



Peran Logika Komputasi dalam Perkembangan Sistem Cerdas Modern

The Role Of Computational Logic In The Development Of Modern Intelligent system

¹Lilis Suryani, ²Rusnai Rahayu*, ³Nurlia Hutasuhut, ⁴Mhd. Raja Al Farabi, ⁵Neo Azril

Prodi Teknologi Informasi, Fakultas Tarbiyah dan Ilmu Keguruan,
Universitas Islam Negeri Syekh Ali Hasan Ahmad Addary
Padangsidempuan

lilisharahap909@gmail.com, rusnairahayu@uinsyahada.ac.id,
nurliahutasuhut481@gmail.com, muhammadraja2291@gmail.com,
neoazril68@gmail.com

Abstract

Computing has become the core of the modern intelligent systems that drive today's digital era, shaping the technological landscape we experience today. Behind these advancements, however, lies a structured process that utilizes expert knowledge stored in databases as the foundation for intelligent decision-making. This abstract explores the crucial role of intelligent systems in the modern era. It traces the evolution of intelligent system concepts, from their early development to the advanced theories that have laid the foundation for the development of modern intelligent computer systems. Furthermore, it examines how these concepts are implemented in modern programming languages and computer architectures. By understanding these fundamental principles, we can better appreciate the complexity and sophistication behind computing technologies in modern intelligent systems.

Keywords: computing, intelligent systems, computers

Abstrak

Komputasi dalam perkembangan sistem cerdas modern ini telah menjadi inti dari era digital saat ini, membentuk lanskap teknologi yang kita nikmati hari ini. Namun, dibalik kemajuan ini, Terdapat susunan dan proses dengan memanfaatkan pengetahuan para ahli yang tersimpan dalam basis data. Dalam abstrak ini, kami akan menjelajahi peran krusial sistem cerdas dalam era modern yang kita kenal saat ini. Kami melacak evolusi dari konsep sistem cerdas modern, hingga konsep-konsep lebih lanjut hingga membentuk landasan bagi pengembangan sistem cerdas modern dalam komputer. Kami juga menyelidiki bagaimana konsep-konsep ini diimplementasikan dalam bahasa pemrograman modern dan arsitektur komputer. Dengan memahami pondasi ini, kita dapat lebih menghargai kompleksitas dan keajaiban dibalik teknologi komputasi dalam sistem cerdas modern.

Kata kunci: komputasi, sistem cerdas, komputer

INTRODUCTION

Perkembangan teknologi komputasi modern telah mengubah cara manusia berpikir, bekerja, dan berinteraksi dalam berbagai aspek kehidupan. Di balik kemajuan sistem cerdas dan kecerdasan buatan yang kita kenal saat ini, terdapat dasar-dasar logika komputasi yang menjadi inti dalam proses pengambilan keputusan, penalaran (reasoning), dan optimasi. Logika komputasi tidak hanya menjadi komponen teknis, tetapi juga kerangka berpikir sistematis yang memungkinkan komputer meniru cara berpikir manusia secara rasional dan efisien.

Konsep logika komputasi berakar pada prinsip-prinsip matematika seperti logika Boolean, teori himpunan, dan aljabar, yang kemudian berkembang menjadi landasan algoritma dan struktur data dalam sistem cerdas. Evolusi konsep-konsep ini memungkinkan pengembangan teknologi yang mampu belajar, beradaptasi, dan memecahkan masalah kompleks secara otomatis. Dengan demikian, logika komputasi memainkan peran sentral dalam membentuk kecerdasan buatan modern yang digunakan pada berbagai bidang, mulai dari sistem rekomendasi, pengenalan pola, hingga optimasi industri.

Selain menjadi dasar bagi kecerdasan buatan, logika komputasi juga berperan penting dalam pendidikan dan penelitian, karena mengajarkan cara berpikir kritis, analitis, dan terstruktur. Kemampuan berpikir komputasional menjadi keterampilan utama abad ke-21 yang dibutuhkan untuk memahami dan mengelola kompleksitas dunia digital. Oleh karena itu, memahami logika komputasi sebagai inti dari sistem cerdas bukan hanya penting dari sisi teknologi, tetapi juga dari sisi pengembangan intelektual manusia.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini berfokus pada bagaimana logika komputasi berperan dalam perkembangan sistem cerdas modern, serta bagaimana prinsip-prinsip dasar matematika dan logika mendasari kemampuan sistem untuk berpikir dan mengambil keputusan secara mandiri.

Di tengah kemajuan tersebut, kebutuhan untuk menjelaskan bagaimana sebuah sistem sampai pada suatu keputusan semakin mengemuka. Model statistik dan jaringan saraf tiruan memang menunjukkan kinerja yang baik pada banyak tugas, tetapi proses internalnya sering kali sulit ditelusuri oleh pengguna maupun pengembang. Kondisi ini mendorong minat terhadap pendekatan berbasis logika yang menyajikan alur penalaran secara eksplisit, dapat diperiksa, dan dapat dipertanggungjawabkan. Logika komputasi menyediakan bahasa formal untuk merepresentasikan pengetahuan, menurunkan kesimpulan dari pengetahuan tersebut, serta memeriksa konsistensi suatu klaim secara sistematis.

Pembahasan mengenai logika komputasi cenderung tersebar pada kajian yang berdiri sendiri-sendiri. Logika fuzzy biasanya dibahas dalam konteks sistem pengendalian dan pendukung keputusan, logika deskriptif dalam konteks ontologi dan web semantik, sedangkan pembelajaran mesin simbolik dibahas dalam konteks pemrograman logika induktif. Akibatnya, hubungan antarpendekatan tersebut dan kontribusi bersamanya terhadap sistem cerdas modern kurang terlihat secara utuh, terutama bagi mahasiswa dan peneliti pemula yang baru mempelajari bidang ini. Kajian yang menyandingkan ketiganya dalam satu kerangka pembahasan diharapkan dapat mengisi celah tersebut.

Berdasarkan uraian di atas, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah (1) bagaimana perkembangan konsep logika komputasi sebagai dasar sistem cerdas modern, (2) pendekatan logika apa saja yang berperan dalam sistem cerdas berdasarkan literatur yang dikaji, dan (3) bagaimana perbedaan karakteristik, kelebihan, serta keterbatasan masing-masing pendekatan tersebut. Sejalan dengan rumusan masalah itu, penelitian ini bertujuan memetakan peran logika fuzzy, logika deskriptif, dan *inductive logic programming* (ILP) dalam sistem cerdas, sekaligus menyajikan sintesis yang dapat dijadikan rujukan awal.

Manfaat penelitian ini terbagi menjadi dua. Secara teoretis, artikel ini menyumbangkan ringkasan terstruktur mengenai landasan logika dalam sistem cerdas. Secara praktis, ringkasan tersebut dapat membantu pengembang dan pendidik dalam memilih pendekatan yang sesuai dengan karakter masalah, misalnya apakah masalah didominasi ketidakpastian data, kebutuhan representasi pengetahuan, atau kebutuhan akan model yang dapat dijelaskan.

Artikel ini disusun sebagai berikut. Bagian metode penelitian menjelaskan strategi pencarian, kriteria seleksi, tahapan PRISMA, serta cara ekstraksi dan sintesis data. Bagian hasil dan pembahasan memaparkan temuan dari artikel yang dikaji, landasan teoretis, ilustrasi penerapan, perbandingan antarpendekatan, implementasi, tantangan, implikasi pendidikan, dan arah pengembangan. Bagian simpulan merangkum temuan utama dan menyampaikan saran.

RESEARCH METHODS

Penelitian ini menggunakan metode penelitian *Systematic Literature Review* (SLR). SLR adalah sebuah metode penelitian yang tujuannya untuk mengidentifikasi, mengkaji dan menafsirkan berbagai artikel-artikel secara sistematis melalui langkah-langkah yang telah tersusun. Metode ini dipilih karena mampu memberikan gambaran menyeluruh terhadap perkembangan konsep dan implementasi sistem cerdas berbasis logika komputasi.

1. Strategi pencarian

Pencarian literatur review dilakukan melalui pencarian dari goole scholar dengan menggunakan kombinasi kata kunci:

- “logika komputasi”
- “sistem cerdas modern”
- “peran logika komputasi dalam perkembangan sistem cerdas modern”

Pencarian dibatasi pada artikel yang dipublikasikan antara tahun 2023-2025 untuk memastikan relevansi dan keterbaruan informasi yang didapatkan.

2. Kriteria Inklusi dan Eksklusi

Artikel yang dipilih harus memenuhi kriteria berikut:

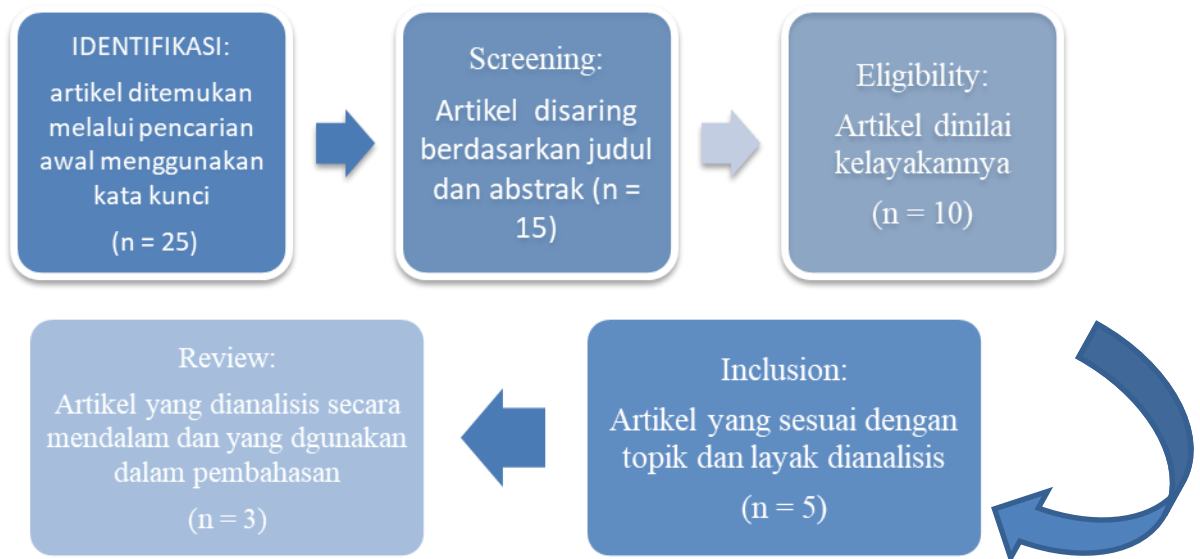
Kriteria Inklusi	Kriteria Eksklusi
------------------	-------------------

Artikel jurnal ilmiah	Artikel blog, opini, atau non ilmiah
Berbahasa indonesia atau inggris	Artikel berbahasa selain indonesia / inggris
Relevan dengan topik penelitian	Tidak membahas sistem cerdas atau logika
Tersedia dalam bentuk full - text	Hanya tersedia dalam bentuk abstrak

Tabel 1. Kriteria Inklusi dan Eksklusi

3. Tahapan Seleksi (PRISMA)

Proses seleksi artikel dilakukan berdasarkan tahapan PRISMA sebagai berikut:



Gambar 1. Diagram PRISMA

Tabel Pendukung Flowchart PRISMA

Tahapan Seleksi	Jumlah Artikel	Keterangan
Identifikasi	25	Artikel ditemukan melalui pencarian awal menggunakan kata kunci

screening	15	Artikel disaring berdasarkan judul dan abstrak
Eligibility	10	Artikel dinilai kelayakannya berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi
Inclusion	5	Artikel yang sesuai dengan topik dan layak untuk dianalisis
Review akhir	3	Artikel yang dianalisis secara mendalam dan digunakan dalam pembahasab

Tabel 2. Ringkasan Tahapan Seleksi Berdasarkan PRISMA

4. Ekstraksi dan Sintesis Data

Setiap artikel yang lolos seleksi dibaca secara penuh, kemudian informasi pentingnya dicatat menggunakan butir ekstraksi yang seragam agar perbandingan antarartikel dapat dilakukan secara konsisten. Butir ekstraksi yang digunakan diringkas pada Tabel 3.

Butir Ekstraksi	Deskripsi
Identitas artikel	Penulis, tahun terbit, dan jenis publikasi (jurnal, prosiding, atau tinjauan)
Jenis logika	Logika fuzzy, logika deskriptif, atau <i>inductive logic programming</i>
Masalah yang dikaji	Persoalan yang hendak diselesaikan dengan pendekatan logika tersebut
Domain aplikasi	Bidang penerapan, seperti pengendalian, pencarian cerdas, atau pembelajaran mesin
Temuan utama	Kontribusi atau kesimpulan pokok yang dilaporkan penulis artikel
Keterbatasan	Kelemahan atau batasan yang disebutkan atau dapat diidentifikasi dari artikel

Tabel 3. Butir Ekstraksi Data

Sintesis dilakukan secara naratif-tematik. Artikel dikelompokkan berdasarkan jenis logika yang dibahas, lalu temuan pada setiap kelompok dibandingkan untuk melihat kesamaan pola, perbedaan pendekatan, serta celah yang belum terjawab. Pendekatan naratif dipilih karena artikel yang dikaji memiliki desain dan ukuran keluaran yang beragam sehingga tidak memungkinkan penggabungan data secara kuantitatif.

5. Keterbatasan Metode

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan metodologis yang perlu dicatat. Pertama, pencarian hanya dilakukan melalui satu basis data sehingga ada kemungkinan artikel relevan pada basis data lain tidak terjangkau. Kedua, jumlah artikel yang dianalisis mendalam relatif sedikit, sehingga generalisasi temuan harus dilakukan dengan hati-hati. Ketiga, kualitas artikel dinilai berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi yang telah ditetapkan, bukan melalui instrumen penilaian kualitas tersendiri. Keterbatasan ini dibahas kembali pada bagian hasil dan pembahasan.

RESULTS AND DISCUSSION

Hasil analisis terhadap 3 artikel yang lolos seleksi PRISMA menunjukkan bahwa logika komputasi memiliki peran fundamental dalam membentuk sistem cerdas modern. Setiap pendekatan logika yang dikaji baik logika fuzzy, logika deklaratif, maupun logika induktif. Menyumbangkan pada aspek yang berbeda dalam pengembangan sistem yang mampu berpikir, beradaptasi, dan mengambil keputusan secara mandiri.

1. Logika Fuzzy dalam Sistem Adaptif

Setia dan Ramadan (2019) dalam jurnal sistem cerdas mengemukakan bahwa logika fuzzy merupakan pendekatan yang efektif dalam menangani ketidakpastian dan ambiguitas data. Dalam sistem pengendalian suhu, kendaraan otonom, dan sistem rekomendasi. Logika fuzzy memungkinkan pemrosesan input yang tidak pasti menjadi keputusan yang dapat diterima secara praktis. Pendekatan ini meningkatkan fleksibilitas sistem memperluas cakupan aplikasi teknologi cerdas dalam lingkungan yang dinamis.

Nurhasanah et al. (2025) memperkuat temuan tersebut melalui kajian sistematis yang menunjukkan bahwa integrasi logika fuzzy dalam sistem adaptif mampu meningkatkan responsivitas terhadap perubahan kondisi eksternal. Dalam konteks pembelajaran mesin, logika fuzzy digunakan untuk mengklasifikasikan data yang tidak memiliki batasan tegas, sehingga sistem dapat melakukan generalisasi dengan tingkat akurasi yang lebih tinggi.

2. Logika Deskriptif untuk Ontologi dan Web Semantik

Baader et al. (2003) dalam studi klasiknya menjelaskan bahwa logika deskriptif (description logic) merupakan kerangka formal yang digunakan dalam pemodelan ontologi untuk web semantik. Melalui struktur hierarkis dan relasi antar entitas, logika ini memungkinkan sistem untuk melakukan reasoning semantik, yaitu penalaran berbasis makna. Dalam sistem pencarian cerdas dan asisten virtual, logika deskriptif digunakan untuk memahami konteks dan menyimpulkan informasi yang tidak eksplisit.

Badron et al. (2017) dalam prosiding seminar teknologi informasi menunjukkan bahwa penerapan logika deskriptif dalam pengembangan ontologi lokal dapat meningkatkan interoperabilitas sistem informasi. Dengan representasi

pengetahuan yang terstruktur, sistem cerdas dapat mengintegrasikan data dari berbagai sumber dan menghasilkan keluaran yang relevan secara semantik.

3. Inductive Logic Programming dalam Pembelajaran Mesin

Zhang et al. (2021) mengkaji teknik Inductive Logic Programming (ILP) sebagai pendekatan simbolik dalam pembelajaran mesin yang menggabungkan logika predikat dengan proses induksi. ILP memungkinkan sistem untuk membentuk aturan logis berdasarkan contoh-contoh yang diberikan, sehingga model yang dihasilkan dapat dijelaskan secara semantik dan diuji secara formal. Pendekatan ini sangat berguna dalam domain yang membutuhkan transparansi seperti sistem hukum, medis, dan pendidikan.

Bais dan Machkour (2025) menunjukkan bahwa ILP dapat digunakan untuk mengotomatiskan fungsi antarmuka bahasa alami dalam sistem cerdas. Dengan memanfaatkan struktur logika predikat, sistem dapat memahami perintah pengguna dan merespon secara tepat tanpa perlu pelatihan berbasis data besar seperti pada pendekatan statistik.

4. Landasan Teoretis: dari Logika Proposisional ke Logika Predikat

Untuk memahami mengapa ketiga pendekatan di atas dapat dikategorikan sebagai logika komputasi, perlu ditinjau terlebih dahulu landasan teoretisnya. Logika proposisional bekerja dengan pernyataan yang hanya dapat bernilai benar atau salah, dan menggabungkannya dengan operator konjungsi (DAN), disjungsi (ATAU), negasi (TIDAK), serta implikasi (JIKA-MAKA). Sifat dua nilai inilah yang kemudian diadopsi oleh aljabar Boolean dan menjadi dasar rangkaian digital. Tabel 4 memperlihatkan tabel kebenaran untuk operator-operator dasar tersebut.

P	Q	$P \wedge Q$	$P \vee Q$	$\neg P$	$P \rightarrow Q$
B	B	B	B	S	B
B	S	S	B	S	S
S	B	S	B	B	B
S	S	S	S	B	B

Tabel 4. Tabel Kebenaran Operator Logika Dasar (B = Benar, S = Salah)

Logika proposisional memiliki keterbatasan karena tidak dapat menyatakan hubungan antarobjek atau pernyataan yang berlaku untuk banyak objek sekaligus. Keterbatasan ini diatasi oleh logika predikat yang memperkenalkan predikat, variabel, dan kuantor. Kuantor universal ($\forall$) menyatakan bahwa suatu sifat berlaku untuk semua anggota himpunan, sedangkan kuantor eksistensial ($\exists$) menyatakan bahwa terdapat setidaknya satu anggota yang memenuhi sifat tersebut. Contohnya, pernyataan $\forall x$ (Mahasiswa(x) $\wedge$ Terdaftar(x) $\rightarrow$ DapatMengikutiUjian(x)) mengungkapkan aturan umum yang dapat diterapkan pada setiap individu tanpa perlu menuliskan aturan satu per satu.

Dari kumpulan pernyataan yang dinyatakan dalam logika predikat, sistem dapat menurunkan kesimpulan baru melalui aturan inferensi. Salah satu yang paling

sederhana adalah modus ponens: apabila aturan “jika A maka B” benar dan A benar, maka B dapat disimpulkan. Pada tingkat yang lebih terotomatisasi, prosedur seperti resolusi memungkinkan komputer membuktikan suatu pernyataan secara mekanis. Kemampuan menurunkan kesimpulan yang jejaknya dapat ditelusuri inilah yang membedakan penalaran logis dari sekadar pengenalan pola statistik.

Ketiga pendekatan yang dikaji dapat dipandang sebagai perluasan dari fondasi tersebut. Logika fuzzy memperluas nilai kebenaran dari dua nilai menjadi rentang kontinu antara 0 dan 1. Logika deskriptif membatasi ekspresivitas logika predikat agar penalaran otomatis umumnya tetap dapat dilakukan secara terukur, sehingga cocok untuk ontologi. ILP membalik arah penalaran, yaitu dari contoh menuju aturan, bukan dari aturan menuju kesimpulan. Pembahasan filsafat logika dan ontologi dalam ilmu komputer (Yasin et al., 2018) relevan untuk menempatkan perkembangan ini dalam konteks yang lebih luas, sebab representasi pengetahuan pada dasarnya menyangkut pertanyaan tentang apa yang dianggap ada dan bagaimana hal itu dinyatakan secara formal.

5. Ilustrasi Penalaran Fuzzy pada Pengendalian Suhu

Sebagai ilustrasi bagaimana logika fuzzy memproses input yang tidak tegas, bayangkan sebuah kipas otomatis yang mengatur kecepatan putarnya berdasarkan suhu ruangan. Pada logika klasik, suhu 31 °C hanya dapat digolongkan “panas” atau “tidak panas” berdasarkan satu ambang batas. Pada logika fuzzy, suhu yang sama dapat memiliki derajat keanggotaan sebagian pada beberapa himpunan sekaligus. Misalkan himpunan dingin bernilai 1 pada suhu 20 °C ke bawah dan turun linear hingga 0 pada 28 °C; himpunan hangat naik dari 0 pada 22 °C hingga 1 pada 28 °C, lalu turun kembali ke 0 pada 34 °C; dan himpunan panas bernilai 0 pada 28 °C ke bawah lalu naik hingga 1 pada 36 °C. Derajat keanggotaan pada beberapa suhu ditunjukkan pada Tabel 5.

Suhu (°C)	μ dingin	μ hangat	μ panas
20	1,000	0,000	0,000
25	0,375	0,500	0,000
28	0,000	1,000	0,000
31	0,000	0,500	0,375
36	0,000	0,000	1,000

Tabel 5. Contoh Derajat Keanggotaan Fuzzy pada Beberapa Suhu (Ilustrasi)

Selanjutnya, sistem memakai aturan berbentuk JIKA-MAKA, misalnya JIKA suhu dingin MAKA kecepatan kipas lambat, JIKA suhu hangat MAKA kecepatan kipas sedang, dan JIKA suhu panas MAKA kecepatan kipas cepat. Masing-masing aturan aktif sesuai derajat keanggotaan inputnya. Apabila kecepatan lambat, sedang, dan cepat masing-masing diwakili nilai 20%, 50%, dan 100%, kecepatan akhir dapat dihitung dengan rata-rata terbobot. Pada suhu 31 °C, aturan hangat aktif dengan derajat 0,5 dan aturan panas aktif dengan derajat 0,375, sehingga kecepatan kipas adalah $(0,5 \times 50 + 0,375 \times 100) / (0,5 + 0,375) \approx 71,4\%$. Perubahan suhu yang kecil hanya menggeser kecepatan secara halus, bukan melompat tiba-tiba seperti pada sistem berbasis ambang tunggal.

Perlu ditegaskan bahwa angka pada contoh ini murni ilustrasi untuk menjelaskan mekanisme, bukan hasil pengukuran atau temuan dari artikel yang dikaji. Meskipun demikian, mekanisme yang sama menjelaskan mengapa logika fuzzy dinilai efektif untuk menangani ketidakpastian pada sistem pengendalian suhu, kendaraan otonom, dan sistem rekomendasi sebagaimana dilaporkan oleh Setia dan Ramadan (2019). Kemampuan ini juga sejalan dengan temuan Nurhasanah et al. (2025) mengenai responsivitas sistem adaptif terhadap perubahan kondisi eksternal.

6. Ilustrasi Pemodelan Ontologi dengan Logika Deskriptif

Logika deskriptif memodelkan dunia melalui tiga unsur utama, yaitu konsep (kelas objek), peran (hubungan antarobjek), dan individu (objek tertentu). Pengetahuan umum tentang domain disimpan dalam bagian terminologi (TBox), sedangkan fakta tentang individu tertentu disimpan dalam bagian pernyataan (ABox). Sebagai contoh, dalam ontologi perguruan tinggi dapat dinyatakan bahwa Dosen adalah Pegawai yang mengajar setidaknya satu MataKuliah, dan Mahasiswa adalah Orang yang terdaftar pada suatu ProgramStudi. Aksioma seperti ini ditulis secara formal sehingga dapat diproses oleh mesin penalaran.

Setelah TBox dan ABox terbentuk, mesin penalaran dapat menjalankan beberapa tugas standar. Pemeriksaan subsumsi menentukan apakah satu konsep merupakan turunan konsep lain. Pemeriksaan kepuasan (*satisfiability*) dan konsistensi mendeteksi definisi yang saling bertentangan. Pemeriksaan instans menentukan apakah suatu individu termasuk dalam konsep tertentu, walaupun fakta itu tidak dinyatakan secara eksplisit. Misalnya, jika ABox memuat fakta bahwa seseorang adalah Pegawai yang mengajar sebuah mata kuliah, dan Dosen didefinisikan secara ekuivalen dengan konsep tersebut, sistem dapat menyimpulkan bahwa orang itu adalah Dosen. Inilah bentuk penalaran berbasis makna yang dijelaskan Baader et al. (2003) sebagai dasar penggunaan ontologi untuk web semantik.

Pada tingkat penerapan, pendekatan ini membuat data dari sumber yang berbeda dapat dipetakan ke satu skema konseptual yang sama. Temuan Badron et al. (2017) tentang peningkatan interoperabilitas melalui ontologi lokal dapat dipahami dari mekanisme ini: dua sistem informasi yang memakai istilah berbeda untuk konsep yang sama dapat dihubungkan melalui aksioma ekuivalensi, sehingga pertukaran data tidak lagi bergantung pada kesamaan nama kolom atau format.

7. Ilustrasi Induksi Aturan pada ILP

ILP bekerja dengan tiga masukan: pengetahuan latar (*background knowledge*), contoh positif, dan contoh negatif. Keluarannya adalah hipotesis berupa aturan logika yang, bila digabungkan dengan pengetahuan latar, membenarkan seluruh contoh positif dan tidak membenarkan contoh negatif. Contoh klasik adalah pembelajaran konsep kakek-nenek dari relasi orang tua, sebagaimana ditunjukkan pada potongan program berikut.

```
% Pengetahuan latar
orangtua(budi, sari).
orangtua(sari, dewi).
orangtua(rina, adi).
```

```
% Contoh positif : kakek_nenek(budi, dewi)
% Contoh negatif : kakek_nenek(sari, dewi)

% Hipotesis hasil induksi
kakek_nenek(X, Z) :- orangtua(X, Y), orangtua(Y, Z).
```

Aturan hasil induksi di atas dapat dibaca langsung oleh manusia dan dapat diuji terhadap data baru, sehingga berbeda dengan model statistik yang pengetahuannya tersimpan dalam bobot numerik. Karakter inilah yang, menurut kajian Zhang et al. (2021), menjadikan ILP relevan bagi kecerdasan buatan yang dapat dijelaskan, terutama pada domain yang membutuhkan transparansi seperti hukum, medis, dan pendidikan. Pada penerapan antarmuka bahasa alami yang ditunjukkan Bais dan Machkour (2025), struktur predikat yang serupa dipakai untuk menerjemahkan perintah pengguna menjadi operasi yang tepat tanpa pelatihan berbasis data yang besar.

8. Analisis Perbandingan Ketiga Pendekatan

Setelah masing-masing pendekatan diilustrasikan, perbandingan sistematis diperlukan untuk memperjelas posisi ketiganya. Tabel 6 merangkum perbandingan tersebut berdasarkan sintesis pembahasan pada bagian sebelumnya.

Aspek	Logika Fuzzy	Logika Deskriptif	ILP
Fokus utama	Ketidakpastian dan ketidaktegasan data	Representasi pengetahuan dan penalaran semantik	Pembentukan aturan dari contoh
Bentuk pengetahuan	Himpunan fuzzy dan aturan JIKA-MAKA	Konsep, peran, dan individu (TBox dan ABox)	Klausula logika hasil induksi
Sifat penalaran	Aproksimatif, bernilai kontinu	Deduktif, berbasis makna	Induktif, dari contoh ke aturan
Kekuatan	Fleksibel dan halus pada lingkungan dinamis	Mendukung interoperabilitas dan inferensi implisit	Hasil dapat dijelaskan dan diuji secara formal
Keterbatasan	Fungsi keanggotaan dan aturan bergantung pada penilaian perancang	Menuntut pemodelan yang teliti dan pemeliharaan berkelanjutan	Sensitif terhadap data berderau dan ruang pencarian yang besar
Contoh domain	Pengendalian suhu, kendaraan otonom, rekomendasi	Pencarian cerdas, asisten virtual, integrasi data	Hukum, medis, pendidikan, antarmuka bahasa alami

Tabel 6. Perbandingan Tiga Pendekatan Logika Komputasi

Tabel 6 memperlihatkan bahwa ketiga pendekatan tidak saling menggantikan, melainkan saling melengkapi. Logika fuzzy unggul ketika masalahnya berupa data yang tidak tegas, logika deskriptif ketika masalahnya berupa pengetahuan terstruktur yang harus diintegrasikan, dan ILP ketika aturan harus dipelajari dari contoh dan dijelaskan kepada pengguna. Sistem cerdas yang kompleks pada praktiknya sering kali membutuhkan lebih dari satu pendekatan,

misalnya ontologi untuk menyusun pengetahuan domain dan logika fuzzy untuk mengambil keputusan atas data sensor yang berderau.

9. Implementasi pada Bahasa Pemrograman dan Arsitektur Komputer

Abstrak artikel ini menyebut bahwa konsep-konsep logika diimplementasikan dalam bahasa pemrograman dan arsitektur komputer modern. Pada tingkat perangkat keras, operator logika Boolean diwujudkan sebagai gerbang logika yang menyusun unit aritmetika dan logika (ALU), register, serta unit kendali pada prosesor. Setiap keputusan percabangan yang dijalankan program pada akhirnya diterjemahkan menjadi rangkaian yang mengevaluasi kondisi benar atau salah. Dengan demikian, logika komputasi hadir pada seluruh lapisan sistem cerdas, dari transistor hingga aplikasi.

Pada tingkat bahasa pemrograman, terdapat paradigma yang menempatkan logika sebagai inti, yaitu pemrograman logika seperti Prolog. Program ditulis sebagai kumpulan fakta dan aturan, sedangkan eksekusi dilakukan oleh mesin inferensi yang mencari pembuktian atas pertanyaan pengguna. Potongan kode pada bagian ILP sebelumnya sekaligus merupakan program Prolog yang dapat dijalankan. Bahasa kueri deklaratif seperti SQL juga berakar pada logika relasional, karena pengguna menyatakan kondisi yang harus dipenuhi data, bukan langkah-langkah pencariannya.

Logika fuzzy pada umumnya diimplementasikan pada bahasa pemrograman umum karena perhitungannya berupa fungsi numerik sederhana. Potongan berikut menunjukkan fungsi keanggotaan segitiga dan perhitungan kecepatan kipas dari contoh sebelumnya dalam bahasa Python.

```
def segitiga(x, a, b, c):
    if x <= a or x >= c:
        return 0.0
    if x <= b:
        return (x - a) / (b - a)
    return (c - x) / (c - b)

def kecepatan_kipas(suhu):
    dingin = max(0.0, min(1.0, (28 - suhu) / 8))
    hangat = segitiga(suhu, 22, 28, 34)
    panas = max(0.0, min(1.0, (suhu - 28) / 8))
    bobot = dingin + hangat + panas
    return (dingin * 20 + hangat * 50 + panas * 100) / bobot
```

Pada tingkat arsitektur sistem, sistem berbasis pengetahuan lazim tersusun atas basis pengetahuan, mesin inferensi, dan antarmuka pengguna. Basis pengetahuan menyimpan fakta dan aturan yang bersumber dari pakar, mesin inferensi menerapkan logika untuk menurunkan kesimpulan, dan antarmuka menyampaikan hasil beserta penjelasannya kepada pengguna. Susunan ini sejalan dengan gagasan pada abstrak bahwa sistem cerdas memanfaatkan pengetahuan pakar yang tersimpan dalam basis data sebagai fondasi pengambilan keputusan. Ontologi berperan sebagai skema basis pengetahuan, logika fuzzy sebagai

mekanisme inferensi untuk data tidak pasti, dan ILP sebagai sarana memperbarui aturan dari contoh baru.

10. Tantangan dan Keterbatasan

Meskipun menawarkan transparansi dan ketertelusuran, pendekatan berbasis logika menghadapi sejumlah tantangan. Tantangan pertama adalah akuisisi pengetahuan. Aturan dan ontologi umumnya disusun dengan bantuan pakar, sehingga prosesnya memakan waktu dan bergantung pada ketersediaan serta kesepakatan para pakar. Pada logika fuzzy, penentuan bentuk dan parameter fungsi keanggotaan juga bersifat subjektif dan memengaruhi hasil akhir, sehingga perlu divalidasi atau disetel menggunakan data.

Tantangan kedua adalah skalabilitas dan kompleksitas komputasi. Penalaran pada ontologi yang besar dan pencarian hipotesis pada ILP dapat menjadi mahal secara komputasi ketika jumlah aturan, konsep, atau contoh bertambah. Tantangan ketiga adalah ketahanan terhadap data yang tidak sempurna. ILP klasik cenderung sensitif terhadap contoh yang keliru atau berderau, sedangkan ontologi menuntut konsistensi sehingga satu pernyataan yang bertentangan dapat membuat seluruh basis pengetahuan menjadi tidak konsisten.

Tantangan keempat adalah pemeliharaan. Ontologi dan aturan perlu diperbarui seiring perubahan domain, dan pembaruan yang tidak terkelola dapat menimbulkan pertentangan antaraturan. Selain itu, integrasi dengan sistem berbasis data besar memerlukan jembatan antara representasi simbolik dan representasi numerik.

Dari sisi penelitian ini sendiri, terdapat keterbatasan yang perlu diakui. Jumlah artikel yang dianalisis mendalam hanya tiga, pencarian bertumpu pada satu basis data, dan sebagian rujukan pendukung yang dibahas berasal dari luar rentang tahun pencarian, sehingga temuan sebaiknya dibaca sebagai gambaran awal, bukan kesimpulan yang dapat digeneralisasi secara luas.

11. Implikasi bagi Pendidikan Teknologi Informasi

Logika komputasi tidak hanya relevan bagi pengembangan sistem, tetapi juga bagi pembelajaran. Pada program studi teknologi informasi, materi seperti logika informatika, matematika diskrit, basis data, dan kecerdasan buatan sesungguhnya saling terhubung melalui fondasi logika yang sama. Mahasiswa yang memahami tabel kebenaran, kuantor, dan aturan inferensi akan lebih mudah memahami mengapa sebuah kueri basis data menghasilkan baris tertentu, bagaimana mesin inferensi menarik kesimpulan, dan mengapa sebuah aturan perlu diuji sebelum digunakan.

Berpikir komputasional, yang mencakup dekomposisi masalah, pengenalan pola, abstraksi, dan perancangan algoritma, terlatih secara alami ketika mahasiswa memodelkan masalah dalam bentuk logika. Pembelajaran berbasis proyek dapat dimanfaatkan, misalnya dengan meminta mahasiswa membangun sistem pakar sederhana, memodelkan ontologi program studi, atau menyetel fungsi keanggotaan fuzzy untuk perangkat pengendali. Kegiatan semacam ini menghubungkan teori dengan praktik dan menumbuhkan kebiasaan mempertanyakan alasan di balik sebuah keputusan sistem.

Bagi pendidik, ketiga pendekatan pada artikel ini dapat menjadi urutan belajar yang bertahap. Mahasiswa dapat memulai dari logika proposisional dan predikat, dilanjutkan ke logika fuzzy sebagai contoh penanganan ketidakpastian, kemudian ke ontologi sebagai contoh representasi pengetahuan, dan diakhiri dengan ILP sebagai contoh pembelajaran aturan. Urutan ini menunjukkan bahwa kecerdasan buatan bukan kotak hitam, melainkan bangunan konsep yang dapat dipelajari selangkah demi selangkah.

12. Arah Pengembangan ke Depan

Ke depan, salah satu arah yang menjanjikan adalah integrasi antara pendekatan simbolik dan pendekatan berbasis data, yang sering disebut kecerdasan buatan neuro-simbolik. Gagasan dasarnya adalah menggabungkan kemampuan jaringan saraf dalam menangkap pola dari data besar dengan kemampuan logika dalam menyajikan penalaran yang eksplisit. Dalam kerangka ini, ILP dapat dipakai untuk mengekstraksi aturan yang dapat dijelaskan, ontologi untuk memberi konteks semantik, dan logika fuzzy untuk mengelola ketidakpastian keluaran.

Arah lain adalah penelitian empiris yang membandingkan ketiga pendekatan pada masalah yang sama dengan ukuran evaluasi yang seragam, misalnya akurasi, waktu komputasi, dan tingkat keterjelasan. Kajian pustaka yang lebih luas, dengan basis data lebih banyak dan instrumen penilaian kualitas yang baku, juga diperlukan agar peta peran logika komputasi dalam sistem cerdas semakin lengkap. Terakhir, pengembangan perangkat pendukung berbahasa Indonesia, seperti ontologi domain lokal dan bahan ajar, akan membantu adopsi pendekatan ini di lingkungan pendidikan dan industri dalam negeri.

CONCLUSION

Berdasarkan hasil kajian literatur yang dapat dilakukan melalui metode systematic literature review (SLR), dapat disimpulkan bahwa logika komputasi memiliki peran sentral dalam perkembangan sistem cerdas modern. Pendekatan logika fuzzy memberikan kemampuan adaptif terhadap data yang bersifat tidak pasti, memungkinkan sistem untuk mengambil keputusan secara fleksibel dalam lingkungan yang dinamis. Sementara itu, logika deskriptif berperan dalam pemodelan ontologi dan reasoning semantik, yang menjadi dasar bagi sistem pencarian cerdas dan pengolahan informasi berbasis makna. Di sisi lain, pendekatan inductive logic programming (ILP) memungkinkan pembentukan aturan logis melalui proses induksi, sehingga sistem dapat belajar dan menghasilkan model dapat dijelaskan secara formal.

Ketiga pendekatan tersebut menunjukkan bahwa logika komputasi bukan hanya sebagai alat teknis, melainkan sebagai kerangka berpikir yang mendasari kemampuan sistem untuk memahami, menyimpulkan, dan merespon informasi secara mandiri. Dalam konteks sistem cerdas, logika komputasi berkontribusi terhadap peningkatan efisiensi, akurasi, dan transparansi dalam pengambilan keputusan, serta memperluas cakupan aplikasi teknologi dalam berbagai bidang.

Berdasarkan pembahasan tambahan mengenai landasan teoretis, ilustrasi penerapan, dan perbandingan, dapat ditegaskan bahwa logika fuzzy, logika deskriptif, dan ILP bersifat saling melengkapi. Pemilihan pendekatan sebaiknya

disesuaikan dengan karakter masalah, yaitu ketidakpastian data, kebutuhan integrasi pengetahuan terstruktur, atau kebutuhan akan aturan yang dapat dijelaskan.

Penelitian ini memiliki keterbatasan berupa jumlah artikel yang dianalisis mendalam yang masih sedikit dan pencarian yang bertumpu pada satu basis data. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan memperluas basis data pencarian, menerapkan instrumen penilaian kualitas artikel, serta menguji secara empiris integrasi ketiga pendekatan pada kasus nyata, termasuk dalam kerangka kecerdasan buatan neuro-simbolik dan pembelajaran di perguruan tinggi.

REFERENSI

- Baader, Horrocks, Sattler (2003) — Description Logics as Ontology Languages for the Semantic Web
https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-540-32254-2_14
- Nurhasanah & Ramadhani (2025) — Integrasi Logika Fuzzy dengan Teknologi Cerdas
<https://ejurnal.itenas.ac.id/index.php/mindjournal/article/view/12574>
- Setia & Ramadan (2019) — Penerapan Logika Fuzzy pada Sistem Cerdas
<https://apic.id/jurnal/index.php/jsc/article/download/18/21>
- Bais & Machkour (2025) — Applying ILP to automate the function of an intelligent NL interface
https://www.researchgate.net/publication/385457102_Applying_inductive_logic_programming_to_automate_the_function_of_an_intelligent_natural_language_interfaces_for_databases
- Zhang, Yilmaz, Liu (2021) — A Critical Review of ILP Techniques for Explainable AI
<https://arxiv.org/abs/2112.15319>
- Yasin, Zarlis, Nasution (2018) — Filsafat Logika dan Ontologi Ilmu Komputer
<https://journal.stmikjayakarta.ac.id/index.php/jisamar/article/view/39>