(1), 43–48. doi:10.1016/j.orthtr.2007.01.004
- Xiao, Y, & Watson, M (2019). Guidance on conducting a systematic literature review. *Journal of planning education and ...*, journals.sagepub.com.