

**PENGUNAAN LOGIKA PROPOSISIONAL DALAM ANALISIS MAKNA KALIMAT: KAJIAN INTERDISIPLINER MATEMATIKA DAN LINGUISTIK**

*The Use of Propositional Logic in Sentence Meaning Analysis: An Interdisciplinary Study of Mathematics and Linguistics*

**I Made Dharma Atmaja, Ni Wayan Eminda Sari**

Universitas Mahasaraswati Denpasar, Jl. Kamboja No. 11A, Denpasar, Bali  
 Pos-el: dharma.atmaja07@unmas.ac.id, emindasari@unmas.ac.id

**Abstrak**

Analisis makna kalimat dalam bahasa alami merupakan tantangan signifikan mengingat sifatnya yang seringkali ambigu dan kompleks. Penelitian ini mengkaji permasalahan tersebut dengan memperkenalkan potensi logika proposisional sebagai alat analisis formal, serta menyoroti kebutuhan akan pendekatan interdisipliner yang mengintegrasikan matematika dan linguistik. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengkaji secara mendalam aplikasi logika proposisional dalam analisis makna kalimat, mengeksplorasi hubungan interdisipliner antara kedua bidang ilmu tersebut, serta mengidentifikasi keunggulan dan keterbatasan pendekatan ini. Metode penelitian yang digunakan adalah studi pustaka kualitatif-analitis, dengan mengkaji literatur primer dan sekunder dari bidang logika, linguistik, dan filsafat bahasa melalui teknik pengumpulan data dokumentasi kepustakaan dan teknik analisis data menggunakan analisis isi deskriptif-kritis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa logika proposisional mampu merepresentasikan struktur logis kalimat dan menganalisis kondisi kebenaran secara formal. Keunggulan utamanya terletak pada presisi dan formalitas yang ditawarkan, namun terdapat keterbatasan dalam menangani aspek kuantifikasi, modalitas, dan pragmatik bahasa alami. Sinergi antara matematika dan linguistik, khususnya melalui semantik formal dan linguistik matematika, terbukti memberikan kontribusi penting dalam memperkaya analisis makna kalimat secara lebih komprehensif dan mendalam.

**Kata-kata kunci:** analisis makna, interdisipliner, linguistik matematika, logika proposisional.

**Abstract**

Analyzing the meaning of sentences in natural language presents a significant challenge due to its often ambiguous and complex nature. This research addresses this issue by introducing the potential of propositional logic as a formal analytical tool, highlighting the need for an interdisciplinary approach that integrates mathematics and linguistics. The aim of this article is to thoroughly examine the application of propositional logic in sentence meaning analysis, explore the interdisciplinary relationship between these two fields, and identify the strengths and limitations of this approach. The research method employed is a qualitative-analytical literature study, reviewing primary and secondary literature from the fields of logic, linguistics, and philosophy of language through literature documentation for data collection and descriptive-critical content analysis for data analysis. The results indicate that propositional logic can represent the logical structure of sentences and formally analyze truth conditions. Its main advantages lie in the precision and formality it offers, yet limitations exist in handling aspects of quantification, modality, and pragmatics of natural language. The synergy between mathematics and linguistics, particularly through formal semantics and mathematical linguistics, proves to make a significant contribution to enriching sentence meaning analysis in a more comprehensive and profound manner.

**Keywords:** propositional logic, meaning analysis, mathematical linguistics, interdisciplinary.

**Informasi Artikel**

Naskah Diterima 27 Januari 2026	Naskah Direvisi akhir 4 Mei 2026	Naskah Diterbitkan 13 Juni 2026
------------------------------------	-------------------------------------	------------------------------------

**Cara Mengutip**

Atmaja, I. M. D., & Sari, N. W. E. (2026). Penggunaan Logika Proposisional dalam Analisis Makna Kalimat: Kajian Interdisipliner Matematika dan Linguistik. *Aksara*, 38(1), 24–38. doi: <http://dx.doi.org/10.29255/aksara.v38i1.4791.24-38>

## PENDAHULUAN

Bahasa alami, sebagai medium utama komunikasi manusia, memiliki kekayaan ekspresi yang luar biasa. Namun, kekayaan ini seringkali diiringi dengan kompleksitas dan potensi ambiguitas makna. Ambiguitas, baik pada level leksikal maupun struktural, dapat mengarah pada kesalahpahaman dan interpretasi yang beragam, sehingga analisis makna kalimat menjadi sebuah upaya yang menantang (Fortuny, 2024). Pentingnya analisis makna yang akurat dan sistematis tidak hanya relevan dalam kajian linguistik teoretis (Tsujii, 2021), tetapi juga merambah ke berbagai bidang terapan seperti pemrosesan bahasa alami (*Natural Language Processing/NLP*), pengembangan kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence/AI*), dan tentu saja, dalam memastikan efektivitas komunikasi ilmiah dan sehari-hari. Seiring dengan meningkatnya volume dan kompleksitas informasi dalam era digital, kebutuhan akan metode analisis makna yang lebih rigor dan formal menjadi semakin mendesak.

Logika, sebagai disiplin ilmu yang mempelajari prinsip-prinsip penalaran yang benar dan valid (Hassan, 2016), menawarkan kerangka kerja formal yang dapat digunakan untuk menganalisis struktur dan kebenaran suatu pernyataan atau proposisi. Logika proposisional, sebagai salah satu cabang fundamental dalam logika, secara khusus berfokus pada bagaimana proposisi-proposisi sederhana dapat digabungkan menggunakan operator logika untuk membentuk proposisi majemuk, dan bagaimana nilai kebenaran dari proposisi majemuk tersebut ditentukan oleh nilai kebenaran komponen-komponennya. Dengan demikian, logika proposisional memiliki potensi untuk diterapkan dalam analisis makna kalimat, terutama dalam mengurai struktur logis yang mendasari kalimat-kalimat dalam bahasa alami. Logika berbahasa, pada dasarnya, berhubungan erat dengan penentuan kebenaran kalimat.

Pendekatan interdisipliner yang mengintegrasikan matematika (melalui logika formal) dan linguistik (melalui teori semantik) menjanjikan pemahaman makna yang lebih komprehensif dan mendalam (Quigley, 2025). Bidang-bidang seperti linguistik matematika dan filsafat bahasa secara eksplisit mengeksplorasi titik temu antara kedua disiplin ini, menawarkan alat dan konsep untuk memodelkan aspek-aspek bahasa secara formal. Kajian ini bertujuan untuk mengeksplorasi bagaimana logika proposisional, sebagai sistem dasar dalam logika formal, dapat memberikan kontribusi signifikan terhadap upaya mencapai rigorositas dalam analisis makna kalimat, khususnya dalam konteks bahasa Indonesia.

Dalam rangka memahami bagaimana logika proposisional dapat digunakan dalam analisis makna kalimat, perlu dipahami terlebih dahulu konsep-konsep dasar dari kedua bidang yang terlibat: logika proposisional dan semantik linguistik. Logika proposisional, yang akarnya dapat ditelusuri hingga pemikiran Aristoteles dan kaum Stoa adalah cabang logika yang mempelajari proposisi (pernyataan yang dapat bernilai benar atau salah) dan bagaimana proposisi-proposisi tersebut dapat digabungkan menggunakan operator logika (Lenzen et al., 2022). Elemen-elemen dasar dalam logika proposisional meliputi proposisi atomik (yang dilambangkan dengan variabel proposisional seperti  $p, q, r$ ), operator logika seperti negasi ( $\neg$ ), konjungsi ( $\wedge$ ), disjungsi ( $\vee$ ), implikasi ( $\rightarrow$ ), dan bi-implikasi ( $\leftrightarrow$ ), serta tabel kebenaran yang digunakan untuk menentukan nilai kebenaran proposisi majemuk berdasarkan nilai kebenaran proposisi atomiknya. Selain itu, terdapat pula hukum-hukum logika (misalnya, Hukum De Morgan, Hukum Distributif) yang mengatur ekuivalensi logis antar proposisi.

Di sisi lain, semantik linguistik adalah cabang linguistik yang secara khusus mengkaji makna bahasa (Aji et al., 2021). Makna dapat diklasifikasikan ke dalam berbagai jenis, seperti makna leksikal (makna kata), makna gramatikal (makna yang timbul dari proses tata bahasa), makna denotatif (makna harfiah atau referensial), dan makna konotatif (makna tambahan yang bersifat asosiatif atau emotif) (Hogeweg & Vicente, 2020). Salah satu konsep sentral dalam semantik modern adalah semantik kondisi kebenaran (*truth-conditional semantics*), yang menyatakan bahwa memahami makna sebuah kalimat berarti mengetahui kondisi-kondisi di

mana kalimat tersebut bernilai benar (Orlando & Saab, 2020; Dumitru, 2025). Penting juga untuk membedakan antara semantik (studi makna yang terlepas dari konteks) dan pragmatik (studi makna dalam konteks penggunaan bahasa).

Sejarah perkembangan logika dan linguistik menunjukkan adanya periode di mana kedua disiplin ini berjalan relatif terpisah (Duffley, 2021). Namun, munculnya semantik formal, yang dipelopori oleh filsuf dan logikawan seperti Richard Montague menandai titik konvergensi penting. Semantik formal secara eksplisit menggunakan alat-alat dari logika formal (termasuk logika proposisional dan logika predikat) untuk menganalisis makna dalam bahasa alami (Singh & Pawar, 2021). Meskipun kerangka semantik formal telah mapan secara teoretis, implementasi praktisnya yang secara spesifik mengeksplorasi kapasitas logika proposisional dasar untuk menganalisis ragam kalimat bahasa Indonesia masih sangat terbatas. Kajian-kajian sebelumnya cenderung berfokus pada bahasa Inggris atau langsung beralih mengaplikasikan sistem logika yang lebih kompleks seperti logika predikat dan intensional. Hal ini menyisakan kesenjangan penelitian (*research gap*) mengenai sejauh mana logika proposisional dasar mampu dan memadai dalam memodelkan makna kondisi-kebenaran pada struktur sintaksis bahasa Indonesia, sebelum beralih pada alat analisis yang lebih lanjut.

Pendekatan penelitian ini berasumsi bahwa bahasa alami dapat dianalisis dengan pola matematis, seperti halnya bahasa formal. Terdapat beberapa penelitian relevan sebelumnya yang mengkaji interaksi logika dan bahasa. Khoo & Mandelkern (2018) meneliti strategi logis dan linguistik dalam penerjemahan kalimat kompleks, namun fokusnya berada pada teks sastra bahasa alami secara umum. Bilanová et al., (2020) melakukan analisis logika terhadap bahasa alami, namun pendekatannya menggunakan logika predikat linear yang lebih kompleks daripada logika proposisional dasar. Di Indonesia, Kusmanto & Pulungan (2023) meneliti kebermaknaan ekspresi linguistik melalui teori makna kondisi-kebenaran, tetapi belum mendemonstrasikan pemetaan spesifik ke dalam formula logika proposisional. Oleh karena itu, kebaruan penelitian ini terletak pada fokusnya yang secara spesifik menjembatani kesenjangan tersebut melalui demonstrasi praktis translasi ragam kalimat bahasa Indonesia ke dalam notasi logika proposisional dasar, serta mengevaluasi secara kritis keunggulan dan keterbatasannya dalam ranah linguistik matematika. Penelitian ini berfokus pada penggunaan logika proposisional sebagai alat analisis makna, dengan penekanan pada pemetaan konsep-konsep logika ke dalam analisis semantik dan evaluasi terhadap kecukupan pendekatan ini untuk menangkap nuansa makna bahasa alami.

Urgensi penelitian ini terletak pada pentingnya pemahaman presisi makna dalam komunikasi, terutama di era informasi yang memerlukan analisis logis dan sistematis. Penelitian ini bertujuan untuk memperkaya pemahaman tentang interaksi antara logika dan bahasa dalam konteks semantik bahasa Indonesia, serta relevansinya dalam pengembangan teknologi bahasa. Hasil penelitian diharapkan dapat meningkatkan integrasi materi ajar logika dan linguistik, memberikan wawasan bagi peneliti di bidang Pemrosesan Bahasa Alami (NLP), dan meningkatkan kesadaran masyarakat akan pentingnya kelogisan dalam komunikasi yang efektif.

## **METODE**

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan jenis penelitian studi pustaka (*literature review*) yang bersifat analitis-deskriptif. Pendekatan kualitatif dipilih karena tujuan penelitian adalah untuk memahami fenomena penggunaan logika proposisional dalam analisis makna kalimat secara mendalam, dengan fokus pada eksplorasi konsep, interpretasi, dan evaluasi kritis, bukan pada pengukuran numerik. Sifat analitis dari penelitian ini ditekankan pada pembedahan konsep-konsep logika dan semantik, evaluasi terhadap aplikasi logika proposisional, termasuk analisis keunggulan dan keterbatasannya dalam konteks linguistik.

Sementara itu, sifat deskriptif diwujudkan melalui pemaparan yang sistematis mengenai konsep-konsep dasar, proses aplikasi logika proposisional, dan temuan-temuan dari literatur yang relevan. Penelitian ini melakukan pengumpulan data primer tidak melalui survei atau eksperimen, melainkan berfokus pada analisis mendalam terhadap sumber-sumber kepustakaan yang ada.

Sifat interdisipliner dari topik yang dikaji secara inheren membentuk metodologi penelitian ini. Studi pustaka yang dilakukan tidak hanya mengumpulkan dan merangkum informasi dari satu disiplin ilmu, tetapi secara aktif berupaya mensintesis, membandingkan, dan mengintegrasikan konsep-konsep dari matematika (khususnya logika formal) dan linguistik (khususnya semantik). Ini memerlukan pengembangan kerangka interpretatif yang mampu menjembatani terminologi dan paradigma dari kedua bidang tersebut, sehingga menghasilkan pemahaman yang koheren dan komprehensif mengenai subjek penelitian.

Sumber data yang digunakan dalam penelitian ini adalah literatur primer dan sekunder yang relevan dengan topik penggunaan logika proposisional dalam analisis makna kalimat, serta kajian interdisipliner matematika dan linguistik. Pemilihan literatur dilakukan secara purposif berdasarkan kriteria inklusi yang ketat: (1) literatur harus diterbitkan dalam rentang waktu terbarukan untuk menjamin aktualitas teoretis, (2) ditulis dalam bahasa Indonesia atau bahasa Inggris dan terindeks pada basis data akademik bereputasi (seperti Scopus, Web of Science, DOAJ, atau SINTA), serta (3) secara spesifik memuat kajian mengenai logika formal, semantik kebenaran-kondisional (*truth-conditional semantics*), atau linguistik matematika. Pengumpulan data dilakukan dengan teknik dokumentasi melalui ekstraksi informasi dari literatur yang memenuhi kriteria tersebut. Selanjutnya, analisis data tidak sekadar menggunakan siklus refleksi konseptual secara umum, melainkan dioperasionalkan melalui tahapan analisis isi deskriptif-kritis (*descriptive-critical content analysis*). Tahapan ini diawali dengan proses *coding* (pengkodean), yakni mengidentifikasi dan memberi label pada segmen-segmen teks literatur yang membahas aturan translasi, evaluasi nilai kebenaran, serta keunggulan maupun kelemahan logika proposisional. Kode-kode tersebut kemudian masuk pada tahap kategorisasi, di mana data diklasifikasikan secara sistematis ke dalam tiga domain utama: representasi struktural, aplikasi analitis, dan batasan pragmatik-interdisipliner. Siklus refleksi dilakukan secara konkret pada tahap interpretasi silang-data; apabila pada proses kategorisasi ditemukan ketidakkonsistenan konsep antar-literatur (misalnya perdebatan mengenai reduksi ambiguitas leksikal melalui logika dasar), peneliti melakukan penelusuran pustaka sekunder tambahan dan mengevaluasi kembali parameter kode awal hingga mencapai saturasi data. Tahap terakhir adalah penarikan simpulan yang mensintesis pemetaan konseptual tersebut guna menjawab rumusan pertanyaan penelitian.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Fondasi Logika Proposisional untuk Analisis Makna**

Landasan teoretis yang kokoh dari logika proposisional menjadi prasyarat untuk memahami aplikasinya dalam menganalisis makna kalimat (Bolibekova et al., 2022). Konsep-konsep inti dalam logika proposisional tidak hanya relevan dari sudut pandang matematis, tetapi juga memiliki implikasi langsung ketika diterapkan pada domain linguistik, khususnya semantik (Jaszczolt, 2021).

### ***Proposisi, Operator Logika, dan Nilai Kebenaran dalam Konteks Linguistik***

Dalam logika, proposisi adalah unit dasar berupa pernyataan deklaratif yang memiliki nilai kebenaran pasti, yaitu benar (*true*) atau salah (*false*), tanpa keduanya secara bersamaan (Baratgin et al., 2018). Dalam linguistik, proposisi sering dipadankan dengan makna inti dari kalimat deklaratif. Misalnya, kalimat "Matahari bersinar" mewakili proposisi yang nilai

kebenarannya dapat diverifikasi melalui observasi cuaca, sedangkan "Jakarta adalah ibu kota Indonesia" adalah proposisi yang bernilai benar berdasarkan fakta. Konsep proposisi penting karena menjembatani bahasa alami yang sering ambigu dengan logika formal yang memerlukan presisi. Dengan memandang makna kalimat sebagai proposisi, kita dapat menerapkan analisis logis pada unit linguistik tersebut. Untuk membentuk proposisi yang lebih kompleks, logika proposisional menggunakan operator atau penghubung proposisional. Operator-operator utama meliputi:

1. Negasi ( $\neg$ , TIDAK): Operator uner yang membalikkan nilai kebenaran suatu proposisi. Jika proposisi  $p$  ("Hujan turun") benar, maka  $\neg p$  ("Tidak benar bahwa hujan turun" atau "Hujan tidak turun") bernilai salah, dan sebaliknya.
2. Konjungsi ( $\wedge$ , DAN): Operator biner yang menghasilkan nilai benar jika dan hanya jika kedua proposisi yang dihubungkannya (konjung) bernilai benar. Kalimat "Budi belajar giat  $\wedge$  Budi lulus ujian" hanya benar jika kedua klausa penyusunnya benar.
3. Disjungsi ( $\vee$ , ATAU inklusif): Operator biner yang menghasilkan nilai benar jika setidaknya salah satu dari proposisi yang dihubungkannya (disjung) bernilai benar. Kalimat "Mahasiswa itu mengambil mata kuliah Kalkulus  $\vee$  mahasiswa itu mengambil mata kuliah Aljabar Linear" bernilai benar jika mahasiswa tersebut mengambil salah satu, atau kedua mata kuliah tersebut. Terdapat juga disjungsi eksklusif ( $\oplus$ , ATAU eksklusif) yang berarti " $p$  atau  $q$  tetapi tidak keduanya," misalnya "Hadiahnya adalah perjalanan ke Bali  $\oplus$  hadiahnya adalah uang tunai Rp 5.000.000".
4. Implikasi ( $\rightarrow$ , JIKA...MAKA): Operator biner yang menyatakan hubungan kondisional. Proposisi  $p \rightarrow q$  ("Jika  $p$  maka  $q$ ") hanya bernilai salah jika anteseden ( $p$ ) benar dan konsekuen ( $q$ ) salah. Dalam semua kasus lain, implikasi bernilai benar. Perlu dicatat bahwa implikasi material dalam logika seringkali berbeda dengan penggunaan "jika...maka" dalam bahasa alami yang bisa menyiratkan kausalitas atau relevansi, sementara implikasi material murni bersifat truth-functional.
5. Bi-implikasi atau Ekuivalensi ( $\leftrightarrow$ , JIKA DAN HANYA JIKA): Operator biner yang menghasilkan nilai benar jika dan hanya jika kedua proposisi yang dihubungkannya memiliki nilai kebenaran yang sama (keduanya benar atau keduanya salah).

Konsep sentral lainnya adalah nilai kebenaran (*truth value*). Dalam logika proposisional klasik, setiap proposisi diasumsikan memiliki salah satu dari dua nilai kebenaran: Benar (sering disimbolkan dengan T atau 1) atau Salah (F atau 0). Nilai kebenaran inilah yang menjadi dasar bagi semantik logika proposisional, di mana makna sebuah pernyataan (setidaknya makna *truth-conditional*-nya) dikaitkan dengan kondisi-kondisi yang membuatnya benar atau salah (Kusmanto & Pulungan, 2023).

### ***Tabel Kebenaran sebagai Instrumen Analisis Makna Kalimat***

Tabel kebenaran adalah alat penting dalam logika proposisional yang secara sistematis menampilkan semua kemungkinan kombinasi nilai kebenaran dari proposisi atomik dalam suatu proposisi majemuk beserta nilai kebenarannya. Jika sebuah proposisi majemuk terdiri dari  $n$  proposisi atomik, tabel kebenarannya akan memiliki  $2^n$  baris, mencakup semua skenario nilai kebenaran. Tabel kebenaran digunakan untuk menganalisis makna kondisi kebenaran (*truth-conditional meaning*) kalimat, memungkinkan kita menentukan kondisi di mana kalimat tersebut bernilai benar atau salah. Memahami kondisi kebenaran ini adalah inti dari pemahaman makna kalimat menurut pandangan semantik *truth-conditional* (Quelhas, 2017). Tabel kebenaran juga memungkinkan kita untuk mengklasifikasikan proposisi majemuk menjadi:

1. Tautologi: Sebuah proposisi majemuk yang selalu bernilai benar, tidak peduli apapun nilai kebenaran dari proposisi-proposisi atomiknya. Contoh klasik adalah  $p \vee \neg p$  ("Hari ini hujan atau hari ini tidak hujan").
2. Kontradiksi: Sebuah proposisi majemuk yang selalu bernilai salah, tidak peduli apapun nilai kebenaran dari proposisi-proposisi atomiknya. Contohnya adalah  $p \wedge \neg p$  ("Hari ini hujan dan hari ini tidak hujan").
3. Kontingensi: Sebuah proposisi majemuk yang nilai kebenarannya bergantung pada nilai kebenaran proposisi-proposisi atomiknya; artinya, ia bisa bernilai benar dalam beberapa

kasus dan salah dalam kasus lainnya.

Berikut adalah tabel yang merangkum operator logika proposisional utama beserta tabel kebenarannya, yang menjadi fondasi operasional untuk analisis makna berbasis logika proposisional.

Tabel 1. Operator Logika Proposisional Utama dan Tabel Kebenarannya

Nama Operator	Simbol Logika	Padanan Umum Bahasa Indonesia	p	q	Hasil
Negasi	$\neg p$	tidak p	B		S
			S		B
Konjungsi	$p \wedge q$	p dan q	B	B	B
			B	S	S
			S	B	S
			S	S	S
			B	B	B
Disjungsi (Inklusif)	$p \vee q$	p atau q	B	B	B
			B	S	B
			S	B	B
			S	S	S
			B	B	B
Implikasi	$p \rightarrow q$	jika p maka q	B	B	B
			B	S	S
			S	B	B
			S	S	B
			B	B	B
Bi-implikasi	$p \leftrightarrow q$	p jika dan hanya jika q	B	B	B
			B	S	S
			S	B	S
			S	S	B
			B	B	B

Catatan: B = Benar, S = Salah. Untuk Negasi, hanya nilai p yang relevan.

Pemahaman yang jelas terhadap tabel kebenaran ini krusial karena ia menyajikan secara visual dan definitif bagaimana setiap operator logika mempengaruhi nilai kebenaran proposisi majemuk. Tanpa pemahaman ini, analisis kalimat lebih lanjut menjadi sulit diikuti.

### Penerapan Hukum-Hukum Logika dalam Inferensi Makna Kalimat

Selain tabel kebenaran, logika proposisional juga dilengkapi dengan serangkaian hukum-hukum logika yang merupakan tautologi berbentuk bi-implikasi (Oxley, 2010). Hukum-hukum ini memungkinkan kita untuk memanipulasi dan menyederhanakan formula logika, serta untuk menunjukkan ekuivalensi logis antara dua formula yang berbeda bentuknya. Beberapa hukum dasar yang penting meliputi Hukum Identitas ( $p \leftrightarrow p$ ), Hukum Non-Kontradiksi ( $\neg(p \wedge \neg p)$ ), dan Hukum Eksklusi Tengah ( $p \vee \neg p$ ). Hukum-hukum lain yang sering digunakan dalam transformasi formula adalah:

1. Hukum De Morgan:  $\neg(p \wedge q) \leftrightarrow (\neg p \vee \neg q)$  dan  $\neg(p \vee q) \leftrightarrow (\neg p \wedge \neg q)$ .
2. Hukum Distributif:  $p \wedge (q \vee r) \leftrightarrow (p \wedge q) \vee (p \wedge r)$  dan  $p \vee (q \wedge r) \leftrightarrow (p \vee q) \wedge (p \vee r)$ .
3. Hukum Asosiatif:  $(p \wedge q) \wedge r \leftrightarrow p \wedge (q \wedge r)$  dan  $(p \vee q) \vee r \leftrightarrow p \vee (q \vee r)$ .
4. Hukum Komutatif:  $p \wedge q \leftrightarrow q \wedge p$  dan  $p \vee q \leftrightarrow q \vee p$ .
5. Hukum Idempoten:  $p \wedge p \leftrightarrow p$  dan  $p \vee p \leftrightarrow p$ .
6. Hukum Involusi (Negasi Ganda):  $\neg(\neg p) \leftrightarrow p$ .
7. Hukum Penyerapan (Absorpsi):  $p \vee (p \wedge q) \leftrightarrow p$  dan  $p \wedge (p \vee q) \leftrightarrow p$ .

Konsep ekuivalensi logis sangat penting dalam analisis makna, di mana dua formula logika dikatakan ekuivalen jika keduanya selalu memiliki nilai kebenaran yang sama untuk semua kemungkinan interpretasi proposisi atomiknya (Tampubolon & Santosa, 2025). Ekuivalensi ini dapat dibuktikan dengan menunjukkan identitas tabel kebenaran atau dengan mentransformasikan satu formula menjadi yang lain menggunakan hukum-hukum logika. Hukum-hukum ini berfungsi sebagai aturan transformasi yang menjaga kebenaran, sehingga jika dua formula logis ekuivalen, kalimat-kalimat bahasa alami yang diwakilinya juga memiliki kesetaraan makna pada level logis tertentu. Contohnya, berdasarkan Hukum De Morgan,

kalimat "Tidak benar bahwa dia belajar Algoritma dan dia belajar Matematika" ekuivalen secara logis dengan "Dia tidak belajar Algoritma atau dia tidak belajar Matematika," meskipun memiliki struktur sintaktis yang berbeda. Kemampuan untuk mengenali dan menghasilkan parafrase yang ekuivalen secara logis adalah kunci untuk pemahaman makna yang mendalam dan kemampuan inferensi (Choe & McClosky, 2015).

### **Representasi dan Interpretasi Makna Kalimat melalui Logika Proposisional**

Setelah memahami fondasi teoretisnya, langkah selanjutnya adalah menerapkan logika proposisional secara praktis untuk merepresentasikan dan menginterpretasikan makna kalimat, khususnya dalam konteks Bahasa Indonesia.

#### ***Proses Translasi Kalimat Bahasa Indonesia ke dalam Formula Logika Proposisional***

Proses translasi atau penerjemahan kalimat bahasa alami ke dalam notasi logika proposisional merupakan langkah krusial yang menjembatani dunia linguistik dan dunia logika formal (Emets et al., 2018). Proses ini melibatkan beberapa tahapan metodologis:

1. Identifikasi Proposisi Atomik: Langkah pertama adalah mengurai kalimat (terutama kalimat majemuk) menjadi komponen-komponen proposisi dasarnya. Proposisi atomik adalah pernyataan sederhana yang tidak dapat dipecah lagi menjadi proposisi yang lebih kecil tanpa kehilangan maknanya sebagai sebuah pernyataan yang utuh. Misalnya, dalam kalimat "Jika cuaca cerah dan saya punya waktu luang, maka saya akan pergi ke pantai," terdapat tiga proposisi atomik: "Cuaca cerah," "Saya punya waktu luang," dan "Saya akan pergi ke pantai."
2. Pemberian Simbol (Variabel Proposisional): Setiap proposisi atomik yang telah diidentifikasi kemudian diberi simbol unik, biasanya berupa huruf kecil seperti p,q,r, dan seterusnya. Untuk contoh di atas: p: "Cuaca cerah", q: "Saya punya waktu luang", r: "Saya akan pergi ke pantai".
3. Identifikasi Penghubung Logis dan Penerjemahannya ke Operator Logika: Kata-kata atau frasa dalam bahasa alami yang berfungsi sebagai penghubung antar proposisi (seperti "dan", "atau", "jika...maka", "tidak", "tetapi", "kecuali jika") diidentifikasi dan diterjemahkan ke dalam operator logika yang sesuai ( $\wedge, \vee, \rightarrow, \neg, \leftrightarrow$ ). Untuk contoh di atas, struktur logisnya adalah  $(p \wedge q) \rightarrow r$ .

Proses translasi ini bukannya tanpa tantangan. Bahasa alami, termasuk Bahasa Indonesia, kaya akan ambiguitas, baik leksikal (satu kata memiliki banyak makna) maupun struktural (struktur kalimat memungkinkan lebih dari satu interpretasi) (Admojo, 2023). Logika proposisional, dengan sifatnya yang formal dan presisi, berusaha mereduksi ambiguitas ini dengan "memaksa" sebuah interpretasi tunggal berdasarkan struktur logis yang dipilih. Oleh karena itu, proses translasi secara inheren merupakan langkah interpretasi semantik awal yang esensial. Dalam operasionalisasinya, analis atau pembaca menentukan interpretasi yang tepat dari kalimat ambigu dengan cara menyandingkan struktur sintaksis permukaan dengan konteks pragmatik serta pengetahuan latar (*background knowledge*). Sebagai contoh, konjungsi sintaktis "dan" dalam bahasa alami kerap kali memiliki implikasi sekuensial atau kausal yang tidak sekadar bernilai benar-salah secara statis. Apabila batasan interpretasi ini tidak ditetapkan secara ketat di awal, translasi logis akan berujung pada representasi yang keliru. Jika suatu ujaran terbukti memiliki ambiguitas struktural, rumusan logika proposisional mendisiplinkan analisis tersebut dengan menghasilkan lebih dari satu formula yang valid, di mana setiap formula merepresentasikan secara eksklusif satu probabilitas interpretasi (Wurm, 2021).

Berikut adalah beberapa pedoman umum untuk merepresentasikan berbagai jenis konstruksi kalimat Bahasa Indonesia ke dalam formula logika proposisional :

1. Kalimat Sederhana (Deklaratif): Biasanya direpresentasikan sebagai satu proposisi

- atomik. Contoh: "Ani membaca buku" dapat direpresentasikan sebagai p.
2. Kalimat Majemuk Setara dengan Konjungsi ("dan", "tetapi"): Dua klausa atau lebih yang dihubungkan oleh "dan" atau "tetapi" (yang seringkali memiliki fungsi logis serupa dengan "dan") diterjemahkan menggunakan operator konjungsi ( $\wedge$ ). Contoh: "Langit mendung dan angin bertiup kencang." Jika p: "Langit mendung" dan q: "Angin bertiup kencang", maka formulanya  $p \wedge q$ .
  3. Kalimat Majemuk Setara dengan Disjungsi ("atau"): Klausa yang dihubungkan oleh "atau" diterjemahkan menggunakan operator disjungsi ( $\vee$  untuk "atau" inklusif, atau  $\oplus$  jika konteksnya jelas eksklusif). Contoh: "Kamu bisa memilih teh atau kopi." Jika t: "Kamu memilih teh" dan k: "Kamu memilih kopi", maka  $t \vee k$ .
  4. Kalimat Majemuk Bertingkat dengan Implikasi ("jika...maka", "karena...maka", "sebab...akibat"): Konstruksi kondisional diterjemahkan menggunakan operator implikasi ( $\rightarrow$ ). Klausa yang mengikuti "jika" menjadi anteseden, dan klausa yang mengikuti "maka" (atau yang merupakan akibat) menjadi konsekuen. Contoh: "Jika mahasiswa rajin belajar, maka ia akan lulus ujian." Jika p: "Mahasiswa rajin belajar" dan q: "Ia akan lulus ujian", maka  $p \rightarrow q$ .
  5. Negasi ("tidak", "bukan"): Ungkapan negasi diterapkan pada proposisi yang dinegasikan menggunakan operator negasi ( $\neg$ ). Contoh: "Tidak benar bahwa bumi itu datar." Jika b: "Bumi itu datar", maka  $\neg b$ .

### Analisis Makna Kalimat Tunggal dan Majemuk (Studi Kasus)

Untuk mendemonstrasikan aplikasi praktis dari logika proposisional dalam analisis makna kalimat Bahasa Indonesia, berikut disajikan beberapa studi kasus. Analisis ini akan melibatkan translasi kalimat ke formula logika dan, jika relevan, penggunaan tabel kebenaran untuk menentukan kondisi kebenarannya.

Tabel 2. Contoh Translasi Kalimat Bahasa Indonesia ke dalam Formula Logika Proposisional

Contoh Kalimat Bahasa Indonesia	Identifikasi Proposisi Atomik	Formula Logika Proposisional	Catatan/Penjelasan
Dosen mengajar dan mahasiswa mencatat.	p: Dosen mengajar q: Mahasiswa mencatat	$p \wedge q$	Kalimat majemuk setara dengan penghubung konjungtif "dan".
Jika hari ini cerah, saya akan pergi ke taman.	c: Hari ini cerah t: Saya akan pergi ke taman	$c \rightarrow t$	Kalimat majemuk bertingkat dengan penghubung implikatif "jika...maka...".
Peserta ujian harus membawa pensil atau pulpen.	s: Peserta ujian membawa pensil l: Peserta ujian membawa pulpen	$s \vee l$	Kalimat majemuk setara dengan penghubung disjungtif "atau" (inklusif, bisa keduanya).
Tidak benar bahwa semua orang jujur.	j: Semua orang jujur	$\neg j$	Kalimat negasi. Perhatikan bahwa "Semua orang jujur" di sini diperlakukan sebagai satu proposisi atomik dari sudut pandang logika proposisional.
Saya akan lulus jika dan hanya jika saya belajar dengan tekun.	l: Saya akan lulus b: Saya belajar dengan tekun	$l \leftrightarrow b$	Kalimat majemuk dengan penghubung bi-implikatif.
Jika lampu merah menyala, maka kendaraan berhenti, dan jika lampu hijau menyala, maka kendaraan berjalan.	m: Lampu merah menyala b: Kendaraan berhenti h: Lampu hijau menyala j: Kendaraan berjalan	$(m \rightarrow b) \wedge (h \rightarrow j)$	Kombinasi dua implikasi yang dihubungkan dengan konjungsi.

Pada tabel di atas merupakan contoh konkret bagaimana kalimat-kalimat dalam bahasa Indonesia, dari yang sederhana hingga yang lebih kompleks, dapat diuraikan dan direpresentasikan secara formal. Proses ini memungkinkan kita untuk melihat struktur logis yang mendasari kalimat tersebut, yang seringkali tersembunyi di balik variasi ekspresi bahasa alami.

### ***Analisis Kalimat Sederhana dan Proposisi Atomik***

Kalimat deklaratif sederhana dalam bahasa Indonesia, seperti "Kucing itu tidur" atau "Bandung adalah kota besar," dalam kerangka logika proposisional, direpresentasikan sebagai proposisi atomik tunggal. Misalkan  $p$  mewakili "Kucing itu tidur" dan  $q$  mewakili "Bandung adalah kota besar." Nilai kebenaran dari proposisi atomik ini umumnya ditentukan berdasarkan korespondensinya dengan fakta di dunia nyata atau berdasarkan pengetahuan umum. Jika pada kenyataannya kucing tersebut memang sedang tidur, maka proposisi  $p$  bernilai Benar. Jika tidak, maka  $p$  bernilai Salah. Logika proposisional sendiri tidak memberikan mekanisme untuk menentukan nilai kebenaran proposisi atomik; ia hanya mengambil nilai kebenaran tersebut sebagai input untuk menentukan nilai kebenaran proposisi majemuk.

### ***Analisis Kalimat Majemuk Setara (Konjungsi, Disjungsi) dan Implikasinya terhadap Makna***

Kalimat majemuk setara yang menggunakan kata hubung seperti "dan" (konjungsi) dan "atau" (disjungsi) dapat dianalisis secara presisi menggunakan logika proposisional. Untuk kalimat konjungtif seperti "Dia pintar dan dia rajin," yang dapat direpresentasikan sebagai  $p \wedge q$  (dengan  $p$ : "Dia pintar" dan  $q$ : "Dia rajin"), maknanya adalah bahwa kalimat tersebut hanya akan bernilai benar jika kedua komponennya, yaitu "Dia pintar" dan "Dia rajin," sama-sama benar. Jika salah satu saja salah, atau keduanya salah, maka keseluruhan kalimat "Dia pintar dan dia rajin" akan bernilai salah. Untuk kalimat disjungtif seperti "Proyek ini akan selesai hari Jumat atau hari Sabtu," yang direpresentasikan sebagai  $j \vee s$  (dengan  $j$ : "Proyek ini selesai hari Jumat" dan  $s$ : "Proyek ini selesai hari Sabtu"), maknanya (dalam interpretasi inklusif yang umum dalam logika) adalah bahwa kalimat tersebut akan bernilai benar jika proyek selesai pada hari Jumat saja, atau pada hari Sabtu saja, atau bahkan jika selesai pada kedua hari tersebut (meskipun dalam konteks ini kurang masuk akal, namun secara logis tetap benar). Kalimat ini hanya akan salah jika proyek tidak selesai pada hari Jumat dan juga tidak selesai pada hari Sabtu. Analisis kondisi kebenaran ini secara eksplisit mendefinisikan makna kalimat-kalimat tersebut. Memahami makna sebuah kalimat, dalam perspektif ini, berarti memahami dalam situasi apa kalimat tersebut bernilai benar dan dalam situasi apa ia bernilai salah. Ini adalah inti dari pendekatan semantik yang berbasis kondisi kebenaran.

### ***Analisis Kalimat Majemuk Bertingkat (Implikasi, Bi-implikasi) dan Penentuan Kondisi Kebenaran***

Kalimat majemuk bertingkat, khususnya yang melibatkan hubungan kondisional ("jika...maka") dan bi-kondisional ("jika dan hanya jika"), juga dapat dianalisis menggunakan logika proposisional. Kalimat implikatif seperti "Jika mahasiswa belajar keras, maka ia akan mendapat nilai baik," direpresentasikan sebagai  $p \rightarrow q$  ( $p$ : "Mahasiswa belajar keras",  $q$ : "Ia akan mendapat nilai baik"). Menurut tabel kebenaran untuk implikasi material pada Tabel 1, kalimat ini hanya bernilai Salah jika mahasiswa tersebut belajar keras (anteseden  $p$  benar) tetapi tidak mendapat nilai baik (konsekuen  $q$  salah). Dalam semua kasus lain—mahasiswa belajar keras dan mendapat nilai baik ( $B \rightarrow B = B$ ); mahasiswa tidak belajar keras tetapi mendapat nilai baik ( $S \rightarrow B = B$ ); mahasiswa tidak belajar keras dan tidak mendapat nilai baik ( $S \rightarrow S = B$ ), kalimat implikasi ini dianggap Benar. Hal ini terkadang menimbulkan "paradoks implikasi material" karena dalam bahasa alami, "jika...maka" seringkali menyiratkan adanya hubungan sebab-akibat atau relevansi antara anteseden dan konsekuen, yang tidak selalu ditangkap oleh implikasi material murni yang hanya bergantung pada nilai kebenaran.

Kalimat bi-implikatif seperti "Seseorang memenuhi syarat menjadi presiden jika dan hanya jika ia adalah warga negara Indonesia asli dan berusia minimal 40 tahun," dapat direpresentasikan sebagai  $s \leftrightarrow (w \wedge u)$ , di mana  $s$ : "Seseorang memenuhi syarat menjadi presiden,"  $w$ : "Ia adalah warga negara Indonesia asli," dan  $u$ : "Ia berusia minimal 40 tahun."

Kalimat ini bernilai benar jika proposisi di sisi kiri (s) memiliki nilai kebenaran yang sama dengan proposisi majemuk di sisi kanan ( $(w \wedge u)$ ). Artinya, jika seseorang memenuhi syarat, maka ia pasti WNI asli dan berusia minimal 40 tahun, dan sebaliknya, jika ia WNI asli dan berusia minimal 40 tahun, maka ia memenuhi syarat.

Penentuan kondisi kebenaran melalui tabel kebenaran untuk kalimat-kalimat kompleks ini memperjelas makna logis yang terkandung di dalamnya (Jomaa & Bidin, 2019), meskipun terkadang memerlukan kehati-hatian dalam membandingkannya dengan intuisi bahasa alami yang lebih kaya nuansa.

### **Keunggulan dan Keterbatasan Logika Proposisional dalam Ranah Semantik Linguistik**

Logika proposisional menawarkan beberapa keunggulan penting dalam analisis makna:

1. Presisi dan Kejelasan: Penggunaan simbol-simbol dan aturan-aturan formal dalam logika proposisional memaksa perumusan makna yang tidak ambigu dan eksplisit. Setiap formula logika memiliki interpretasi tunggal berdasarkan definisi operator dan nilai kebenaran proposisi atomiknya (Al-Odhari, 2021). Hal ini sangat kontras dengan bahasa alami yang seringkali rentan terhadap berbagai jenis ambiguitas.
2. Formalitas dan Sistematisasi: Logika proposisional menyediakan kerangka kerja formal, yang memungkinkan analisis struktur logis kalimat dan hubungan antar proposisi dilakukan secara sistematis dan konsisten. Ini memungkinkan perbandingan makna antar kalimat dan evaluasi validitas argumen dengan cara yang objektif.
3. Analisis Kondisi Kebenaran Eksplisit: Salah satu kontribusi terbesar adalah kemampuannya untuk menentukan kondisi kebenaran (*truth conditions*) sebuah kalimat secara eksplisit. Mengetahui dalam kondisi apa sebuah kalimat bernilai benar atau salah adalah aspek fundamental dari pemahaman makna semantik.
4. Dasar untuk Sistem Logika yang Lebih Kompleks: Logika proposisional berfungsi sebagai fondasi penting untuk pengembangan sistem logika yang lebih ekspresif dan canggih, seperti logika predikat, logika modal, dan logika temporal, yang dirancang untuk menangani aspek-aspek makna yang lebih rumit yang tidak dapat ditangkap oleh logika proposisional saja.

Meskipun memiliki keunggulan, logika proposisional juga memiliki keterbatasan signifikan ketika dihadapkan pada kekayaan dan kompleksitas bahasa alami:

1. Struktur Internal Proposisi: Logika proposisional memperlakukan proposisi sebagai unit atomik yang tidak dapat diurai lebih lanjut. Meskipun tidak semua analisis makna memerlukan pembedahan struktur internal terutama jika fokusnya sekadar menguji relasi kebenaran antar-klausa utuh analisis komponen internal (subjek, predikat, objek) menjadi esensial ketika validitas makna kalimat secara logis bertumpu pada relasi antar-entitas di dalam kalimat tersebut. Kegagalan memetakan struktur internal ini mengakibatkan logika proposisional luput menangkap inferensi dasar, seperti penarikan simpulan valid dari premis "Semua manusia adalah fana" dan "Socrates adalah manusia" menjadi "Socrates adalah fana".
2. Kuantifikasi: Logika proposisional tidak memiliki mekanisme untuk merepresentasikan makna dari kata-kata kuantor seperti "semua", "setiap", "beberapa", "ada", "tidak ada". Kalimat seperti "Semua mahasiswa lulus ujian" tidak dapat direpresentasikan secara akurat hanya dengan variabel proposisional tunggal tanpa kehilangan informasi kuantifikasionalnya. Untuk ini, diperlukan logika predikat.
3. Modalitas: Ekspresi modalitas yang umum dalam bahasa alami, seperti "mungkin", "harus", "pasti", "boleh", "dilarang", berada di luar jangkauan logika proposisional standar. Analisis makna kalimat yang mengandung modalitas memerlukan sistem logika modal.

4. Ambiguitas Leksikal dan Struktural Kompleks: Meskipun logika proposisional dapat membantu mereduksi beberapa jenis ambiguitas melalui proses formalisasi (dengan memilih satu interpretasi), banyak ambiguitas yang berakar pada makna ganda kata-kata (ambiguitas leksikal) atau struktur sintaksis yang kompleks (Bilanová et al., 2020), seringkali sulit atau tidak mungkin diatasi sepenuhnya hanya dengan alat logika proposisional. Contoh: "Anak itu memukul anjing dengan tongkat." (Apakah anak itu menggunakan tongkat untuk memukul, atau anjing yang dipukul sedang memegang tongkat?).
5. Aspek Pragmatik dan Kontekstual: Logika proposisional secara inheren berfokus pada makna literal dan kondisi kebenaran (semantik). Ia cenderung mengabaikan aspek pragmatik yang krusial dalam komunikasi nyata, seperti maksud penutur, implikatur percakapan (makna tersirat), praanggapan, tindak tutur, dan pengaruh konteks ujaran secara keseluruhan.
6. Keterbatasan dalam Merepresentasikan Makna Nuansa dan Figuratif: Bahasa alami penuh dengan nuansa makna, metafora, ironi, idiom, dan berbagai bentuk bahasa figuratif lainnya. Logika proposisional, dengan pendekatannya yang formal dan literal, umumnya tidak dirancang untuk menangkap kekayaan makna semacam ini.

Keberadaan batasan-batasan tersebut bukanlah alasan untuk menolak logika proposisional, melainkan indikasi perlunya integrasi sistem logika lanjutan guna menutupi celah analitis tersebut. Secara analitis kritis, keterbatasan logika proposisional dalam membedah struktur internal dan kuantifikasi dapat diatasi secara langsung dengan mengaplikasikan logika predikat orde-pertama (*first-order predicate logic*), yang memanfaatkan kuantor universal dan eksistensial untuk memodelkan struktur subjek-predikat. Lebih lanjut, kelemahan dalam merepresentasikan dimensi modalitas dapat dijawab melalui logika modal, yang memperluas analisis kebenaran biner dengan operator probabilitas dan keniscayaan. Adapun tantangan ambiguitas leksikal dan bahasa bernuansa dapat diformalkan lebih baik menggunakan logika *fuzzy*, yang memungkinkan derajat kebenaran berkelanjutan (*continuous truth degrees*) untuk menangkap sifat gradasi pada makna kata. Dengan demikian, pendekatan interdisipliner tidak berhenti pada logika proposisional, melainkan menjadikannya sebagai fondasi awal menuju analisis sintaksis dan semantik yang dioperasionalkan secara paripurna melalui sistem logika yang lebih mutakhir.

Tabel 3. Ringkasan Kelebihan dan Keterbatasan Logika Proposisional dalam Analisis Makna Kalimat

Kelebihan	Keterbatasan
1. Presisi dan Tidak Ambigu dalam Representasi Makna Logis.	1. Tidak Menganalisis Struktur Internal Proposisi (Subjek-Predikat).
2. Menyediakan Analisis Formal dan Sistematis terhadap Struktur Kalimat.	2. Kesulitan atau Ketidakmampuan dalam Merepresentasikan Kuantifikasi ("semua", "beberapa").
3. Memungkinkan Penentuan Kondisi Kebenaran Kalimat secara Eksplisit.	3. Kesulitan atau Ketidakmampuan dalam Merepresentasikan Modalitas ("mungkin", "harus").
4. Menjadi Dasar Fundamental untuk Pengembangan Sistem Logika Lebih Lanjut.	4. Keterbatasan dalam Menangani Ambiguitas Leksikal dan Struktural yang Kompleks secara Memadai.
	5. Mengabaikan Aspek Pragmatik dan Kontekstual yang Mempengaruhi Interpretasi Makna dalam Komunikasi Nyata.
	6. Tidak Mampu Menangkap Makna Nuansa, Bahasa Figuratif, Metafora, atau Ironi yang Kaya dalam Bahasa Alami.

Tabel tersebut menyajikan gambaran yang seimbang mengenai kapabilitas dan batasan logika proposisional sebagai alat analisis makna. Pemahaman ini krusial untuk menentukan kapan logika proposisional cukup memadai dan kapan diperlukan pendekatan atau alat analisis lain yang lebih canggih.

### Sinergi Interdisipliner Matematika dan Linguistik dalam Analisis Makna

Kolaborasi antara matematika (khususnya logika) dan linguistik telah menghasilkan

kemajuan signifikan dalam pemahaman kita tentang makna Bahasa (Yaseen, 2025). Pendekatan interdisipliner ini memungkinkan penerapan rigorositas matematis pada fenomena linguistik yang kompleks.

Semantik formal adalah bidang studi yang menerapkan metode formal dari logika, matematika, dan ilmu komputer, untuk menganalisis makna dalam bahasa alami, lahir dari interaksi antara filsuf linguistik dan linguist filosofis (Pirozelli & Camara, 2022). Salah satu tesis sentralnya, yang dikemukakan oleh Richard Montague, menyatakan bahwa tidak ada perbedaan teoretis signifikan antara bahasa alami dan bahasa formal, sehingga bahasa alami dapat dianalisis dengan alat yang sama (Bilanová et al., 2020). Secara operasional, *Montague Grammar* mengandalkan prinsip komposisionalitas ketat yang dikenal sebagai hipotesis aturan-ke-aturan (*rule-to-rule hypothesis*). Dalam kerangka ini, setiap operasi sintaktis yang menggabungkan konstituen bahasa selalu diiringi oleh operasi semantik paralel yang menggabungkan representasi logis dari konstituen tersebut. Menggunakan instrumen matematis seperti kalkulus lambda ( $\lambda$ -calculus) dan logika intensional tingkat tinggi, pendekatan Montague memungkinkan pemetaan leksikon bahasa alami ke dalam fungsi matematis dan model teori himpunan secara presisi (Hupkes et al., 2020; Groote, 2015). Sementara itu, pengembangan yang dilakukan oleh tokoh seperti Barbara Partee berhasil menjembatani sintaksis generatif dengan semantik formal, membuktikan bahwa kompleksitas bahasa alami tidak menjadi penghalang bagi analisis deduktif matematis (Baggio, 2021). Dengan demikian, semantik formal tidak hanya menjadi konseptualisasi teoretis semata, melainkan kerangka operasional konkret yang memungkinkan analisis linguistik ditata selayaknya kalkulasi matematis baku.

Linguistik matematika adalah cabang linguistik yang menggunakan konsep dan teknik matematika, termasuk logika, teori himpunan, aljabar, dan teori probabilitas, untuk memodelkan berbagai aspek bahasa dan fenomena linguistik. Dalam konteks analisis makna, linguistik matematika dapat berkontribusi dalam:

1. Formalisasi Tata Bahasa: Mengembangkan model tata bahasa formal yang dapat menghasilkan semua kalimat yang gramatikal dalam suatu bahasa dan memberikan dasar untuk interpretasi semantik yang komposisional.
2. Analisis Kompleksitas Linguistik: Menggunakan alat matematika untuk mengukur dan mengkarakterisasi kompleksitas struktur bahasa dan proses pemahaman makna.
3. Pemodelan Pembelajaran Bahasa: Mengembangkan model matematis tentang bagaimana manusia mempelajari bahasa dan makna.
4. Peningkatan Kemampuan Pemecahan Masalah: Pendekatan linguistik matematika, dengan menggabungkan kecerdasan linguistik dan matematis, dapat meningkatkan kemampuan untuk memecahkan masalah non-rutin yang melibatkan pemahaman bahasa dan penalaran logis.

Meskipun logika proposisional adalah sistem yang relatif sederhana, prinsip-prinsip yang mendasarinya (seperti komposisionalitas, di mana makna keseluruhan ditentukan oleh makna bagian-bagiannya dan cara mereka digabungkan) adalah fundamental bagi banyak pendekatan dalam linguistik matematika dan semantik formal.

Sinergi antara matematika (logika) dan linguistik memiliki implikasi yang luas (Ngansop, 2018), baik untuk pengembangan teori linguistik itu sendiri maupun untuk berbagai aplikasi praktis.

1. Pengembangan Teori Linguistik: Penerapan metode formal memungkinkan teori-teori linguistik tentang makna diuji konsistensinya internalnya dan daya eksplanasinya dengan lebih rigor. Formalisasi memaksa klarifikasi asumsi dan prediksi, yang dapat mengarah pada penyempurnaan atau revisi teori.
2. Aplikasi Praktis:

- a. Pemrosesan Bahasa Alami (NLP) dan Kecerdasan Buatan (AI): Analisis makna berbasis logika adalah komponen fundamental dalam arsitektur NLP yang berfokus pada pemahaman bahasa alami (*Natural Language Understanding/NLU*). Secara teoretis, semantik formal diterapkan dengan menerjemahkan kalimat linguistik menjadi bentuk logis (*Logical Form*) yang dapat diproses secara komputasional oleh mesin (Herzig et al., 2020; Reddy et al., 2016). Representasi logis ini memungkinkan sistem komputer mengeksekusi inferensi otomatis (*automated reasoning*), seperti memvalidasi korelasi fakta dari basis data pengetahuan (*knowledge graph*) untuk sistem tanya-jawab otomatis (*question-answering*), atau mengurai silang referensi dalam mesin pencari semantik. Meskipun model berbasis jaringan saraf tiruan (*neural networks*) mendominasi paradigma NLP modern, logika proposisional dan variannya tetap krusial sebagai jangkar utama dalam arsitektur AI neuro-simbolik (*neuro-symbolic AI*). Integrasi ini ditujukan secara khusus guna memastikan bahwa simpulan berbasis teks yang dihasilkan model algoritmis tetap koheren, terjelaskan secara kausal (*explainable*), dan menaati landasan deduktif tanpa terjebak dalam probabilitas statistik yang buta makna.
- b. Pendidikan: Pemahaman tentang hubungan antara logika dan bahasa dapat memperkaya pengajaran bahasa, membantu siswa mengembangkan kemampuan berpikir kritis, analitis, dan logis dalam memahami dan menggunakan bahasa. Ini juga relevan untuk pengajaran logika itu sendiri, dengan menggunakan contoh-contoh dari bahasa alami untuk mengilustrasikan konsep-konsep logis.
- c. Filsafat Bahasa: Kajian interdisipliner ini terus memberikan kontribusi pada perdebatan filosofis mengenai sifat makna, referensi, kebenaran, dan hubungan fundamental antara bahasa, pikiran, dan dunia.

Hubungan antara logika matematika dan linguistik bersifat resiprokal, di mana keduanya membentuk siklus umpan balik yang teruji secara historis dan operasional (Mwakapina, 2021). Di satu sisi, linguistik mengadopsi rumusan logika matematis untuk menganalisis ambiguitas sintaktis yang kompleks. Sebaliknya, kompleksitas dan rigiditas makna di dalam bahasa alami secara konsisten mendorong para ahli logika untuk merancang sistem penalaran matematis yang baru. Sebagai bukti konkret dari umpan balik ini, ketidakmampuan logika predikat klasik dalam menangkap perilaku sistematis dari kuantor spesifik bahasa manusia (seperti frasa "sebagian besar dari", "beberapa", "hampir tidak ada") telah mendasari perumusan Teori Kuantor Digeneralisasi (*Generalized Quantifier Theory*). Demikian halnya dengan kompleksitas representasi waktu (*tense*) yang inheren dalam tuturan alami yang mendasari pengembangan subbidang Logika Temporal (*Temporal Logic*) dalam matematika modern. Hal ini mengonfirmasi bahwa bahasa alami berfungsi sebagai landasan empiris esensial bagi pemutakhiran sistem matematis. Meskipun logika proposisional berada pada tingkatan analitis dasar, keberadaannya tetap menjadi preseden primer bagi studi interdisipliner tersebut. Penerapannya membentuk landasan fundamental mengenai operasionalisasi hukum deduktif nilai kebenaran di dalam klausa ujaran, yang pada gilirannya memfasilitasi integrasi antara kognisi, komputasi matematis, dan kecerdasan buatan secara komprehensif.

## SIMPULAN

Berdasarkan rumusan tujuan kajian, simpulan penelitian ini mencakup tiga temuan utama yang secara langsung menjawab urgensi penelitian. Pertama, terkait aplikasi analitisnya, logika proposisional terbukti mampu memformulasikan struktur ragam kalimat Bahasa Indonesia secara sistematis ke dalam notasi logis. Melalui translasi ini, kondisi-kebenaran (*truth-conditional*) suatu kalimat majemuk dapat dievaluasi dengan presisi matematis, membuktikan kecukupannya sebagai instrumen formal dalam menjembatani ambiguitas sintaktis. Kedua,

terkait identifikasi metodologis, pendekatan ini menawarkan keunggulan berupa formalitas dan ketegasan yang secara efektif mereduksi ragam interpretasi menjadi kesatuan logis tunggal. Namun, keunggulan tersebut diiringi dengan batasan substantif, yakni ketidakmampuannya dalam mengakomodasi struktur internal proposisi, limitasi pada ranah kuantifikasi dan modalitas, serta ketidakpekaannya terhadap unsur pragmatik maupun kontekstual dalam ujaran alami. Ketiga, berkenaan dengan hubungan interdisipliner, sinergi antara matematika dan linguistik terbukti mutlak diperlukan. Matematika menyuplai instrumen pengujian yang rigor melalui semantik formal, sedangkan linguistik menyediakan kekayaan realitas empiris bahasa. Integrasi ini krusial tidak hanya dalam menjawab kesenjangan teoretis linguistik, tetapi juga dalam mendorong kemajuan teknologi pemrosesan bahasa alami (NLP). Sebagai implikasi lebih lanjut, penelitian ini merekomendasikan perlunya integrasi logika predikat dan modal di masa depan guna mengatasi batasan logika proposisional, sehingga model analisis makna dapat berjalan lebih utuh dan komprehensif.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Admojo, F. T. (2023). Systematic Literature Review on Ontology-based Indonesian Question Answering System. *Knowledge Engineering and Data Science*, 6(2), 129–144. <https://doi.org/10.17977/um018v6i22023p129-144>
- Aji, A. B., Istikhomah, E., Al Majid, M. Z. Y., & Ulya, C. (2021). Analisis kesalahan berbahasa tataran semantik pada berita daring laman sindonews.com. *Jurnal Genre (Bahasa, Sastra, Dan Pembelajarannya)*, 2(2), 65–70. <https://doi.org/10.26555/jg.v2i2.3290>
- Al-Odhari, A. M. (2021). Features of propositional logic. *Pure Mathematical Sciences*, 10(1), 35–44. <https://doi.org/10.12988/pms.2021.91275>
- Baggio, G. (2021). Compositionality in a Parallel Architecture for Language Processing. *Cognitive Science A Multidisciplinary Journal*, 45(7491), 1–26. <https://doi.org/10.1111/cogs.12949>
- Baratgin, J., Politzer, G., Over, D. E., Takahashi, T., & Niall, K. K. (2018). The Psychology of Uncertainty and Three-Valued Truth Tables. *Frontiers in Psychology*, 9(September). <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.01479>
- Bilanová, Z., Perháč, J., Chovancová, E., & Chovanec, M. (2020). Logic analysis of natural language based on predicate linear logic. *Acta Polytechnica Hungarica*, 17(6), 239–252. <https://doi.org/10.12700/aph.17.6.2020.6.14>
- Bolibekova, M. M., Abdurakhimova, N. A., Toshtemirova, A. S., & Abduqakharov, Q. A. (2022). Philosophical and methodological bases of cut and sentence interpretation in formal linguistics. *Linguistics and Culture Review*, 6, 512–528. <https://doi.org/10.21744/lingcure.v6ns2.2170>
- Choe, D. K., & McClosky, D. (2015). Parsing paraphrases with joint inference. *ACL-IJCNLP 2015 - 53rd Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics and the 7th International Joint Conference on Natural Language Processing of the Asian Federation of Natural Language Processing, Proceedings of the Conference*, 1, 1223–1233. <https://doi.org/10.3115/v1/p15-1118>
- Duffley, P. (2021). Logical Form – Not logical enough for logic, not linguistic enough for linguistics. *Journal of Pragmatics*, 182, 163–175. <https://doi.org/10.1016/j.pragma.2021.06.019>
- Dumitru, M. (2025). Representations, Models, and Rules. *Topoi*, July. <https://doi.org/10.1007/s11245-025-10242-z>
- Emets, T. V., Baryshnikova, I. V., Trutnev, A. Y., Suvorova, E. V., & Akhmetzyanova, T. L. (2018). Logical and linguistic strategies for translating complex sentences in literary texts of natural languages. *XLinguae*, 11(2), 3–16. <https://doi.org/10.18355/XL.2018.11.02.01>
- Fortuny, J. (2024). Jordi Fortuny. *Studia Linguistica*, 78(1), 1–7. <https://doi.org/10.1111/stul.12221>
- Groote, P. De. (2015). Modularity and compositionality : The case of temporal modifiers. *Proceedings of SALT 25*, 656–675. <https://doi.org/10.3765/salt.v25i0.3076>
- Hassan, S. A. (2016). The Use of Logic in Contemporary Islamic Discourses. *Mediterranean Journal of Social Sciences*, 7(5), 171–179. <https://doi.org/10.5901/mjss.2016.v7n5p171>
- Herzig, J., Nowak, P. K., Thomas, M., Piccinno, F., & Eisenschlos, J. M. (2020). *T A P A S : Weakly Supervised Table Parsing via Pre-training*. 4320–4333. <https://doi.org/10.18653/v1/2020.acl->

main.398

- Hogeweg, L., & Vicente, A. (2020). On the nature of the lexicon : The status of rich. *Journal Linguistics*, 56(56), 865–891. <https://doi.org/10.1017/S0022226720000316>
- Hupkes, D., Dankers, V., & Bruni, E. (2020). Compositionality Decomposed : How do Neural Networks Generalise ? *Journal of Artificial Intelligence Research*, 67, 757–795. <https://doi.org/10.1613/jair.1.11674>
- Jaszczolt, K. M. (2021). Functional proposition: A new concept for representing discourse meaning? *Journal of Pragmatics*, 171, 200–214. <https://doi.org/10.1016/j.pragma.2020.10.010>
- Jomaa, N. J., & Bidin, S. J. (2019). Reporting and quoting: Functional analyses of logico-semantic relations of clause complex citations. *3L: Language, Linguistics, Literature*, 25(1), 158–178. <https://doi.org/10.17576/3L-2019-2501-12>
- Khoo, J., & Mandelkern, M. (2018). Triviality Results and the Relationship between Logical and Natural Languages. *Mind*, 128(510), 485–526. <https://doi.org/10.1093/mind/fzy006>
- Kusmanto, J. ., & Pulungan, A. H. (2023). the Meaningfulness of Linguistic Expressions From the Truth-Conditional Theory of Meaning (a Metalingual Syudy). *Linguistik Terapan*, 19(3), 167. <https://doi.org/10.24114/lt.v19i3.42049>
- Lenzen, W., Maccoll, H., Ramsey, F. P., & Everett, J. (2022). Rewriting the History of Connexive Logic. *Journal of Philosophical Logic*, September 2021, 525–553. <https://doi.org/10.1007/s10992-021-09640-6>
- Mwkapina, J. W. (2021). What is the Nature of Language? How does it Behave? What is Language Learning then? A Review Paper in Applied Linguistics. *Randwick International of Education and Linguistics Science Journal*, 2(4), 603–618. <https://doi.org/10.47175/rielsj.v2i4.357>
- Ngansop, J. N. (2018). *Relevance of Learning Logical Analysis of Mathematical Statements*. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-72170-5\\_25](https://doi.org/10.1007/978-3-319-72170-5_25)
- Orlando, E., & Saab, A. (2020). A Stereotype Semantics for Syntactically Ambiguous Slurs. *Analytic Philosophy*, 61(2), 101–129. <https://doi.org/10.1111/phib.12184>
- Oxley, A. (2010). Discrete mathematics and its applications. In *Teaching Mathematics and its Applications* (Vol. 29, Issue 3). <https://doi.org/10.1093/teamat/hrq007>
- Pirozelli, P., & Camara, I. (2022). Natural Language at A Crossroads : Formal and Probabilistic Approaches In Philosophy. *Manuscrito – Rev. Int. Fil. Campinas*, 45(n.2), 50–81. <https://doi.org/10.1590/0100-6045.2022.V45N2.PI>
- Quelhas, A. C. (2017). A Priori True and False Conditionals. *Cognitive Science A Multidisciplinary Journal*, 41, 1003–1030. <https://doi.org/10.1111/cogs.12479>
- Quigley, D. (2025). A Vector Logic for Extensional Formal Semantics. *Journal of Logic, Language and Information*, 34(5), 557–599. <https://doi.org/10.1007/s10849-025-09443-x>
- Reddy, S., Collins, M., Kwiatkowski, T., Das, D., Steedman, M., & Lapata, M. (2016). *Transforming Dependency Structures to Logical Forms for Semantic Parsing*. 4, 127–140. [https://doi.org/doi.org/10.1162/tacl\\_a\\_00088](https://doi.org/doi.org/10.1162/tacl_a_00088)
- Singh, O. P., & Pawar, S. (2021). Natural Language Semantic to Formal Language Semantic. *International Advanced Research Journal in Science, Engineering and Technology*, 8(6), 221–225. <https://doi.org/10.17148/IARJSET.2021.8639>
- Tampubolon, J. K., & Santosa, R. G. (2025). Jurnal Pendidikan Matematika Universitas Flores. *JUPIKA: Jurnal Pendidikan Matematika Universitas Flores*, 8(1), 54–63. <https://doi.org/10.37478/jupika.v8i1.5368>
- Tsujii, J. (2021). Natural Language Processing and Computational Linguistics. *Computational Linguistics*, 47(4). [https://doi.org/10.1162/coli\\_a\\_00420](https://doi.org/10.1162/coli_a_00420)
- Wurm, C. (2021). Reasoning with Ambiguity. *Journal of Logic, Language and Information*, 30(1), 139–206. <https://doi.org/10.1007/s10849-020-09324-5>
- Yaseen, M. S. (2025). Modeling Sentence Meaning Using Linear Operators in a Vector Space Semantics Framework : An Interdisciplinary Approach. *Forum for Linguistic Studies*, 07(05), 891–898. <https://doi.org/10.30564/fls.v7i5.9553>