



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENALARAN LOGIKA BERBASIS FRAMEWORK
TRANSLATION-DECOMPOSITION-SEARCH-RESOLVE PADA
OPEN-WEIGHT LARGE LANGUAGE MODEL DENGAN
DATASET BERBAHASA INDONESIA**

SKRIPSI

**MIKHAEL DEO BARLI
1906350572**

**FAKULTAS ILMU KOMPUTER
PROGRAM STUDI ILMU KOMPUTER
DEPOK
BULAN TAHUN**



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENALARAN LOGIKA BERBASIS FRAMEWORK
TRANSLATION-DECOMPOSITION-SEARCH-RESOLVE PADA
OPEN-WEIGHT LARGE LANGUAGE MODEL DENGAN
DATASET BERBAHASA INDONESIA**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Gelar Jurusan Anda

**MIKHAEL DEO BARLI
1906350572**

**FAKULTAS ILMU KOMPUTER
PROGRAM STUDI ILMU KOMPUTER
DEPOK
BULAN TAHUN**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

Nama : Mikhael Deo Barli

NPM : 1906350572

Tanda Tangan :

Tanggal : Tanggal Bulan Tahun

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Mikhael Deo Barli

NPM : 1906350572

Program Studi : Ilmu Komputer

Judul Skripsi : Penalaran Logika Berbasis Framework Translation-
Decomposition-Search-Resolve pada Open-Weight
Large Language Model dengan Dataset Berbahasa In-
donesia

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Ilmu Komputer, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Indonesia.

DEWAN PENGUJI

Pembimbing 1 : Ari Saptawijaya, S.Kom., M.Sc., Ph.D ()

Penguji 1 : Penguji Pertama Anda ()

Penguji 2 : Penguji Kedua Anda ()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : Tanggal Bulan Tahun

KATA PENGANTAR

Template ini disediakan untuk orang-orang yang berencana menggunakan L^AT_EX untuk membuat dokumen tugas akhir.

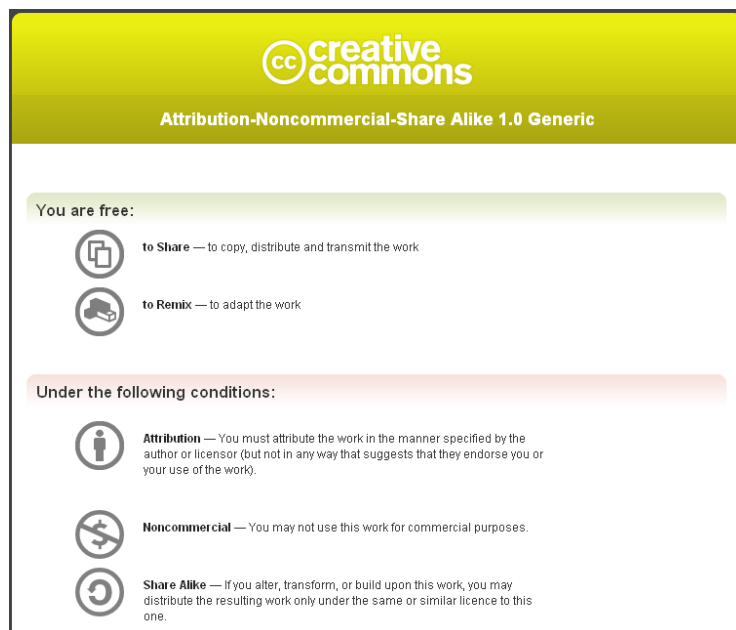
@todo

Silakan ganti pesan ini dengan pendahuluan kata pengantar Anda.

Ucapan Terima Kasih:

1. Pembimbing.
2. Dosen.
3. Instansi.
4. Orang tua.
5. Sahabat.
6. Teman.

Penulis menyadari bahwa laporan Skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, apabila terdapat kesalahan atau kekurangan dalam laporan ini, Penulis memohon agar kritik dan saran bisa disampaikan langsung melalui *e-mail* emailanda@mail.id.



Creative Common License 1.0 Generic

Terkait template ini, gambar lisensi di atas diambil dari http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/1.0/deed.en_CA. Jika ingin mengetahui lebih lengkap mengenai *Creative Common License 1.0 Generic*, silahkan buka <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/1.0/legalcode>. Seluruh dokumen yang dibuat dengan menggunakan template ini sepenuhnya menjadi hak milik pembuat dokumen dan bebas didistribusikan sesuai dengan keperluan masing-masing. Lisensi hanya berlaku jika ada orang yang membuat template baru dengan menggunakan template ini sebagai dasarnya.

Penyusun template ingin berterima kasih kepada Andreas Febrian, Lia Sadita, Fahrurrozi Rahman, Andre Tampubolon, dan Erik Dominikus atas kontribusinya dalam template yang menjadi pendahulu template ini. Penyusun template juga ingin mengucapkan terima kasih kepada Azhar Kurnia atas kontribusinya dalam template yang menjadi pendahulu template ini.

Semoga template ini dapat membantu orang-orang yang ingin mencoba menggunakan \LaTeX . Semoga template ini juga tidak berhenti disini dengan ada kontribusi dari para penggunanya. Jika Anda memiliki perubahan yang dirasa penting untuk disertakan dalam template, silakan lakukan *fork* repositori Git template ini di <https://gitlab.com/ichlaffterlalu/latex-skripsi-ui-2017>, lalu lakukan *merge request* perubahan Anda terhadap *branch* master. Kami berharap agar *template* ini dapat terus diperbarui mengikuti perubahan ketentuan dari pihak Rektorat Universitas Indonesia, dan hal itu tidak mungkin terjadi tanpa kontribusi dari teman-teman sekalian.

Depok, Tanggal Bulan Tahun

Mikhael Deo Barli

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Mikhael Deo Barli
NPM : 1906350572
Program Studi : Ilmu Komputer
Jenis Karya : Skripsi

demikian pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*Non-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

Penalaran Logika Berbasis Framework Translation-Decomposition-Search-Resolve pada
Open-Weight Large Language Model dengan Dataset Berbahasa Indonesia

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok
Pada tanggal : Tanggal Bulan Tahun
Yang menyatakan

(Mikhael Deo Barli)

ABSTRAK

Nama : Mikhael Deo Barli
Program Studi : Ilmu Komputer
Judul : Penalaran Logika Berbasis Framework Translation-
Decomposition-Search-Resolve pada Open-Weight Large
Language Model dengan Dataset Berbahasa Indonesia
Pembimbing : Ari Saptawijaya, S.Kom., M.Sc., Ph.D

Isi abstrak.

Kata kunci:

Open-weight LLM, Penalaran logika dataset berbahasa Indonesia, *translation-decompose-search-resolve framework*

ABSTRACT

Name : Mikhael Deo Barli
Study Program : Computer Science
Title : Logical Inference Framework Translation-Decomposition-
Search-Resolve on Open-Weight Large Language Model with
Indonesian Language Dataset
Counselor : Ari Saptawijaya, S.Kom., M.Sc., Ph.D

Abstract content.

Key words:

Open-weight LLM, Bahasa Indonesia logical inference dataset, translation-decompose-search-resolve framework

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN ORISINALITAS	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
LEMBAR PERSETUJUAN KARYA ILMIAH	vi
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR KODE PROGRAM	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
1. Pendahuluan	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Posisi Penelitian	4
1.7 Sistematika Penulisan	6
2. Landasan Teori	7
2.1 <i>First-Order Logic</i> (FOL)	7
2.1.1 Sintaks: Alfabet dan Aturan Pembentukan	7
2.1.2 Semantik: Interpretasi dan Kebenaran	8
2.2 (Konsekuensi Logis (<i>Entailment</i>))	8
2.3 Resolusi dan Unifikasi	8
2.3.1 <i>Proof by Refutation</i> (Pembuktian Kontradiksi)	8
2.3.2 Konversi ke <i>Conjunctive Normal Form</i> (CNF)	9
2.3.3 Aturan Resolusi Robinson dan Unifikasi	9
3. Cara Kerja Framework	10
3.1 Desain Eksperimen	10
3.2 Instrumen Data dan Adaptasi Linguistik	11
3.2.1 Proses Adaptasi ke Bahasa Indonesia	11
3.3 Konfigurasi Model	12
3.3.1 Pemilihan Model	12
3.3.2 Parameterisasi Inferensi	12
3.4 Kerangka Kerja Aristotle	14
3.4.1 Logika Translasi (<i>Logical Translation</i>)	14
3.4.2 Dekomposer (<i>Decomposer</i>)	14
3.4.3 Penyelesai Pencarian (<i>Search Router</i>)	15
3.4.4 Resolusi (<i>Resolver</i>)	15
3.5 Prosedur Eksekusi: Pipeline Aristotle	15
3.5.1 Tahap 1: Translasi Logika (Logical Translator)	15

3.5.2	Tahap 2: Dekomposisi dan Normalisasi	16
3.5.3	Tahap 3: Pencarian dan Resolusi (Search & Resolve)	16
3.6	Teknik Evaluasi dan Analisis Data	17
3.6.1	Parsing Bertingkat (Multi-stage Parsing)	17
3.6.2	Matrix Keberhasilan	21
4.	HASIL EKSPERIMEN DAN ANALISA	22
4.1	<i>Prompt Refining</i>	22
4.1.1	<i>Translation to First Order Logic</i>	22
4.1.2	<i>Decomposition to Conjunctive Normal Form</i>	34
4.1.3	<i>Search Resolve</i>	40
4.2	Matriks Evaluasi	62
4.2.1	Naive Prompting	62
4.2.2	Aristotle	63
4.3	Analisis Mendalam	64
4.3.1	Fenomena "Bottleneck" pada <i>Neuro-Symbolic</i>	64
4.3.2	Efektivitas Model Regional (Sovereign AI)	64
5.	PENUTUP	65
5.1	Kesimpulan	65
5.2	Saran	66
	DAFTAR REFERENSI	68

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1. Kerangka kerja Aristotle untuk inferensi logika menggunakan LLM dan metode neuro-symbolic (Xu et al. (2025))	14
--	----

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1.	Perbandingan Penelitian Terkait Penalaran Logis dengan LLM	5
Tabel 4.1.	Hasil Eksperimen dengan Naive Prompting	62
Tabel 4.2.	Hasil Eksperimen dengan Aristotle Framework	63

DAFTAR KODE PROGRAM

Kode 3.1. Konfigurasi parameter deterministik untuk meniadakan halusinasi kreatif	13
Kode 3.2. Mekanisme injeksi data poin ke dalam template prompt Aristotle	16
Kode 3.3. Regex untuk ekstraksi blok Translasi	17
Kode 3.4. Regex untuk ekstraksi blok Dekomposisi	18
Kode 3.5. Regex untuk memvalidasi langkah Resolusi	20
assets/texts/translation.txt	22
assets/texts/translation_modified.txt	26
assets/texts/translation_refine.txt	29
assets/texts/and_or_decomposer.txt	34
assets/texts/and_or_decomposer_refine.txt	36
assets/texts/logic_resolver.txt	40
assets/texts/logic_resolver_modified.txt	48
assets/texts/logic_resolver_refine.txt	54

DAFTAR LAMPIRAN

BAB 1

PENDAHULUAN

Bab ini memaparkan latar belakang, permasalahan, tujuan, batasan, manfaat, ringkasan metodologi, serta sistematika penulisan penelitian ini. Penelitian ini berfokus pada evaluasi kemampuan penalaran logis oleh *Large Language Models* (LLM) yang bersifat *open-weight* ketika bekerja pada dataset berbahasa Indonesia dengan *framework translation-decomposition-search-resolve*

1.1 Latar Belakang

Perkembangan *Large Language Model* (LLM) telah mendorong kemajuan signifikan pada berbagai tugas pemrosesan bahasa natural seperti penerjemahan, ringkasan, dan tanya-jawab. Namun, kemampuan LLM untuk melakukan penalaran logis yaitu melakukan inferensi yang benar dari himpunan premis dan aturan formal masih menghadapi kendala fundamental. Evaluasi yang ketat menunjukkan bahwa model sering kali berfungsi sebagai mesin probabilistik yang menebak pola statistik alih-alih melakukan deduksi deterministik. Fenomena ini dijelaskan oleh Saparov and He (2023) dalam penelitian mereka "~~Language Models Are Greedy Reasoners~~", yang menunjukkan bahwa LLM sering gagal dalam inferensi multi-langkah karena mereka mengambil jalan pintas heuristik daripada mengikuti rantai logika yang valid.

Untuk mengatasi kesenjangan antara kemampuan linguistik dan logika ini, berbagai metode prompting dan arsitektur telah dikembangkan. Berikut adalah sedikit tinjauan terhadap evolusi metode penalaran logis pada LLM yang menjadi landasan penelitian ini:

1. *Naive Prompting (Implicit Reasoning)*: Pendekatan paling dasar di mana model diminta langsung menjawab kesimpulan dari premis yang diberikan (misalnya, Zero-shot). Kelemahannya adalah "Curse of Complexity", di mana akurasi model menurun secara eksponensial seiring bertambahnya langkah logika karena model tidak memiliki memori kerja eksternal untuk menyimpan status inferensi perantara. Saparov and He (2023)
2. *Chain-of-Thought (CoT)*: Diperkenalkan oleh Wei et al. (2023), CoT mendorong model untuk menghasilkan serangkaian langkah penalaran perantara sebelum memberikan

jawaban akhir. Metode ini terbukti meningkatkan performa pada tugas aritmatika dan simbolik secara signifikan dengan mengubah pemetaan Input-Output menjadi Input-Reason1-Reason2-Output. Namun, CoT rentan terhadap propagasi kesalahan, jika satu langkah penalaran salah (halusinasi), seluruh kesimpulan akan salah karena tidak ada mekanisme verifikasi eksternal.

3. *Tree-of-Thoughts (ToT)*: Yao et al. (2023) mengembangkan konsep CoT menjadi struktur pohon, memungkinkan model untuk mengeksplorasi berbagai jalur penalaran, melakukan lookahead, dan backtracking saat menemui jalan buntu. Meskipun lebih kuat, ToT sangat mahal secara komputasi dan masih bergantung pada intuisi probabilistik model itu sendiri untuk mengevaluasi validitas setiap cabang pemikiran.
4. *Neuro-Symbolic Approaches (Logic-LM & SymbCoT)*: Untuk mencapai ketepatan logika yang strict, pendekatan *Neuro-Symbolic* mulai diadopsi. Logic-LM oleh Pan et al. (2023) menggunakan LLM hanya sebagai penerjemah masalah ke dalam kode simbolik (seperti Prolog), yang kemudian diselesaikan oleh solver deterministik. Xu et al. (2024) kemudian mengusulkan SymbCoT yang mencoba mengintegrasikan verifikasi simbolik langsung ke dalam rantai pemikiran LLM.
5. *Aristotle Framework*: Penelitian ini berfokus pada Framework Aristotle oleh Xu et al. (2025), yang menyempurnakan pendekatan *Neuro-Symbolic* dengan arsitektur **Decompose-Search-Resolve**. Keunggulan utamanya adalah adanya modul Search Router yang memangkas ruang pencarian premis yang tidak relevan, serta penggunaan dua jalur pembuktian (**pembuktian S dan \neg S**) untuk meminimalkan halusinasi.

Meskipun metode-metode di atas menunjukkan hasil positif, sebagian besar penelitian dilakukan pada dataset berbahasa Inggris. Studi terhadap kemampuan penalaran LLM pada bahasa lain, termasuk Bahasa Indonesia, masih terbatas. Perbedaan struktur linguistik (seperti ambiguitas subjek dalam Bahasa Indonesia) dan kualitas tokenisasi dapat memengaruhi performa model setelah adaptasi lintas bahasa. Selain itu, penelitian sebelumnya menggunakan proprietary LLM (seperti GPT-4), sehingga perbandingan performa *apple-to-apple* pada model open-weight dengan sumber daya terbatas belum banyak dikaji.

Dari gap penelitian yang sudah disebutkan, belum ada kajian mendalam mengenai efektivitas framework Aristotle pada dataset berbahasa Indonesia menggunakan open-weight LLM. Penelitian ini menjadi penting untuk mengevaluasi apakah model seperti Sahabat-AI

(yang dilatih khusus untuk Bahasa Indonesia) atau SEA-LION (regional ASEAN) ataupun Qwen(generik) dapat mengatasi tantangan penalaran logis.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah penelitian ini adalah:

1. Bagaimana penalaran logis pada dataset berbahasa Indonesia dilakukan dengan menggunakan *framework translation-decompose-search-resolve*?
2. Bagaimana perbandingan performa *framework translation-decompose-search-resolve* untuk penalaran logis berbahasa Indonesia antar open-weight LLM berparameter rendah?
3. Bagaimana perbandingan performa *framework translation-decompose-search-resolve* dibandingkan naive prompting untuk penalaran logis berbahasa Indonesia pada open-weight LLM berparameter rendah?

1.3 Tujuan Penelitian

Berikut adalah tujuan dari penelitian sesuai dengan latar belakang dan rumusan masalah

Tujuan:

1. Mengevaluasi penalaran logis pada dataset berbahasa Indonesia dilakukan dengan menggunakan *framework translation-decompose-search-resolve*
2. Mengukur perbandingan performa *framework translation-decompose-search-resolve* untuk penalaran logis berbahasa Indonesia antar open-weight LLM berparameter rendah
3. Mengukur perbandingan performa *framework translation-decompose-search-resolve* naive prompting untuk penalaran logis berbahasa Indonesia pada open-weight LLM berparameter rendah

1.4 Batasan Penelitian

~~Agar fokus dan ruang lingkup terukur,~~ penelitian ini dibatasi sebagai berikut:

- **Dataset:** Fokus pada dataset diterjemahkan ke Bahasa Indonesia, yaitu ProntoQA saja
- **Model:** Eksperimen menggunakan model open-weight yang dapat dijalankan lokal

maupun server, khususnya dengan kuantisasi. Model tersebut antara lain: Qwen2.5-7B-IT-GGUF, SEALIONv3-LLama-8B-IT-GGUF, dan SahabatAIv1-LLama-8B-IT-GGUF

- **Evaluasi:** Metrik utama adalah akurasi jawaban akhir terhadap ground truth.
- **Implementasi** berbasiskan pada source code yang tersedia pada repository Aristotle yang merupakan implementasi *framework translation-decompose-search-resolve* Xu et al. (2025)

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi yang bermakna bagi berbagai pihak:

- **Bagi pengembangan ilmu pengetahuan:** Penelitian ini dapat menambah pemahaman tentang kemampuan penalaran logis LLM pada bahasa Indonesia, sebuah aspek yang masih jarang dikaji. Temuan ini dapat menjadi fondasi bagi penelitian lanjutan dalam evaluasi model bahasa pada tugas-tugas penalaran logis kompleks dalam bahasa lokal.
- **Bagi praktisi dan pengembang:** Hasil analisis perbandingan model dan efektivitas framework dapat menjadi panduan dalam memilih model open-weight yang tepat dan merancang pipeline pemrosesan bahasa untuk tugas penalaran logis berbahasa Indonesia, terutama dengan sumber daya komputasi terbatas.
- **Bagi komunitas penelitian terbuka:** Dataset ProntoQA yang diterjemahkan ke bahasa Indonesia, skrip eksperimen, serta laporan hasil penelitian akan dibagikan kepada publik. Kontribusi ini memungkinkan peneliti lain untuk mereplikasi, memvalidasi, dan melanjutkan penelitian dalam domain yang sama tanpa perlu melakukan terjemahan dan persiapan data dari awal.

1.6 Posisi Penelitian

Penelitian ini mengisi gap dalam literatur saat ini dengan menerapkan kerangka kerja *Neuro-Symbolic* pada model berparameter rendah (*low-resource*) yang dikuantisasi, khusus untuk Bahasa Indonesia.

Peneliti (Tahun)	Metode / Framework	Model / Bahasa / Dataset	Keterbatasan (Gap)
Saparov & He (2022)	Naive Prompting & CoT	GPT-3 (175B) Inggris ProntoQA (Eng)	Hanya mengevaluasi model proprietary <i>high-resource</i> , rentan terhadap <i>greedy reasoning</i> .
Pan et al. (2023)	Logic-LM (Translate-Execute)	GPT-3.5 / GPT-4 Inggris ProofWriter, ProntoQA	Bergantung pada solver eksternal tanpa mekanisme <i>search</i> untuk memangkas premis tidak relevan.
Xu et al. (2025)	Aristotle (Translaction-Decompose-Search-Resolve)	Llama-2 / GPT-4 Inggris LogicNLI, ProntoQA, ProofWriter	Framework yang efektif, tetapi belum diuji pada model LLM <i>low-resource</i> dengan dataset berbahasa Indonesia.
Koto et al. (2023)	Evaluasi Benchmark	IndoGPT, XGLM Indonesia IndoMMLU, IndoNLI	Fokus pada evaluasi pengetahuan umum, bukan penalaran logika formal yang membutuhkan multi-langkah penyelesaian.
Penelitian (2025)	Ini Aristotle (Translaction-Decompose-Search-Resolve)	Qwen2.5, SEA-LION, Sahabat-AI Indonesia ProntoQA-ID	Menguji efektivitas <i>translaction-decompose-search-resolve</i> pada model <i>open-weight</i> kecil dan terkuantisasi.

Tabel 1.1: Perbandingan Penelitian Terkait Penalaran Logis dengan LLM

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan laporan adalah sebagai berikut:

- Bab 1 PENDAHULUAN

Menguraikan motivasi penelitian, kesenjangan dalam literatur saat ini mengenai penalaran LLM bahasa Indonesia, rumusan masalah, dan tujuan spesifik validasi *framework* Aristotle.

- Bab 2 LANDASAN TEORI

Menjelaskan prinsip-prinsip First-Order Logic (FOL) dan aturan inferensi berdasarkan literatur klasik (Rosen, Robinson), serta tinjauan mendalam mengenai paradigma *Neuro-Symbolic* dan evolusi dari Naive Prompting ke Aristotle.

- Bab 3 FRAMEWORK *TRANSLATION-DECOMPOSITION-SEARCH-RESOLVE*

Mendeskripsikan desain eksperimen, proses adaptasi dataset ProntoQA ke Bahasa Indonesia, konfigurasi model, dan implementasi teknis *pipeline Translation-Decompose-Search-Resolve*.

- Bab 4 HASIL EKSPERIMEN DAN ANALISA

Menyajikan data hasil akurasi antara Qwen, SEA-LION, dan Sahabat-AI. Bab ini akan menganalisis permasalahan pada tiap tahap *framework* serta membandingkan hasilnya dengan metode Naive Prompting.

- Bab 5 PENUTUP

Merangkum temuan utama mengenai penggunaan model open-weight LLM untuk tugas logika formal dan memberikan rekomendasi untuk penelitian selanjutnya di bidang penalaran logis pada bahasa Indonesia.

BAB 2

LANDASAN TEORI

Bab ini membangun kerangka teoretis yang mendasari analisis kemampuan *Large Language Models* (LLM) dalam melakukan penalaran logika. Pembahasan mencakup prinsip formal dari *First-Order Logic* (FOL), prosedur konversi ke *Conjunctive Normal Form* (CNF), serta algoritma Resolusi yang menjadi mesin utama dalam *framework* Aristotle.

2.1 *First-Order Logic* (FOL)

First-Order Logic (FOL), atau Kalkulus Predikat, adalah sistem formal yang memperluas logika proposisi dengan memperkenalkan variabel, fungsi, dan kuantor untuk merepresentasikan objek dan relasi di dunia nyata.

2.1.1 Sintaks: Alfabet dan Aturan Pembentukan

Mengacu pada definisi standar dalam buku *Discrete Mathematics and Its Applications* karya Kenneth H. Rosen (2012), sintaks FOL dibangun dari komponen-komponen berikut:

- Simbol Logis:
 - Konektif: \neg (Negasi), \wedge (Konjungsi), \vee (Disjungsi), \rightarrow (Implikasi), \leftrightarrow (Bikondisional).
 - Kuantor: \forall (Universal), \exists (Eksistensial).
 - Variabel: x, y, z, \dots
- Simbol Non-Logis:
 - Konstanta: Simbol yang merepresentasikan objek spesifik (misalnya, "Alice", "42").
 - Fungsi ($f(x_1, \dots, x_n)$): Memetakan objek ke objek lain. Contoh: *AyahDari*(Budi).
 - Predikat ($P(x_1, \dots, x_n)$): Fungsi yang memetakan tuple objek ke nilai kebenaran (True/False). Contoh: *Suka*(Budi, Apel).
- Grammar (Tata Bahasa):
 - Term: Sebuah variabel, konstanta, atau fungsi yang diterapkan pada term lain.
 - Formula Atomik: Predikat yang diterapkan pada term. Ini adalah unit terkecil yang memiliki nilai kebenaran.
 - *Well-Formed Formulas* (WFFs): Formula yang disusun secara rekursif dari formula

atomik menggunakan konektif dan kuantor. Rosen menekankan pentingnya cakupan kuantor (scope), di mana variabel dalam cakupan kuantor disebut bound variable (terikat), sedangkan yang di luar adalah free variable (bebas).

2.1.2 Semantik: Interpretasi dan Kebenaran

Kebenaran sebuah kalimat FOL ditentukan oleh sebuah Interpretasi (I) atas Domain (\mathcal{D}) yang tidak kosong. Interpretasi memetakan:

- Konstanta ke elemen di \mathcal{D} .
- Memetakan predikat n -ary ke relasi n -ary di \mathcal{D} .
- Sebuah formula α dikatakan Benar di bawah interpretasi I (ditulis $I \models \alpha$) jika fakta di dunia nyata sesuai dengan struktur kalimat tersebut.

2.2 (Konsekuensi Logis (Entailment))

Tujuan utama sistem berbasis pengetahuan adalah menarik kesimpulan baru dari premis yang ada. Konsep ini diformalkan sebagai Entailment ($KB \models \alpha$). Menurut Huth and Ryan (2004), $KB \models \alpha$ berlaku jika dan hanya jika untuk setiap interpretasi di mana KB bernilai benar, α juga pasti bernilai benar. Dalam konteks komputasi, memeriksa semua interpretasi adalah mustahil. Oleh karena itu, kita menggunakan Inference Rules (aturan inferensi) sintaksis untuk membuktikan validitas tanpa memeriksa semantik satu per satu.

2.3 Resolusi dan Unifikasi

Metode inferensi utama yang digunakan dalam modul "Resolver" Aristotle adalah Resolusi. Teknik ini diperkenalkan oleh J.A. Robinson pada tahun 1965 dalam makalah seminalnya "A Machine-Oriented Logic Based on the Resolution Principle". Robinson (1965)

2.3.1 Proof by Refutation (Pembuktian Kontradiksi)

Robinson membuktikan bahwa untuk menguji $KB \models \alpha$, kita cukup membuktikan bahwa himpunan $KB \cup \{\neg\alpha\}$ adalah Unsatisfiable (tidak mungkin benar bersamaan). Jika kita dapat menurunkan klausa kosong (\square atau False) dari himpunan tersebut, maka α terbukti benar. Robinson (1965)

2.3.2 Konversi ke *Conjunctive Normal Form* (CNF)

Agar aturan resolusi dapat diterapkan, formula logika harus diubah ke bentuk standar yang disebut *Conjunctive Normal Form* (CNF). Menurut Fitting (1996) merinci langkah-langkah algoritma konversi ini sebagai berikut:

1. Eliminasi Implikasi: Ubah $A \rightarrow B$ menjadi $\neg A \vee B$.
2. Geser Negasi ke Dalam: Gunakan hukum De Morgan dan aturan $\neg \forall x P \equiv \exists x \neg P$.
3. Standardisasi Variabel: Ubah nama variabel agar unik untuk setiap kuantor (misal: $\forall x P x \vee \forall x Q x$ menjadi $\forall x P x \vee \forall y Q y$).
4. Prenex Normal Form: Pindahkan semua kuantor ~~universal (\forall)~~ ke depan formula.
5. Skolemisasi: Menghilangkan kuantor eksistensial (\exists). Variabel y yang terikat oleh \exists diganti dengan Fungsi Skolem $f x$ yang bergantung pada variabel universal sebelumnya. Contoh: $\forall x \exists y \text{Parent} x, y$ menjadi $\forall x \text{Parent} x, f x$.
6. Distribusi & CNF: Gunakan aturan distributif untuk mendapatkan bentuk konjungsi dari klausa (AND of ORs).

2.3.3 Aturan Resolusi Robinson dan Unifikasi

Prinsip Resolusi Robinson menyederhanakan berbagai aturan inferensi klasik (seperti Modus Ponens dan Modus Tollens) menjadi satu aturan tunggal:

$$\frac{C_1 \vee L_1, \quad C_2 \vee L_2}{C_1 \vee C_2 \theta}$$

Di mana: L_1 dan L_2 adalah literal yang ~~dapat dibuat~~ saling berlawanan (komplemen). θ adalah substitusi variabel yang dihasilkan oleh algoritma Unifikasi.

Unifikasi adalah proses mencari Most General Unifier (MGU) θ yang membuat dua atom sintaksis menjadi identik. Contoh: Unifikasi Px dan $\neg PAlex$ menghasilkan $\theta = \{xAlex\}$. Tanpa unifikasi, resolusi pada FOL tidak mungkin dilakukan karena variabel pada premis yang berbeda harus diselaraskan.

BAB 3

CARA KERJA FRAMEWORK

Bab ini menguraikan rancangan operasional yang digunakan untuk menjawab rumusan masalah penelitian. Metodologi ini disusun untuk menguji secara empiris apakah pendekatan dapat mengatasi kelemahan penalaran probabilistik pada *open-weight Large Language Models* (LLM) dalam konteks Bahasa Indonesia.

Pendekatan penelitian ini bersifat kuantitatif-eksperimental. Fokus utamanya adalah **men-
gukur akurasi penalaran logis** yang diperoleh melalui manipulasi struktur *prompting* (dari Naive ke Neuro-Symbolic) dan dampaknya ketika model dijalankan dengan sumber daya terbatas (melalui kuantisasi).

3.1 Desain Eksperimen

Eksperimen dirancang dengan membandingkan performa model dalam dua skenario inferensi:

1. **Skenario Pertama (*Naive Prompting*):** Pada skenario ini, model diuji kemampuan ”intuisi”-nya. Masalah logika diberikan dalam bentuk narasi langsung dengan instruksi standar dan beberapa contoh pengerjaan (*few-shot*). Skenario ini merepresentasikan cara penggunaan LLM pada umumnya, di mana model dipaksa melakukan logika secara implisit di dalam *hidden states*-nya.
2. **Skenario Kedua (*Framework Aristotle*):** Skenario ini menerapkan (*pipeline*) yang memaksa model untuk mengeksternalisasi proses berpikirnya ke dalam simbol-simbol logika formal. Sesuai landasan teori, proses ini dipecah menjadi tahapan sekuensial: **Translasi → Dekomposisi → Pencarian Bukti → Resolusi**.

Struktur variabel penelitian didefinisikan sebagai berikut:

- **Variabel Bebas (*Independent Variables*):**
 - **Model:** Tiga kategori model yang mewakili spektrum pemahaman bahasa: Global (Qwen), Regional (SEA-LION), dan Nasional (SahabatAI).
 - **Metode Prompting:** *Naive* vs *Aristotle Framework*.
 - **Tingkat Presisi:** *Unquantized* (FP16/BF16) vs Terkuantisasi (4-bit GGUF)

- **Variabel Terikat (*Dependent Variables*):**
 - **Akurasi (*Accuracy*):** Ketepatan hasil akhir (Benar/Salah) yang diverifikasi terhadap *ground truth*.
 - **Kepatuhan Format (*Parsability*):** Kemampuan model menghasilkan sintaks logika (FOL/CNF) yang valid secara komputasi. Kegagalan menghasilkan format yang benar dianggap sebagai kegagalan penalaran.
- **Variabel Kontrol:** Untuk memastikan bahwa variasi hasil murni disebabkan oleh variabel bebas, seluruh eksperimen dijalankan secara deterministik dengan parameter yang tetap. Hal ini meniadakan faktor (*randomness*) dalam resolusi inferensi.

3.2 Instrumen Data dan Adaptasi Linguistik

Penelitian ini menggunakan dataset **ProntoQA** (*Prompting with Ontologies for QA*). Pemilihan dataset ini didasarkan pada kebutuhan untuk menguji kemampuan LLM dalam deduksi sintesis, terlepas dari pengetahuan dunia nyata dari LLM tersebut. ProntoQA menggunakan ontologi fiktif (misalnya: "*Setiap Wumpus adalah Jompus*"), sehingga model tidak dapat menjawab dengan mengandalkan hafalan dalam *pre-training*.

3.2.1 Proses Adaptasi ke Bahasa Indonesia

Proses penerjemahan dilakukan secara otomatis dengan *prompting* dan memberikan beberapa contoh dalam proses translasinya. Penerjemahan dilakukan dengan *open-weight* LLM yaitu **Gemma-SEA-LION-v3-9B-IT**. Model dipilih karena kemampuan yang baik dalam translasi dari bahasa Inggris ke bahasa Indonesia sesuai dengan **SEA-HELM leader-board**

- **Konsistensi Kuantor:** Frasa "Every X is Y" diterjemahkan menjadi "Setiap X adalah Y" atau "Semua X adalah Y" untuk menjaga pola *Universal Quantifier* (\forall).
- **Konsistensi Negasi:** Struktur "X is not Y" dipetakan menjadi "X bukan Y" atau "X tidak Y".
- **Konsistensi Plural:** Subjek seperti "Wumpuses", "Jompuses", dan subjek lainnya, tidak diterjemahkan imbuhan untuk menjaga struktur kalimat.

3.3 Konfigurasi Model

Mengingat bahwa adanya batasan sumber daya komputasi, maka eksperimen dijalankan menggunakan pustaka `llama.cpp` Gerganov (2023) yang dioptimalkan untuk inferensi model.

3.3.1 Pemilihan Model

Model yang dipilih mewakili tiga tingkatan spesialisasi bahasa untuk menguji hipotesis bahwa pemahaman dalam bahasa lokal membantu proses dekomposisi logika:

1. **Qwen2.5-7B-Instruct (Representasi Global):** Model ini dipilih karena performanya yang unggul dalam benchmark logika matematika global, menjadi titik ukur batas atas kemampuan model *open-weight* saat ini.
2. **SEA-LION-v3-Llama-8B-Instruct (Representasi Regional):** Model yang telah melalui *continued pre-training* dengan data Asia Tenggara, diharapkan memiliki pemahaman semantik yang lebih baik terhadap struktur kalimat regional.
3. **SahabatAI-v1-Llama-8B-Instruct (Representasi Nasional):** Model yang dikhususkan untuk Bahasa Indonesia, juga sudah melalui *continued pre-training*, digunakan untuk melihat apakah spesialisasi bahasa yang mendalam dapat menyelesaikan penalaran lebih baik dalam tugas logika.

3.3.2 Parameterisasi Inferensi

Setiap model dijalankan dengan pengaturan parameter yang sama/konsisten untuk memastikan hasil eksperimen mencerminkan pengaruh variabel bebas, bukan perbedaan konfigurasi teknis. Strategi deterministik diterapkan untuk menghilangkan unsur *randomness* dalam proses inferensi. Parameter utama yang dikontrol adalah:

- **Temperature:** Ditetapkan ke 0.0 sehingga model hanya memilih token dengan probabilitas tertinggi tanpa penambahan noise acak (*greedy decoding*). Hal ini memastikan setiap prompt menghasilkan output yang identik.
- **Max Tokens:** Dibatasi sesuai dengan panjang output yang wajar untuk setiap tahap dalam pipeline, mencegah generasi yang berlebihan. Adapun token yang dibutuhkan untuk setiap tahap inferensi dalam *framework* antara lain: proses translasi ke FOL memerlukan output setidaknya 400 token, proses dekomposisi setidaknya memerlukan

output 700 token, dan proses pencarian bukti setidaknya memerlukan 1000 token., sehingga **max tokens** yang di set untuk semua proses adalah 2500 untuk mengatasi *overhead* atau halusinasi jika model tidak secara *strict* mengikuti format.

- **n_ctx**: Ukuran konteks diatur untuk menentukan berapa banyak token sebelumnya yang dapat dipertimbangkan model saat menghasilkan respons. Nilai yang lebih besar memungkinkan model memahami konteks yang lebih panjang, namun meningkatkan penggunaan memori. **n_ctx** di set ke 0, sehingga ukuran konteks akan sesuai dengan kemampuan model masing-masing.
- **n_gpu_layers**: Menentukan jumlah layer model yang dijalankan di GPU untuk akselerasi. Nilai yang lebih tinggi mempercepat inferensi tetapi memerlukan VRAM yang lebih besar. Nilai -1 berarti semua komputasi dilakukan di CPU.

Konfigurasi lengkap ini disajikan dalam kode berikut:

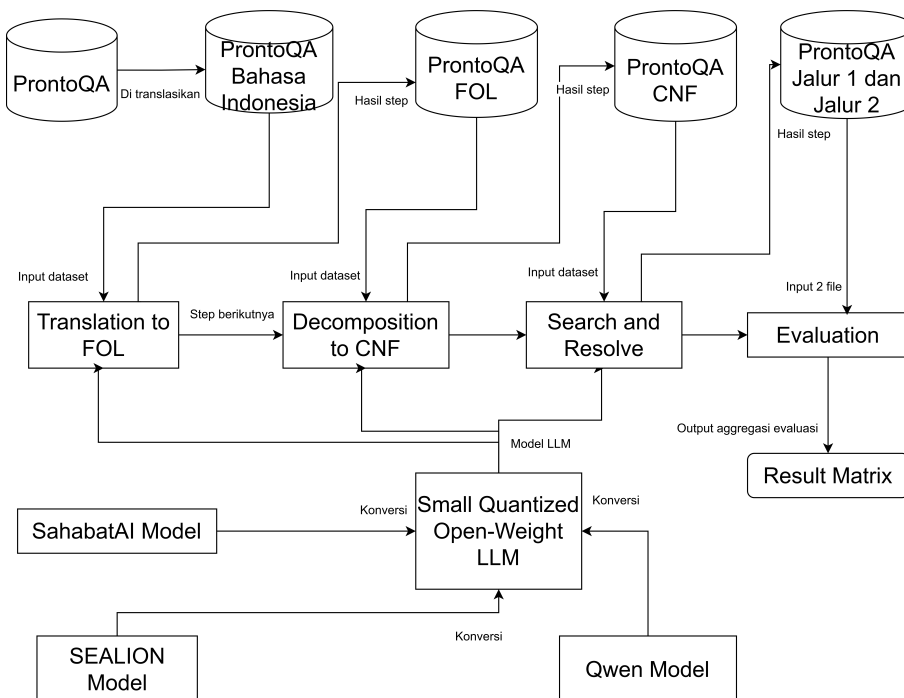
```

1 class LlamaCPPBackend:
2     def __init__(self, local_model_path: str):
3         """
4         local_model_path: Must point to a specific .gguf FILE, not just a directory.
5         """
6         if not LLAMACPP_AVAILABLE: raise ImportError("llama-cpp-python not installed.
          Run 'pip install llama-cpp-python'")
7
8         # n_gpu_layers=-1 means offload ALL layers to GPU
9         self.llm = Llama(
10             model_path=local_model_path,
11             n_ctx=0,
12             n_gpu_layers=-1,
13             verbose=False
14         )
15
16     def generate(self, prompt: str, max_new_tokens: int = 512, temperature: float =
17         0.0, **kwargs) -> str:
18         output = self.llm(
19             prompt,
20             max_tokens=max_new_tokens,
21             stop=[],
22             echo=True, # Return prompt + completion to match others
23             temperature=temperature
24         )
25         return output['choices'][0]['text']

```

Kode 3.1: Konfigurasi parameter deterministik untuk meniadakan halusinasi kreatif

3.4 Kerangka Kerja Aristotle



Gambar 3.1: Kerangka kerja Aristotle untuk inferensi logika menggunakan LLM dan metode neuro-symbolic (Xu et al. (2025))

Penelitian ini mengimplementasikan *framework Aristotle* (Xu et al. (2025)) yang membagi proses inferensi menjadi empat modul utama, sesuai dengan gambar 3.1.

3.4.1 Logika Translasi (*Logical Translation*)

Modul ini menggunakan LLM *open-weight* untuk menerjemahkan premis bahasa natural menjadi FOL

- **Input:** Data poin dalam bahasa Indonesia
- **Proses:** Menerjemahkan data poin menjadi 3 bagian, sesuai dengan formula, yaitu premis dari konteks \rightarrow fakta dan aturan, pertanyaan dari konteks \rightarrow konjektur

3.4.2 Dekomposer (*Decomposer*)

Modul ini menggunakan LLM *open-weight* untuk dekomposisi aturan yang sudah berbentuk FOL ke dalam PNF, CNF, dan Skolemisasi

- **Input:** data poin yang sudah melewati Logical Translation dalam bentuk FOL

- **Proses:** Dekomposisi data poin yang sudah menjadi FOL ke dalam bentuk NF, lalu Skolemisasi, dan terakhir CNF.

3.4.3 Penyelesai Pencarian (*Search Router*)

Mesin inti inferensi terdiri dari dua sub-komponen:

1. **Logical Search Router:** Memilih klausa mana yang relevan untuk diproses. Hal ini mencegah terjadinya ledakan kombinatorial yang mengakibatkan proses komputasi yang lama dan pencarian bukti yang sesuai dengan pembuatan set untuk menyimpan premis yang sudah ditelusuri dan memberi batasan banyaknya ronde dalam pencarian bukti
2. **Logical Resolver:** Menerapkan aturan resolusi secara iteratif hingga ditemukan kontradiksi (untuk pembuktian salah) atau hingga ruang pencarian habis.

3.4.4 Resolusi (*Resolver*)

Sistem memverifikasi sebuah hipotesis S melalui dua jalur paralel dengan menerapkan pembuktian dengan kontradiksi (*Proof By Contradiction*)


- **Jalur 1 :** Asumsikan S . Jika ditemukan kontradiksi, maka S adalah **Benar**.
- **Jalur 2 :** Asumsikan $\neg S$ (Negasi S). Jika ditemukan kontradiksi, maka S adalah **Benar**.

3.5 Prosedur Eksekusi: Pipeline Aristotle

Berbeda dengan *Naive Prompting* yang hanya berupa satu kali pemanggilan (*single-turn*), implementasi kerangka kerja Aristotle menuntut beberapa pemanggilan model (*chain-of-calls*).

3.5.1 Tahap 1: Translasi Logika (*Logical Translator*)

Langkah pertama bertujuan memetakan kalimat Bahasa Indonesia yang sering kali implisit (tanpa penanda waktu atau subjek yang jelas) menjadi representasi *First Order Logic* (FOL). Model diberikan instruksi untuk mengidentifikasi:

- **Fakta Atomik:** Pernyataan spesifik tentang entitas (misal: *Pahit(Bernard, False)*).
- **Aturan Implikasi:** Hubungan sebab-akibat (misal: *Dermawan(x , False)* )

Murni(Axel, False)).

3.5.2 Tahap 2: Dekomposisi dan Normalisasi

Pada tahap ini, output FOL diproses lebih lanjut untuk memenuhi standar mesin pembukti teorema. Model diinstruksikan untuk melakukan konversi ke *Prenex Normal Form* (PNF) dan kemudian ke *Conjunctive Normal Form* (CNF). Proses penting di sini adalah **Skolemisasi**, yaitu penghapusan kuantor eksistensial (\exists) yang sering menjadi sumber ambiguitas bagi model bahasa. Dalam dataset ProntoQA, tidak perlu dilakukan skolemisasi karena premis-premis dari dataset tersebut tidak memiliki kuantor eksistensial.

- **PNF:** Konversi FOL ke bentuk PNF, di mana semua kuantor diletakkan di awal formula, diikuti oleh matriks bebas kuantor.
- **Skolemisasi:** Penghapusan kuantor eksistensial (\exists) dengan mengganti variabel eksistensial dengan fungsi Skolem. Meskipun dataset *ProntoQA* tidak memerlukan langkah ini, tetapi inklusinya memastikan pipeline dapat menangani formula umum dengan kuantor campuran untuk dataset lain, seperti *ProofWriter* dan *LogicNLI*
- **CNF:** Transformasi akhir ke CNF, di mana formula diekspresikan dalam bentuk konjungsi (AND) dan disjungsi (OR) antar premis / kalimat.

3.5.3 Tahap 3: Pencarian dan Resolusi (Search & Resolve)

Ini adalah inti dari arsitektur neuro-symbolic. Alih-alih membiarkan model menebak jawaban akhir, model diminta bertindak sebagai mesin *Resolution Prover*.

1. **Clause Selection:** Model memilih premis yang relevan dari premis yang sudah didekomposisi dan disimpan ke memori.
2. **Resolution Step:** Model menerapkan aturan inferensi (~~seperti Modus Ponens atau Silogisme~~) untuk menurunkan klausa baru.
3. **Contradiction Check:** Proses berhenti ketika ditemukan kontradiksi (misal: P dan $\neg P$ hadir bersamaan), yang membuktikan bahwa asumsi awal salah / terjadinya kontradiksi.

Mekanisme injeksi instruksi ke dalam *prompt template* untuk setiap tahap diimplementasikan menggunakan kode Python berikut:

```
1 def construct_prompt_a(self, record, in_context_examples_trans):
2     full_prompt = in_context_examples_trans
3     if self.dataset_name == "LogicNLI":
```

```

4         context = "\n".join(record['facts'] + record['rules'])
5         question = record['conjecture']
6     else:
7         context = record['context']
8         question = re.search(r'\?(.*)', record['question'].strip()).group(1).strip()
9     full_prompt = full_prompt.replace('[[PREMISES]]', context)
10    full_prompt = full_prompt.replace('[[CONJECTURE]]', question)
11    return full_prompt

```

Kode 3.2: Mekanisme injeksi data poin ke dalam template prompt Aristotle

3.6 Teknik Evaluasi dan Analisis Data

Untuk menjamin objektivitas, evaluasi tidak dilakukan secara manual melainkan menggunakan sistem ekstraksi berbasis pola (*Regular Expression* / *Regex*).

3.6.1 Parsing Bertingkat (Multi-stage Parsing)

Sistem evaluasi dirancang untuk ”menangkap” struktur logika dari output teks model. Kegagalan model dalam mematuhi format yang diminta pada tahap apa pun akan langsung dianggap sebagai kesalahan (*failure*), tanpa upaya perbaikan manual. Ini adalah standar ketat yang diterapkan untuk menguji keandalan model sebagai komponen sistem logika.

- **Ekstraksi FOL:** Mengambil Fakta, Aturan, dan Konjektur sesuai bloknya

```

1 def extract_facts_rules_conjecture(self, content, context_sentence_count=None):
2     # Clean invisible characters
3     content = (content or "").replace('\u200b', '').replace('\uffff', '')
4
5     prompt_marker = re.compile(
6         r'Di bawah ini(?:\s+adalah(?:\s+yang\s+perlu\s+Anda\s+terjemahkan)?):?',
7         re.IGNORECASE
8     )
9     m_prompt = prompt_marker.search(content)
10    search_start_pos = m_prompt.end() if m_prompt else 0
11
12    block_header = re.compile(r'\s*\{0,3\}Bentuk Akhir\s*\{0,3\}', re.IGNORECASE)
13    m_block = block_header.search(content, pos=search_start_pos)
14
15    if m_block:
16        area = content[m_block.end():]
17    else:
18        area = content[search_start_pos:]
19
20    # Define Patterns for possible headers
21    # Include the "End Markers" as a header type.
22    patterns = {

```

```

23     "facts": re.compile(r'(?:(Fakta|Facts))\s*[:\-\]\s*', re.IGNORECASE),
24     "rules": re.compile(r'(?:(Aturan|Rules))\s*[:\-\]\s*', re.IGNORECASE),
25     "conj": re.compile(r'(?:(Konjektur|Conjecture))\s*[:\-\]\s*', re.IGNORECASE),
26     "stop": re.compile(r'(?:(\{0,3\}\s*Akhir Blok\s*\{0,3\}|###|``|-{3,})',
re.IGNORECASE)
27 }
28
29 def extract_section(target_key):
30     start_match = patterns[target_key].search(area)
31     if not start_match:
32         return ""
33
34     content_start_idx = start_match.end()
35
36     # Find the next header
37     next_indices = []
38     for key, pat in patterns.items():
39         m = pat.search(area, pos=content_start_idx)
40         if m:
41             next_indices.append(m.start())
42
43     # If found upcoming headers, stop at the nearest one (min index).
44     # If no headers found, go to end of string.
45     if next_indices:
46         cutoff_idx = min(next_indices)
47         raw_text = area[content_start_idx:cutoff_idx]
48     else:
49         raw_text = area[content_start_idx:]
50
51     return raw_text.strip()
52
53 facts = extract_section("facts")
54 rules = extract_section("rules")
55 conjecture = extract_section("conj")
56
57 return facts, rules, conjecture

```

Kode 3.3: Regex untuk ekstraksi blok Translasi

- **Ekstraksi CNF:** mengambil hasil akhir dari dekomposisi dari Aturan FOL.

```

1 def post_process_decompose(self, content, rules_count=None):
2
3     content = (content or "").replace('\u200b', '').replace('\uffff', '')
4
5     marker_pattern = r'Di bawah ini adalah yang perlu Anda konversikan menggunakan
normalisasi.'
6     marker_match = re.search(marker_pattern, content, flags=re.IGNORECASE)
7
8     block_header = re.compile(r'\{0,3\}Bentuk Akhir\s*\{0,3\}', re.IGNORECASE)
9     m_block = block_header.search(content, pos=marker_match.end())

```

```

10
11     area = content[m_block.end():]
12
13     cnf_label_re = re.compile(
14         r'(? :Aturan dalam CNF|Aturan CNF|Aturan|Rules)\s*[:\-\]?\s*',
15         flags=re.IGNORECASE
16     )
17     skolem_label_re = re.compile(
18         r'(? :Aturan dalam Skolem|Skolemisasi|Skolem|Bentuk Akhir Setelah
19         Skolemisasi|Skolemization)\s*[:\-\]?\s*',
20         flags=re.IGNORECASE
21     )
22     # Construct the pattern string explicitly to avoid parentheses nesting errors.
23     boundary_pattern = (
24         r'(?:'                                     # Start outer group
25         r'\r?\n\s*'                                # Newline +
26         whitespace
27         r'(?:'                                     # Start inner
28         grouping for headers
29         r'(? :Aturan dalam CNF|Aturan CNF|Aturan \ (CNF\)|Aturan|Rules)|' #
30         CNF headers
31         r'(? :Skolemisasi|Skolem|Bentuk Akhir)|'   # Skolem headers
32         r'(? :\{*0,3\}\s*Akhir Blok\s*\{*0,3\}|Final Form|###)' # End markers
33         r')'                                       # End inner
34     grouping
35     r')'                                         # End outer group
36     r'|$\''                                     # OR End of String
37 )
38
39 boundary_re = re.compile(boundary_pattern, flags=re.IGNORECASE)
40
41 def extract_after_label(label_re):
42     """Finds label, returns text until next boundary."""
43     lab_match = label_re.search(area)
44     if not lab_match:
45         return None
46     start = lab_match.end()
47     bound = boundary_re.search(area, pos=start)
48     end = bound.start() if bound else len(area)
49     return area[start:end].strip()
50
51 cnf_raw = extract_after_label(cnf_label_re)
52 skolem_raw = extract_after_label(skolem_label_re)
53
54 def to_lines(raw):
55     if not raw:
56         return []
57     return [ln.strip() for ln in raw.splitlines() if ln.strip()]

```

```

55     cnf_lines = to_lines(cnf_raw)
56     skolem_lines = to_lines(skolem_raw) if skolem_raw else None
57
58     print(f"CNF Raw: {cnf_lines}")
59     print(f"Skolem Raw: {skolem_lines}")
60
61     return cnf_lines, skolem_lines

```

Kode 3.4: Regex untuk ekstraksi blok Dekomposisi

- **Ekstraksi Resolusi:** Mendeteksi klausa baru dan kesimpulan akhir dalam label kecukupan.

```

1 def post_process_logic_solver(self, response_d):
2     content = response_d
3     marker_pattern = r'(.*)Dibawah ini tugas yang perlu Anda lakukan(.*)'
4     marker_match = re.search(marker_pattern, content, flags=re.IGNORECASE)
5     search_area = content[marker_match.end():] if marker_match else content
6
7     final_block_pattern = (
8         r'\*{0,3}(?:Bentuk Akhir)\*{0,3}\s*'
9         r'(.*)'
10        r'(?=\*{0,3}(?:Akhir Blok)\*{0,3})|'
11        r'$)' # or end of string
12    )
13
14    final_block_match = re.search(final_block_pattern, search_area, flags=re.DOTALL |
15    re.IGNORECASE)
16
17    if not final_block_match:
18        return [], None
19
20    block = final_block_match.group(1)
21
22    block_clean = block.strip()
23    print(f"\n\nCHOSEN BLOCK:\n\n{block_clean}\n")
24    print("END OF CHOSEN BLOCK\n\n")
25
26    clause_pos = re.search(r'Clause\s*Baru', block_clean, flags=re.IGNORECASE)
27    clause_after = block_clean[clause_pos.end():]
28    m_new = re.search(r'\{(.*)\}', clause_after, flags=re.DOTALL)
29
30    if not m_new:
31        raise ValueError(f"'Clause Baru:' with '{...}' not found in expected form.")
32
33    new_clause = m_new.group(1).strip()
34
35    label_pos = re.search(r'Label\s*Cukup', block_clean, flags=re.IGNORECASE)
36    label_after = block_clean[label_pos.end():]
37    m_label = re.search(r'\{(.*)\}', label_after, flags=re.DOTALL)
38
39    if not m_label:

```

```

38         raise ValueError(f"'Label Cukup' with '['...']' not found in expected form
           [True|False].")
39
40     sufficiency_label = m_label.group(1).strip()
41
42     return {
43         "new_clause": new_clause,
44         "sufficiency_label": sufficiency_label,
45     }

```

Kode 3.5: Regex untuk memvalidasi langkah Resolusi

3.6.2 Matrix Keberhasilan

Kinerja dari sebuah LLM diukur menggunakan **Accuracy**. Berikut adalah **matrix kebenaran** dari sebuah jawaban:

$$A = \begin{cases} \text{True,} & P_n \models S_n \wedge P_n \not\models \neg S_n \\ \text{False,} & P_n \not\models S_n \wedge P_n \vdash \neg S_n \\ \text{Unknown,} & P_n \not\models S_n \wedge P_n \not\models \neg S_n \\ \text{Self-Contradictory,} & P_n \vdash S_n \wedge P_n \vdash \neg S_n \end{cases}$$

A merupakan output dari **matrix kebenaran** tersebut dan merupakan jawaban akhir dari sebuah data poin. P_n merupakan premis, S_n merupakan konjektur dan $\neg S_n$ merupakan konjektur yang dinegasi yang diinisialisasi dalam dua jalur pencarian bukti.

BAB 4

HASIL EKSPERIMEN DAN ANALISA

Bab ini memaparkan hasil eksperimen empiris yang dilakukan untuk mengevaluasi kinerja *open-weight* LLM pada tugas penalaran logis berbahasa Indonesia. Analisis dibagi menjadi tiga bagian utama: (1) proses iteratif penyempurnaan *prompt* untuk mengatasi ambiguitas bahasa, (2) hasil evaluasi kuantitatif menggunakan metrik akurasi, dan (3) analisis kualitatif mendalam mengenai penyebab kegagalan dan keberhasilan masing-masing model dalam kerangka kerja *Neuro-Symbolic*.

4.1 *Prompt Refining*

Sebelum melakukan evaluasi skala penuh, dilakukan serangkaian eksperimen pendahuluan untuk menstabilkan performa model dalam menjalankan empat modul utama *framework* Aristotle: *Translation*, *Decomposition*, *Search & Resolve*. Mengingat model yang digunakan adalah model berparameter kecil (7B-9B) yang dikuantisasi, model sangat sensitif terhadap struktur instruksi.

4.1.1 *Translation to First Order Logic*

Pada tahap ini dilakukan prompt untuk penerjemahan kalimat bahasa natural ke dalam *First Order Logic*. Tantangan utama pada tahap ini adalah memetakan kalimat Bahasa Indonesia yang implisit ke dalam struktur logika yang eksplisit.

Berikut adalah prompt template yang digunakan yang merupakan hasil dari translasi langsung dari prompt yang digunakan pada Aristotle Framework

```
1 Deskripsi Tugas: Anda diberikan sebuah deskripsi permasalahan dan pertanyaan. Tugasnya
   adalah:
2 1) parsing konteks menjadi aturan logika berdasarkan predikat yang ditentukan
3 2) menulis semua fakta yang disebutkan dalam masalah, dan pastikan mereka diterjemahkan
   dalam bentuk logika juga.
4 3) parsing konjektur menjadi bentuk logika
5 4) silakan berikan output akhir dalam format berikut. Pastikan Anda menerjemahkan dalam
   urutan berikut: fakta, aturan, kemudian konjektur.
6
7 -----
8
9 Berikut adalah contohnya:
10 Konteks:
```

```

11 Setiap jompus memiliki sifat eksentris. Setiap jompus adalah wumpus. Setiap wumpus
    memiliki sifat tidak transparan. Wumpuses adalah tumpuses. Tumpuses bersifat nakal.
    Tumpuses adalah vumpuses. Setiap vumpus memiliki sifat dingin. Setiap vumpus adalah
    yumpus. Yumpuses berwarna oranye. Yumpuses adalah Numpuses. Numpuses membosankan.
    Setiap numpus adalah Dumpus. Setiap dumpus memiliki sifat bukan pemalu. Impuses
    memiliki sifat pemalu. Dumpuses adalah rompuses. Setiap rompus tidaklah berwujud cair.
    Rompuses adalah zumpus. Alex adalah tumpus.

12
13 Konjektur:
14 Alex bukan pemalu.
15
16 ###
17 ***Bentuk Akhir***
18
19 Fakta:
20 Alex adalah tumpus :: Tumpus(Alex, True)
21
22 Aturan:
23 Jompus($x, True) >>> Eksentris($x, True)
24 Jompus($x, True) >>> Wumpus($x, True)
25 Wumpus($x, True) >>> Transparan($x, False)
26 Wumpus($x, True) >>> Tumpus($x, True)
27 Tumpus($x, True) >>> Nakal($x, True)
28 Tumpus($x, True) >>> Vumpus($x, True)
29 Vumpus($x, True) >>> Dingin($x, True)
30 Vumpus($x, True) >>> Yumpus($x, True)
31 Yumpus($x, True) >>> Oranye($x, True)
32 Yumpus($x, True) >>> Numpus($x, True)
33 Numpus($x, True) >>> Membosankan($x, True)
34 Numpus($x, True) >>> Dumpus($x, True)
35 Dumpus($x, True) >>> Pemalu($x, False)
36 Impus($x, True) >>> Pemalu($x, True)
37 Dumpus($x, True) >>> Rompus($x, True)
38 Rompus($x, True) >>> Cair($x, False)
39 Rompus($x, True) >>> Zumpus($x, False)
40
41 Konjektur:
42 Pemalu(Alex, False)
43
44 ***Akhir Blok***
45
46 -----
47
48 Berikut adalah contohnya:
49 Konteks:
50 Jompuses bukan pemalu. Jompuses adalah yumpuses. Setiap yumpus bersifat agresif. Setiap
    yumpus adalah dumpus. Dumpuses bukan terbuat dari kayu. Dumpuses adalah wumpuses.
    Wumpuses berwarna merah. Setiap wumpus adalah impus. Setiap impus tidak tembus
    pandang. Impuses adalah tumpuses. Numpuses asam. Tumpuses tidak asam. Tumpuses adalah
    vumpuses. Vumpuses tidak terbuat tanah. Setiap vumpus adalah zumpus. Zumpuses

```

```

berukuran kecil. Zumpuses adalah rompuses. Max adalah yumpus.
51
52 Konjektur:
53 Max asam.
54
55 ###
56 ***Bentuk Akhir***
57
58 Fakta:
59 Max adalah yumpus ::: Yumpus(Max, True)
60
61 Aturan:
62 Jompus($x, True) >>> Pemalu($x, False)
63 Jompus($x, True) >>> Yumpus($x, True)
64 Yumpus($x, True) >>> Agresif($x, True)
65 Yumpus($x, True) >>> Dumpus($x, True)
66 Dumpus($x, True) >>> Kayu($x, False)
67 Dumpus($x, True) >>> Wumpus($x, True)
68 Wumpus($x, True) >>> Merah($x, True)
69 Wumpus($x, True) >>> Impus($x, True)
70 Impus($x, True) >>> TembusPandang($x, False)
71 Impus($x, True) >>> Tumpus($x, True)
72 Numpus($x, True) >>> Asam($x, True)
73 Tumpus($x, True) >>> Asam($x, False)
74 Tumpus($x, True) >>> Vumpus($x, True)
75 Vumpus($x, True) >>> Tanah($x, False)
76 Vumpus($x, True) >>> Zumpus($x, True)
77 Zumpus($x, True) >>> Kecil($x, True)
78 Zumpus($x, True) >>> Rompus($x, True)
79
80 Konjektur:
81 Asam(Max, True)
82
83 ***Akhir Blok***
84
85 -----
86
87 Di bawah ini adalah yang perlu Anda terjemahkan:
88 Konteks:
89 [[PREMISES]]
90
91 Konjektur:
92 [[CONJECTURE]]

```

Namun dari prompt template tersebut masih bermasalah karena ada beberapa aturan yang tidak dapat diterjemahkan dengan baik oleh model. Berikut adalah contoh aturan yang tidak dapat diterjemahkan dengan baik oleh model menggunakan prompt template 4.1.1:

- Mis-translation subjek dan objek:
 - Premis: "Zumpus adalah transparan. Zumpus mengajar rompus. Rompuses merupakan tanah. Semua rompus adalah Impus."
 - Hasil *translation*: "1. $Zumpus(\$x, True) \ggg Transparan(\$x, True)$ 2. $Zumpus(\$x, True) \ggg Rompuses(\$x, True)$ 3. $Rombus(\$x, True) \ggg Tanah(\$x, True)$ 4. $Rombus(\$x, True) \ggg Impus(\$x, True)$ "
 - Seharusnya: "1. $Zumpus(\$x, True) \ggg Transparan(\$x, True)$ 2. $Zumpus(\$x, True) \ggg Rompus(\$x, True)$ 3. $Rompus(\$x, True) \ggg Tanah(\$x, True)$ 4. $Rompus(\$x, True) \ggg Impus(\$x, True)$ "
 - Penjelasan: Model salah mengartikan subjek dan objek pada aturan ke-3 dan ke-4, sehingga ketika melakukan search resolve tidak dapat menemukan resolusi yang tepat karena subjek dan objek yang digunakan tidak sesuai.
- Tidak melakukan *translation* melainkan menyelesaikan langsung dalam bentuk FOL:
 - Premis: "Tumpus adalah merah. Setiap tumpus adalah jompus. Jompus adalah besar"
 - Hasil *translation*: "1. $Tumpus(\$x, True) \ggg Merah(\$x, True)$ 2. $Tumpus(\$x, True) \ggg Besar(\$x, True)$ "
 - Seharusnya: "1. $Tumpus(\$x, True) \ggg Merah(\$x, True)$ 2. $Tumpus(\$x, True) \ggg Jompus(\$x, True)$ 3. $Jompus(\$x, True) \ggg Besar(\$x, True)$ "
 - Penjelasan: Model tidak menerjemahkan aturan ke dalam FOL, melainkan langsung menyelesaikan aturan tersebut dengan menghilangkan salah satu aturan yang ada.
- Tidak adanya format keseragaman pada hasil *translasi*:
 - Premis: "Semua Tumpus adalah baik. Setiap tumpus adalah dumpus. Max adalah dumpus. Max tidak baik"
 - Hasil *translation*: "Fakta: $Dumpus(\$Max, True)$ Konjektur: $Baik(\$Max, False)$ Aturan: 1. $Tumpus(\$x, True) \rightarrow Baik(\$x, True)$ 2. $Tumpus(\$x, True) \rightarrow Dumpus(\$x, True)$ "
 - Seharusnya: "Fakta: $Dumpus(\$Max, True)$ Aturan: 1. $Tumpus(\$x, True) \ggg Baik(\$x, True)$ 2. $Tumpus(\$x, True) \ggg Dumpus(\$x, True)$ Konjektur: $Baik(\$Max, False)$ "
 - Penjelasan: Model tidak konsisten dalam menempatkan fakta, aturan, dan konjektur pada hasil *translation* dan juga menggunakan simbol yang berbeda untuk implikasi (\rightarrow dan \ggg)

Karena permasalahan tersebut, dilakukan perbaikan pada prompt template tersebut untuk

meningkatkan kualitas *translation*. Berikut adalah versi kedua dari prompt template yang telah dimodifikasi.

```

1 Deskripsi Tugas: Anda diberikan konteks dan konjektur. Tugasnya adalah:
2 1) parsing konteks menjadi aturan logika berdasarkan predikat yang ditentukan
3 2) jika konteks berbentuk plural, maka konteks tersebut juga harus diterjemahkan ke
   bentuk tunggal
4 3) menulis fakta yang disebutkan dalam masalah, dan pastikan mereka diterjemahkan dalam
   bentuk logika juga.
5 4) parsing konjektur ke dalam bentuk logika
6 5) jangan mencoba menyelesaikan konjektur atau permasalahan, cukup melakukan perintah
   parsing yang dibutuhkan
7 6) berikan penanda ***Bentuk Akhir*** sebagai awalan dan ***Akhir Blok*** sebagai
   akhiran output dari tugas Anda.
8 7) silakan berikan output akhir dalam format berikut. Pastikan Anda menerjemahkan dalam
   urutan berikut: fakta, aturan, kemudian konjektur.
9
10 -----
11
12 Berikut adalah contohnya:
13 Konteks:
14 Setiap jompus memiliki sifat eksentris. Setiap jompus adalah wumpus. Setiap wumpus
   memiliki sifat tidak transparan. Wumpuses adalah tumpuses. Tumpuses itu nakal.
   Tumpuses adalah vumpuses. Setiap vumpus memiliki sifat dingin. Setiap vumpus adalah
   yumpus. Yumpuses berwarna oranye. Yumpuses adalah Numpuses. Numpuses memiliki sifat
   membosankan. Setiap numpus adalah Dumpus. Setiap dumpus memiliki sifat bukan pemalu.
   Impuses memiliki sifat pemalu. Dumpuses adalah rompuses. Setiap rompus tidaklah
   berwujud cair. Rompuses adalah zumpus. Alex adalah tumpus.
15
16 Konjektur:
17 Alex bukan pemalu.
18
19 ###
20 ***Bentuk Akhir***
21
22 Fakta:
23 Alex adalah tumpus ::: Tumpus(Alex, True)
24
25 Aturan:
26 Jompus($x, True) >>> Eksentris($x, True)
27 Jompus($x, True) >>> Wumpus($x, True)
28 Wumpus($x, True) >>> Transparan($x, False)
29 Wumpus($x, True) >>> Tumpus($x, True)
30 Tumpus($x, True) >>> Nakal($x, True)
31 Tumpus($x, True) >>> Vumpus($x, True)
32 Vumpus($x, True) >>> Dingin($x, True)
33 Vumpus($x, True) >>> Yumpus($x, True)
34 Yumpus($x, True) >>> Oranye($x, True)
35 Yumpus($x, True) >>> Numpus($x, True)
36 Numpus($x, True) >>> Membosankan($x, True)

```

```

37 Numpus($x, True) >>> Dumpus($x, True)
38 Dumpus($x, True) >>> Pemalu($x, False)
39 Impus($x, True) >>> Pemalu($x, True)
40 Dumpus($x, True) >>> Rompus($x, True)
41 Rompus($x, True) >>> Cair($x, False)
42 Rompus($x, True) >>> Zumpus($x, False)
43
44 Konjektur:
45 Pemalu(Alex, False)
46
47 ***Akhir Blok***
48
49 -----
50
51 Berikut adalah contohnya:
52 Konteks:
53 Jompuses bukan pemalu. Jompuses adalah yumpuses. Setiap yumpus bersifat agresif. Setiap
    yumpus adalah dumpus. Dumpuses bukan terbuat dari kayu. Dumpuses adalah wumpuses.
    Wumpuses berwarna merah. Setiap wumpus adalah impus. Setiap impus merupakan benda
    tidak tembus pandang. Impuses adalah tumpuses. Numpuses asam. Tumpuses objek berasa
    tidak asam. Tumpuses adalah vumpuses. Vumpuses tidak terbuat tanah. Setiap vumpus
    adalah zumpus. Zumpuses berukuran kecil. Zumpuses adalah rompus. Max adalah yumpus.
54
55 Konjektur:
56 Max asam.
57
58 ###
59 ***Bentuk Akhir***
60
61 Fakta:
62 Max adalah yumpus ::: Yumpus(Max, True)
63
64 Aturan:
65 Jompus($x, True) >>> Pemalu($x, False)
66 Jompus($x, True) >>> Yumpus($x, True)
67 Yumpus($x, True) >>> Agresif($x, True)
68 Yumpus($x, True) >>> Dumpus($x, True)
69 Dumpus($x, True) >>> Kayu($x, False)
70 Dumpus($x, True) >>> Wumpus($x, True)
71 Wumpus($x, True) >>> Merah($x, True)
72 Wumpus($x, True) >>> Impus($x, True)
73 Impus($x, True) >>> TembusPandang($x, False)
74 Impus($x, True) >>> Tumpus($x, True)
75 Numpus($x, True) >>> Asam($x, True)
76 Tumpus($x, True) >>> Asam($x, False)
77 Tumpus($x, True) >>> Vumpus($x, True)
78 Vumpus($x, True) >>> Tanah($x, False)
79 Vumpus($x, True) >>> Zumpus($x, True)
80 Zumpus($x, True) >>> Kecil($x, True)
81 Zumpus($x, True) >>> Rompus($x, True)

```

```

82
83 Konjektur:
84 Asam(Max, True)
85
86 ***Akhir Blok***
87
88 -----
89
90 Berikut adalah contohnya:
91 Konteks:
92 Zumpuses tidak terang. Zumpuses adalah yumpuses. Setiap numpus bersifat garang.
    Numpuses adalah dumpus. Dumpuses tidak cerah. Dumpuses adalah wumpuses. Wumpuses
    marah. Setiap wumpus adalah impus. Setiap impus itu bersifat feisty. Impuses adalah
    tumpuses. Setiap yumpus berbuah. Tumpuses merupakan objek dengan suhu yang bukan
    moderat. Tumpuses adalah vumpuses. Vumpuses tidak bahagia. Setiap vumpus adalah
    Jompus. Jompuses tidak baik hati. Jompuses adalah merah. Timothy adalah yumpus.
93
94 Konjektur:
95 Timothy adalah tidak tembus pandang.
96
97 ###
98 ***Bentuk Akhir***
99
100 Fakta:
101 Timothy adalah yumpus ::: Yumpus(Timothy, True)
102
103 Aturan:
104 Zumpus($x, True) >>> Terang($x, False)
105 Zumpus($x, True) >>> Yumpus($x, True)
106 Numpus($x, True) >>> Garang($x, True)
107 Numpus($x, True) >>> Dumpus($x, True)
108 Dumpus($x, True) >>> Cerah($x, False)
109 Dumpus($x, True) >>> Wumpus($x, True)
110 Wumpus($x, True) >>> Marah($x, True)
111 Wumpus($x, True) >>> Impus($x, True)
112 Impus($x, True) >>> Feisty($x, True)
113 Impus($x, True) >>> Tumpus($x, True)
114 Yumpus($x, True) >>> Berbuah($x, True)
115 Tumpus($x, True) >>> Moderat($x, False)
116 Tumpus($x, True) >>> Vumpus($x, True)
117 Vumpus($x, True) >>> Bahagia($x, False)
118 Vumpus($x, True) >>> Jompus($x, True)
119 Jompus($x, True) >>> BaikHati($x, False)
120 Jompus($x, True) >>> Merah($x, True)
121
122 Konjektur:
123 TembusPandang(Timothy, False)
124
125 ***Akhir Blok***
126

```

```

127 -----
128
129 Di bawah ini adalah yang perlu Anda terjemahkan:
130 Konteks:
131 [[PREMISES]]
132
133 Konjektur:
134 [[CONJECTURE]]

```

Walaupun sudah diperbaiki, masih ada beberapa kesalahan yang terjadi pada hasil *translation*, seperti berikut:

- Tidak melakukan *translation* melainkan menyelesaikan langsung dalam bentuk FOL:
 - Premis: "Tumpus adalah merah. Setiap tumpus adalah jompus. Jompus adalah besar"
 - Hasil *translation*: "2. $Tumpus(\$x, True) \ggg Merah(\$x, True)$ 3. $Tumpus(\$x, True) \ggg Besar(\$x, True)$ "
 - Seharusnya: "2. $Wumpus(\$x, True) \ggg Merah(\$x, True)$ 3. $Wumpus(\$x, True) \ggg Rompus(\$x, True)$ 4. $Rompus(\$x, True) \ggg Besar(\$x, True)$ "
 - Penjelasan: Model tidak menerjemahkan aturan ke dalam FOL, melainkan langsung menyelesaikan aturan tersebut dengan menghilangkan salah satu aturan yang ada.

Sudah ada perbaikan dalam tahap *translation* dengan penambahan contoh dan deskripsi tugas yang lebih rinci, seperti model mengikuti format dengan benar dan mengurangi kesalahan dalam *translation* subjek dan objek, akan tetapi masih ada kesalahan seperti melakukan resolusi langsung pada tahap *translation*. Hal ini dikarenakan model berparameter rendah tidak memiliki *knowledge* yang cukup dalam mengartikan *term* ambigu yang ada pada aturan logika, yaitu dalam hal ini adalah *term parsing* yang jika diartikan dalam bahasa Indonesia berarti penguraian menurut KBBI, yang padahal arti yang dimaksud dalam konteks ini adalah pemisahan subjek dan objek pada aturan logika.

Oleh karena itu, dilakukan perbaikan lebih lanjut pada prompt template tersebut. Berikut adalah versi ketiga dari prompt template yang telah diperbaiki.

```

1 Deskripsi Tugas: Anda diberikan sebuah konteks dari suatu permasalahan berserta
  pertanyaan dalam konjektur. Tugas Anda adalah:
2 1) Menerjemahkan konteks ke dalam aturan logika berdasarkan predikat dan objek yang
  diberikan
3 2) Menulis fakta yang disebutkan dalam masalah
4 3) Terjemahkan fakta yang ditemukan ke dalam bentuk logika
5 3) Terjemahkan konjektur yang diberikan ke dalam bentuk logika juga
6 4) Silahkan berikan output akhir dalam format berikut. Pastikan Anda menerjemahkan

```

```

    dalam urutan berikut: fakta, aturan, kemudian konjektur.
7
8 -----
9
10 Berikut adalah contohnya:
11 Konteks:
12 Setiap jompus memiliki sifat tidak eksentris. Sam adalah Jompus.
13
14 Konjektur:
15 Sam bersifat eksentris.
16
17 ###
18 ***Bentuk Akhir***
19
20 Fakta:
21 Sam adalah jompus ::: Jompus(Sam, True)
22
23 Aturan:
24 Jompus($x, True) >>> Eksentris($x, False)
25
26 Konjektur:
27 Eksentris(Sam, True)
28
29 ***Akhir Blok***
30 ###
31
32 -----
33
34 Berikut adalah contohnya:
35 Konteks:
36 Wumpuses adalah besar. Wumpuses adalah yumpuses. Setiap yumpus tidak berwarna oranye.
    Alex adalah wumpus.
37
38 Konjektur:
39 Alex oranye
40
41 ###
42 ***Bentuk Akhir***
43
44 Fakta:
45 Alex adalah Wumpus ::: Wumpus(Alex, True)
46
47 Aturan:
48 Wumpus($x, True) >>> Besar($x, True)
49 Wumpus($x, True) >>> Yumpus($x, True)
50 Yumpus($x, True) >>> Oranye($x, False)
51
52 Konjektur:
53 Oranye(Alex, True)
54

```

```

55 ***Akhir Blok***
56 ###
57
58 -----
59
60 Berikut adalah contohnya:
61 Konteks:
62 Tumpuses adalah tidak baik. Setiap tumpus adalah jompus. Jompus tidak membosankan.
    Jompuses adalah impus. Impus tidak besar. Impus adalah zumpus. Setiap zumpus adalah
    bahagia. Zumpus adalah wumpus. Setiap dumpus tidak bercahaya. Setiap wumpus adalah
    yumpus. Fae bukan zumpus.
63
64 Konjektur:
65 Fae tidak tembus pandang.
66
67 ###
68 ***Bentuk Akhir***
69
70 Fakta:
71 Fae bukan zumpus ::: Zumpus(Fae, False)
72
73 Aturan:
74 Tumpus($x, True) >>> Baik($x, False)
75 Tumpus($x, True) >>> Jompus($x, True)
76 Jompus($x, True) >>> Membosankan($x, False)
77 Jompus($x, True) >>> Impus($x, True)
78 Impus($x, True) >>> Besar($x, False)
79 Impus($x, True) >>> Zumpus($x, True)
80 Zumpus($x, True) >>> Bahagia($x, True)
81 Zumpus($x, True) >>> Wumpus($x, True)
82 Dumpus($x, True) >>> Bercahaya($x, False)
83 Wumpus($x, True) >>> Yumpus($x, True)
84
85 Konjektur:
86 TembusPandang(Fae, False)
87
88 ***Akhir Blok***
89 ###
90
91 -----
92
93 Berikut adalah contohnya:
94 Konteks:
95 Setiap impus bukanlah panas. Setiap impus adalah wumpus. Wumpuses adalah temperamen.
    Wumpus adalah numpus. Zumpus adalah tidak bersifat agresif. Numpuses adalah bukan suku
    yang temperate. Setiap numpus adalah dumpus. Dumpuses adalah baik. Setiap dumpus
    adalah rompus. Setiap rompus bukan benda yang tidak tembus cahaya. Setiap rompus
    adalah vumpuses. Vumpuses bukanlah yang mudah dikelola. Vumpuses adalah jompus.
    Jompuses bukanlah pedas. Jompus adalah wumpus. Rex adalah vumpus.
96

```

```

97 Konjektur:
98 Rex tembus cahaya.
99
100 ###
101 ***Bentuk Akhir***
102
103 Fakta:
104 Rex adalah vumpus :: Vumpus(Rex, True)
105
106 Aturan:
107 Impus($x, True) >>> Panas($x, False)
108 Impus($x, True) >>> Wumpus($x, True)
109 Wumpus($x, True) >>> Temperamen($x, True)
110 Wumpus($x, True) >>> Numpus($x, True)
111 Zumpus($x, True) >>> Agresif($x, False)
112 Numpus($x, True) >>> Temperate($x, False)
113 Numpus($x, True) >>> Dumpus($x, True)
114 Dumpus($x, True) >>> Baik($x, True)
115 Dumpus($x, True) >>> Rompus($x, True)
116 Rompus($x, True) >>> TembusCahaya($x, True)
117 Rompus($x, True) >>> Vumpus($x, True)
118 Vumpus($x, True) >>> MudahDikelola($x, False)
119 Vumpus($x, True) >>> Jompus($x, True)
120 Jompus($x, True) >>> Pedas($x, False)
121 Jompus($x, True) >>> Wumpus($x, True)
122
123 Konjektur:
124 TembusCahaya(Rex, True)
125
126 ***Akhir Blok***
127 ###
128
129 -----
130
131 Berikut adalah contohnya:
132 Konteks:
133 Jompuses bukan pemalu. Jompuses adalah yumpuses. Setiap yumpus bersifat agresif. Setiap
    yumpus adalah dumpus. Dumpuses bukan terbuat dari kayu. Dumpuses adalah wumpuses.
    Wumpuses berwarna merah. Setiap wumpus adalah impus. Setiap impus tidak tembus
    pandang. Impuses adalah tumpuses. Numpuses asam. Tumpuses tidak asam. Tumpuses adalah
    vumpuses. Vumpuses tidak terbuat tanah. Setiap vumpus adalah zumpus. Zumpuses
    berukuran kecil. Zumpuses adalah rompuses. Max adalah yumpus.
134
135 Konjektur:
136 Max asam.
137
138 ###
139 ***Bentuk Akhir***
140
141 Fakta:

```

```

142 Max adalah yumpus ::: Yumpus(Max, True)
143
144 Aturan:
145 Jompus($x, True) >>> Pemalu($x, False)
146 Jompus($x, True) >>> Yumpus($x, True)
147 Yumpus($x, True) >>> Agresif($x, True)
148 Yumpus($x, True) >>> Dumpus($x, True)
149 Dumpus($x, True) >>> Kayu($x, False)
150 Dumpus($x, True) >>> Wumpus($x, True)
151 Wumpus($x, True) >>> Merah($x, True)
152 Wumpus($x, True) >>> Impus($x, True)
153 Impus($x, True) >>> TembusPandang($x, False)
154 Impus($x, True) >>> Tumpus($x, True)
155 Numpus($x, True) >>> Asam($x, True)
156 Tumpus($x, True) >>> Asam($x, False)
157 Tumpus($x, True) >>> Vumpus($x, True)
158 Vumpus($x, True) >>> Tanah($x, False)
159 Vumpus($x, True) >>> Zumpus($x, True)
160 Zumpus($x, True) >>> Kecil($x, True)
161 Zumpus($x, True) >>> Rompus($x, True)
162
163 Konjektur:
164 Asam(Max, True)
165
166 ***Akhir Blok***
167 ###
168
169 -----
170
171 Di bawah ini adalah yang perlu Anda terjemahkan:
172 Konteks:
173 [[PREMISES]]
174
175 Konjektur:
176 [[CONJECTURE]]
177
178 ###
179 ***Bentuk Akhir***

```

Term parsing diubah menjadi menerjemahkan aturan logika dengan memisahkan subjek dan objek pada setiap aturan, sehingga model lebih memahami tugas yang diberikan. Format seperti ”***Bentuk Akhir***” langsung dimasukkan ke dalam contoh pada template dan juga contoh yang diberikan bervariasi dalam istilah yang digunakan dan banyaknya kalimat dalam premis agar model dapat lebih memahami tugas yang diberikan. Dari hasil evaluasi, prompt template versi ketiga ini sudah cukup baik untuk digunakan dalam eksperimen pada penelitian ini.

4.1.2 *Decomposition to Conjunctive Normal Form*

Pada tahap ini dilakukan prompt untuk penerjemahan aturan setelah proses *First Order Logic* ke dalam bentuk *Conjunctive Normal Form* dalam proses *decomposition*.

Berikut adalah prompt template yang digunakan yang merupakan hasil dari translasi langsung dari prompt yang digunakan pada Aristotle Framework

```

1 Tugas deskripsi:
2 Diberikan premis dan konjektur dalam bentuk first-order logic form (FOL), silahkan
   memecah pernyataan FOL menggunakan normalisasi dan skolemisasi.
3 ---
4 Aturan:
5
6 Normalisasi: Ubah setiap premis dan konjektur ke Prenex Normal Form (PNF) dan kemudian
   ke Conjunctive Normal Form (CNF).
7 - Dalam konversi CNF, negasi nilai boolean langsung daripada menambahkan simbol di
   depan. Contohnya, ubah "Jompus($x, True) >>> Pemalu($x, False)" menjadi "- \(\forall x
   \left(Jompus(x, False) \lor Pemalu(x, False)\right)\)", bukan "- \(\forall x
   \left(\neg Jompus(x, True) \lor Pemalu(x, False)\right)\)".
8
9 Skolemisasi: Hilangkan kuantor eksistensial dengan menggunakan fungsi atau konstanta
   Skolem.
10
11 **Catatan Penting:** Prompt ini dirancang hanya untuk memandu model bahasa dalam proses
   dekomposisi. Jangan mencoba menyelesaikan konjektur, dan pastikan konjektur tetap
   seperti yang dinyatakan tanpa negasi.
12 ---
13 Contoh di bawah ini:
14 Konteks:
15
16 Aturan:
17 1. Jompus($x, True) >>> Pemalu($x, False)
18 2. Jompus($x, True) >>> Yumpus($x, True)
19 3. Yumpus($x, True) >>> Agresif($x, True)
20 4. Yumpus($x, True) >>> Dumpus($x, True)
21 5. Dumpus($x, True) >>> Kayu($x, False)
22 6. Dumpus($x, True) >>> Wumpus($x, True)
23 7. Wumpus($x, True) >>> Merah($x, True)
24 8. Wumpus($x, True) >>> Impus($x, True)
25 9. Impus($x, True) >>> TembusPandang($x, x, True)
26 10. Impus($x, True) >>> Tumpus($x, True)
27 11. Numpus($x, True) >>> Asam($x, True)
28 12. Tumpus($x, True) >>> Asam($x, False)
29 13. Tumpus($x, True) >>> Vumpus($x, True)
30 14. Vumpus($x, True) >>> Tanah($x, True)
31 15. Vumpus($x, True) >>> Zumpus($x, True)
32 16. Zumpus($x, True) >>> Kecil($x, True)
33 17. Zumpus($x, True) >>> Rompus($x, True)

```

```

34
35 Konjektur:
36 Sour(Max, True)
37
38 Pemecahan:
39
40 ***Bentuk Akhir***
41
42 Aturan dalam CNF:
43 1. -  $\neg(\forall x \text{ (Jompus}(x, \text{False}) \vee \text{Pemalu}(x, \text{False})) \rightarrow \text{Sour}(\text{Max}, \text{True}))$ 
44 2. -  $\neg(\forall x \text{ (Jompus}(x, \text{False}) \vee \text{Yumpus}(x, \text{True})) \rightarrow \text{Sour}(\text{Max}, \text{True}))$ 
45 3. -  $\neg(\forall x \text{ (Yumpus}(x, \text{False}) \vee \text{Agresif}(x, \text{True})) \rightarrow \text{Sour}(\text{Max}, \text{True}))$ 
46 4. -  $\neg(\forall x \text{ (Yumpus}(x, \text{False}) \vee \text{Dumpus}(x, \text{True})) \rightarrow \text{Sour}(\text{Max}, \text{True}))$ 
47 5. -  $\neg(\forall x \text{ (Dumpus}(x, \text{False}) \vee \text{Kayu}(x, \text{False})) \rightarrow \text{Sour}(\text{Max}, \text{True}))$ 
48 6. -  $\neg(\forall x \text{ (Dumpus}(x, \text{False}) \vee \text{Wumpus}(x, \text{True})) \rightarrow \text{Sour}(\text{Max}, \text{True}))$ 
49 7. -  $\neg(\forall x \text{ (Wumpus}(x, \text{False}) \vee \text{Merah}(x, \text{True})) \rightarrow \text{Sour}(\text{Max}, \text{True}))$ 
50 8. -  $\neg(\forall x \text{ (Wumpus}(x, \text{False}) \vee \text{Impus}(x, \text{True})) \rightarrow \text{Sour}(\text{Max}, \text{True}))$ 
51 9. -  $\neg(\forall x \text{ (Impus}(x, \text{False}) \vee \text{TembusPandang}(x, \text{True})) \rightarrow \text{Sour}(\text{Max}, \text{True}))$ 
52 10. -  $\neg(\forall x \text{ (Impus}(x, \text{False}) \vee \text{Tumpus}(x, \text{True})) \rightarrow \text{Sour}(\text{Max}, \text{True}))$ 
53 11. -  $\neg(\forall x \text{ (Numpus}(x, \text{False}) \vee \text{Asam}(x, \text{True})) \rightarrow \text{Sour}(\text{Max}, \text{True}))$ 
54 12. -  $\neg(\forall x \text{ (Tumpus}(x, \text{False}) \vee \text{Asam}(x, \text{False})) \rightarrow \text{Sour}(\text{Max}, \text{True}))$ 
55 13. -  $\neg(\forall x \text{ (Tumpus}(x, \text{False}) \vee \text{Vumpus}(x, \text{True})) \rightarrow \text{Sour}(\text{Max}, \text{True}))$ 
56 14. -  $\neg(\forall x \text{ (Vumpus}(x, \text{False}) \vee \text{Tanah}(x, \text{True})) \rightarrow \text{Sour}(\text{Max}, \text{True}))$ 
57 15. -  $\neg(\forall x \text{ (Vumpus}(x, \text{False}) \vee \text{Zumpus}(x, \text{True})) \rightarrow \text{Sour}(\text{Max}, \text{True}))$ 
58 16. -  $\neg(\forall x \text{ (Zumpus}(x, \text{False}) \vee \text{Kecil}(x, \text{True})) \rightarrow \text{Sour}(\text{Max}, \text{True}))$ 
59 17. -  $\neg(\forall x \text{ (Zumpus}(x, \text{False}) \vee \text{Rompus}(x, \text{True})) \rightarrow \text{Sour}(\text{Max}, \text{True}))$ 
60
61 Konjektur:
62 Asam(Max, True)
63
64 ***Akhir Blok***
65 ---
66
67 Di bawah ini adalah yang perlu Anda pecahkan menggunakan normalisasi dan skolemisasi.
68 Silahkan akhiri dekomposisi dalam "Bentuk Akhir" dan pastikan Anda mencakup setiap
69   klausa dalam bentuk akhir Anda, walaupun klausa tersebut tidak perlu dipecah lagi.
70 Silahkan patuhi instruksi dengan ketat dan jangan melakukan apa yang tidak
71   diinstruksikan (misalnya, jangan negasi konjektur dan fakta).
72 Perhatikan bahwa Anda perlu menegasi suatu istilah hanya ketika mengubah sebuah
73   implikasi ke CNF. Jika klausa atau istilah tidak mengandung implikasi (misalnya, Fakta
74   atau Konjektur), jangan di-negasikan.
75
76 [[PREMISES]]

```

Ada beberapa masalah yang ditemukan pada hasil *decomposition* menggunakan prompt template tersebut, seperti berikut:

- Skolemisasi: Pada ProntoQA tidak perlu menggunakan skolemisasi karena tidak ada

kuantor eksistensial yang perlu dihilangkan. Namun, model sering kali melakukan skolemisasi pada hasil *decomposition*, sehingga hasil dari proses *decomposition* menjadi tidak sesuai.

- Halusinasi pada Fakta dan Konjektur: Model sering kali menambahkan fakta atau konjektur yang tidak ada pada premis, sehingga hasil dari proses *decomposition* menjadi tidak sesuai:
 - Input: "Aturan: 1. $Tumpus(\$x, True) \ggg Baik(\$x, True)$ 2. $Tumpus(\$x, True) \ggg Dumpus(\$x, True)$ "
 - Hasil *decomposition*: "Fakta: $Dumpus(\$Max, True)$ Konjektur: $Baik(\$Max, False)$ Aturan dalam CNF: 1. $\neg \forall x (Tumpus(\$x, False) \vee Baik(\$x, True))$ 2. $\neg \forall x (Tumpus(\$x, False) \vee Dumpus(\$x, True))$ "
 - Seharusnya: "Aturan dalam CNF: 1. $\neg \forall x (Tumpus(\$x, False) \vee Baik(\$x, True))$ 2. $\neg \forall x (Tumpus(\$x, False) \vee Dumpus(\$x, True))$ "
 - Penjelasan: Model menambahkan fakta dan konjektur yang tidak ada pada premis, sehingga hasil dari proses *decomposition* menjadi tidak sesuai.

Berikut adalah versi kedua dari prompt template yang telah diperbaiki. Versi kedua ini mirip seperti template versi ketiga pada tahap 4.1.1, yaitu dengan menambahkan contoh yang lebih bervariasi dan deskripsi tugas yang lebih rinci karena keberhasilan model dalam memahami tugas pada tahap *translation* dapat diaplikasikan juga pada tahap *decomposition*.

```

1 Deskripsi Tugas:
2 Anda diberikan konteks berupa aturan dalam formula first-order logic (FOL).
3 Tugas Anda adalah melakukan konversi aturan-aturan tersebut menggunakan ketentuan
  normalisasi berikut ini.
4 Silahkan berikan output akhir dalam format sesuai dengan contoh berikut.
5
6 ---
7 Ketentuan normalisasi:
8 1. Konversikan setiap aturan ke Conjunctive Normal Form (CNF).
9 2. Dalam mengkonversikan ke CNF, negasikan nilai boolean secara langsung, alih-alih
  menambahkan simbol  $\neg$  di depan predikat.
10 Contohnya, konversi dari "Jompus( $\$x$ , True)  $\ggg$  Pemalu( $\$x$ , False)" adalah
    " $\neg \left( Jompus(x, False) \vee Pemalu(x, False) \right)$ ", dan bukan " $\neg \left( \neg Jompus(x, True) \vee Pemalu(x, False) \right)$ ".
11 ---
12
13 Contoh di bawah ini:
14 Konteks:
15

```

```

16 Aturan:
17 1. Jompus($x, True) >>> Eksentris($x, False)
18
19 Hasil konversi:
20 ###
21 ***Bentuk Akhir***
22
23 Aturan dalam CNF:
24 1.  $\left( \text{Jompus}(x, \text{False}) \vee \text{Eksentris}(x, \text{False}) \right)$ 
25
26 ***Akhir Blok***
27 ###
28 ---
29
30 Contoh di bawah ini:
31 Konteks:
32
33 Aturan:
34 1. Wumpus($x, True) >>> Besar($x, True)
35 2. Wumpus($x, True) >>> Yumpus($x, True)
36 3. Yumpus($x, True) >>> Oranye($x, false)
37
38 Hasil konversi:
39 ###
40 ***Bentuk Akhir***
41
42 Aturan dalam CNF:
43 1.  $\neg \left( \text{Wumpus}(x, \text{False}) \vee \text{Besar}(x, \text{True}) \right)$ 
44 2.  $\neg \left( \text{Wumpus}(x, \text{False}) \vee \text{Yumpus}(x, \text{True}) \right)$ 
45 3.  $\neg \left( \text{Yumpus}(x, \text{False}) \vee \text{Oranye}(x, \text{False}) \right)$ 
46
47 ***Akhir Blok***
48 ###
49 ---
50
51 Contoh di bawah ini:
52 Konteks:
53
54 Aturan:
55 1. Tumpus($x, True) >>> Baik($x, False)
56 2. Tumpus($x, True) >>> Jompus($x, True)
57 3. Jompus($x, True) >>> Membosankan($x, False)
58 4. Jompus($x, True) >>> Impus($x, True)
59 5. Impus($x, True) >>> Besar($x, False)
60 6. Impus($x, True) >>> Zumpus($x, True)
61 7. Zumpus($x, True) >>> Bahagia($x, True)
62 8. Zumpus($x, True) >>> Wumpus($x, True)
63 9. Dumpus($x, True) >>> Bercahaya($x, False)
64 10. Wumpus($x, True) >>> Yumpus($x, True)
65

```

```

66 Hasil konversi:
67
68 ***Bentuk Akhir***
69 ###
70 Aturan dalam CNF:
71 1. - \left(Tumpus(x, False) \lor Baik(x, False)\right)
72 2. - \left(Tumpus(x, False) \lor Jompus(x, True)\right)
73 3. - \left(Jompus(x, False) \lor Membosankan(x, False)\right)
74 4. - \left(Jompus(x, False) \lor Impus(x, True)\right)
75 5. - \left(Impus(x, False) \lor Besar(x, False)\right)
76 6. - \left(Impus(x, False) \lor Zumpus(x, True)\right)
77 7. - \left(Zumpus(x, False) \lor Bahagia(x, True)\right)
78 8. - \left(Zumpus(x, False) \lor Wumpus(x, True)\right)
79 9. - \left(Dumpus(x, False) \lor Bercahaya(x, False)\right)
80 10. - \left(Wumpus(x, False) \lor Yumpus(x, True)\right)
81
82 ***Akhir Blok***
83 ###
84 ---
85
86 Contoh di bawah ini:
87 Konteks:
88
89 Aturan:
90 1. Impus($x, True) >>> Panas($x, False)
91 2. Impus($x, True) >>> Wumpus($x, True)
92 3. Wumpus($x, True) >>> Temperamen($x, True)
93 4. Wumpus($x, True) >>> Numpus($x, True)
94 5. Zumpus($x, True) >>> Agresif($x, False)
95 6. Numpus($x, True) >>> Temperate($x, False)
96 7. Numpus($x, True) >>> Dumpus($x, True)
97 8. Dumpus($x, True) >>> Baik($x, True)
98 9. Dumpus($x, True) >>> Rompus($x, True)
99 10. Rompus($x, True) >>> TembusCahaya($x, True)
100 11. Rompus($x, True) >>> Vumpus($x, True)
101 12. Vumpus($x, True) >>> MudahDikelola($x, False)
102 13. Vumpus($x, True) >>> Jompus($x, True)
103 14. Jompus($x, True) >>> Pedas($x, False)
104 15. Jompus($x, True) >>> Wumpus($x, True)
105
106 Hasil konversi:
107 ###
108 ***Bentuk Akhir***
109
110 Aturan dalam CNF:
111 1. - \left(Impus(x, False) \lor Panas(x, False)\right)
112 2. - \left(Impus(x, False) \lor Wumpus(x, True)\right)
113 3. - \left(Wumpus(x, False) \lor Temperamen(x, True)\right)
114 4. - \left(Wumpus(x, False) \lor Numpus(x, True)\right)
115 5. - \left(Zumpus(x, False) \lor Agresif(x, False)\right)

```

```

116 6. - \left(Numpus(x, False) \lor Temperate(x, False)\right)
117 7. - \left(Numpus(x, False) \lor Dumpus(x, True)\right)
118 8. - \left(Dumpus(x, False) \lor Baik(x, True)\right)
119 9. - \left(Dumpus(x, False) \lor Rompus(x, True)\right)
120 10. - \left(Rompus(x, False) \lor TembusCahaya(x, True)\right)
121 11. - \left(Rompus(x, False) \lor Vumpus(x, True)\right)
122 12. - \left(Vumpus(x, False) \lor MudahDikelola(x, False)\right)
123 13. - \left(Vumpus(x, False) \lor Jompus(x, True)\right)
124 14. - \left(Jompus(x, False) \lor Pedas(x, False)\right)
125 15. - \left(Jompus(x, False) \lor Wumpus(x, True)\right)
126
127 ***Akhir Blok***
128 ###
129 ---
130
131 Contoh di bawah ini:
132 Konteks:
133
134 Aturan:
135 1. Jompus($x, True) >>> Pemalu($x, False)
136 2. Jompus($x, True) >>> Yumpus($x, True)
137 3. Yumpus($x, True) >>> Agresif($x, True)
138 4. Yumpus($x, True) >>> Dumpus($x, True)
139 5. Dumpus($x, True) >>> Kayu($x, False)
140 6. Dumpus($x, True) >>> Wumpus($x, True)
141 7. Wumpus($x, True) >>> Merah($x, True)
142 8. Wumpus($x, True) >>> Impus($x, True)
143 9. Impus($x, True) >>> TembusPandang($x, x, True)
144 10. Impus($x, True) >>> Tumpus($x, True)
145 11. Numpus($x, True) >>> Asam($x, True)
146 12. Tumpus($x, True) >>> Asam($x, False)
147 13. Tumpus($x, True) >>> Vumpus($x, True)
148 14. Vumpus($x, True) >>> Tanah($x, True)
149 15. Vumpus($x, True) >>> Zumpus($x, True)
150 16. Zumpus($x, True) >>> Kecil($x, True)
151 17. Zumpus($x, True) >>> Rompus($x, True)
152
153 Hasil konversi:
154 ###
155 ***Bentuk Akhir***
156
157 Aturan dalam CNF:
158 1. - \left(Jompus(x, False) \lor Pemalu(x, False)\right)
159 2. - \left(Jompus(x, False) \lor Yumpus(x, True)\right)
160 3. - \left(Yumpus(x, False) \lor Agresif(x, True)\right)
161 4. - \left(Yumpus(x, False) \lor Dumpus(x, True)\right)
162 5. - \left(Dumpus(x, False) \lor Kayu(x, False)\right)
163 6. - \left(Dumpus(x, False) \lor Wumpus(x, True)\right)
164 7. - \left(Wumpus(x, False) \lor Merah(x, True)\right)
165 8. - \left(Wumpus(x, False) \lor Impus(x, True)\right)

```

```

166 9. - \left( Impus(x, False) \lor TembusPandang(x, True) \right)
167 10. - \left( Impus(x, False) \lor Tumpus(x, True) \right)
168 11. - \left( Numpus(x, False) \lor Asam(x, True) \right)
169 12. - \left( Tumpus(x, False) \lor Asam(x, False) \right)
170 13. - \left( Tumpus(x, False) \lor Vumpus(x, True) \right)
171 14. - \left( Vumpus(x, False) \lor Tanah(x, True) \right)
172 15. - \left( Vumpus(x, False) \lor Zumpus(x, True) \right)
173 16. - \left( Zumpus(x, False) \lor Kecil(x, True) \right)
174 17. - \left( Zumpus(x, False) \lor Rompus(x, True) \right)
175
176 ***Akhir Blok***
177 ###
178 ---
179
180 Di bawah ini adalah yang perlu Anda konversikan menggunakan normalisasi.
181
182 Konteks:
183
184 Aturan:
185 [[PREMISES]]
186
187 Hasil konversi:

```

Prompt template versi kedua ini sudah memperbaiki masalah yang ada pada versi pertama dengan penambahan contoh yang lebih bervariasi dan penghilangan skolemisasi, serta fakta dan konjektur pada deskripsi tugas karena tidak diperlukan dan hanya membingungkan model. Dari hasil evaluasi, prompt template versi kedua ini sudah cukup baik untuk digunakan dalam eksperimen pada penelitian ini.

4.1.3 Search Resolve

Pada tahap ini dilakukan prompt untuk mencari resolusi dari aturan setelah proses *decomposition*.

Berikut adalah prompt template yang digunakan yang merupakan hasil dari translasi langsung dari prompt yang digunakan pada Aristotle Frameworks

```

1 ---
2
3 Tugas: Diberikan dua klausa, tugas Anda adalah:
4
5 1. **Cek Istilah yang saling Melengkapi / Bertentangan:**
6   - Tentukan apakah suatu istilah dalam klausa 1 bertentangan dengan istilah dalam
   klausa 2.
7
8 **Istilah Pelengkap/Bertentangan:** Dua istilah bertentangan jika mereka mempunyai

```

predikat dan argumen yang sama tetapi berbeda dalam polaritas (salah satu dinegasi) atau nilai boolean (True vs. False).

```

9
10 **Contoh:**
11 1.  $\neg(P(x, \text{False}))$  bertentangan dengan:
12   -  $\neg(\neg P(x, \text{False}))$  (polaritas berlawanan, nilai boolean sama).
13   -  $\neg(P(x, \text{True}))$  (polaritas sama, nilai boolean berlawanan).
14
15 2.  $\neg(\neg P(x, \text{False}))$  bertentangan dengan:
16   -  $\neg(\neg P(x, \text{True}))$  (polaritas sama, nilai boolean berlawanan).
17   -  $\neg(P(x, \text{False}))$  (polaritas berlawanan, nilai boolean sama).
18
19 **Jika istilah bertentangan ditemukan:** Selesaikan klausa menggunakan aturan di bawah
   ini.
20
21 2. **Penyelesaian Klausa:**
22
23 ### **Aturan Penyelesaian:**
24 **Operator OR (  $\vee$  ):**
25 - Istilah Pelengkap/Bertentangan Ditemukan:  $\neg(A \vee B), \neg A, \neg B$ 
    $\rightarrow (A \vee B)$ 
26
27 **Operator AND (  $\wedge$  ):**
28 - Istilah Pelengkap/Bertentangan Ditemukan dengan Sisa Istilah:  $\neg(A \wedge B), \neg A, \neg B$ 
    $\rightarrow (A \wedge B)$ 
29 - Istilah Pelengkap/Bertentangan Ditemukan dengan Sisa Istilah:  $\neg B \wedge C \vee D,$ 
    $\neg B, (B \rightarrow \text{False}) \wedge C \vee D \rightarrow \text{False} \vee D \rightarrow D$ 
30 - Istilah Pelengkap/Bertentangan Ditemukan yang Mengarah pada Kontradiksi:  $\neg(A \wedge B), \neg A, \neg B \rightarrow \text{False} \wedge A \rightarrow \text{Kontradiksi}$  (Anda hanya
   dapat menyimpulkan kontradiksi ketika semua istilah dalam kedua klausa terhubung oleh
   operator  $\wedge$ ).
31
32 3. **Pemeriksaan Cukup Setelah Inferensi:**
33 - **Jika kontradiksi ditemukan:**
34   - Simpulkan dengan "Label Cukup: [True]" dan "Klausa Baru: {Kontradiksi}".
35 - Jika tidak ditemukan kontradiksi:
36   - Simpulkan dengan "Label Cukup: [False]".
37
38 Hasil keluaran: Simpulkan label cukup dan klausa baru dalam format:
39
40 ***Bentuk Akhir***
41 Klausa Baru: {new_clause}
42 Label Cukup: [True/False]
43 ***Akhir Blok***
44
45 ---
46
47 Contoh:
48

```

```

49 Klausula 1: Tanah(Stella, True)
50 Klausula 2: Numpus(x, False) \lor Tanah(x, False)
51
52 Mari kita uraikan proses penyelesaian untuk klausula yang diberikan:
53
54 ### **Langkah 1: Cek Istilah Pelengkap/Bertentangan**
55
56 **Klausula yang Diberikan:**
57 - **Klausula 1:** \ ( Tanah(Stella, True) \ )
58 - **Klausula 2:** \ ( Numpus(x, False) \lor Tanah(x, False) \ )
59
60 **Identifikasi Potensial Istilah Pelengkap : **
61 - \ ( Tanah(Stella, True) \ ) dari Klausula 1 berpotensi bertentangan dengan \ ( Tanah(x,
    False) \ ) dalam Klausula 2. Instansiasi dari \ ( x \ ) ke \ ( Stella \ ) diperlukan untuk
    memeriksa kontradiksi.
62
63 **Instansiasikan Klausula 2 dengan \ ( x = Stella \ ) : **
64 - Klausula 2 Asli: \ ( Numpus(x, False) \lor Tanah(x, False) \ )
65 - Klausula 2 yang Diinstansiasikan: \ ( Numpus(Stella, False) \lor Tanah(Stella, False) \ )
66
67 **Identifikasi Istilah Pelengkap Setelah Instansiasi:**
68 - \ ( Tanah(Stella, True) \ ) dalam Klausula 1 adalah pelengkap dari \ ( Tanah(Stella,
    False) \ ) dalam Klausula 2 yang diinstansiasikan (predikat sama, argumen sama, nilai
    boolean berlawanan).
69
70 ### **Langkah 2: Selesaikan Klausula**
71
72 - **Proses Penyelesaian:**
73 - **Aturan yang digunakan:** **Operator OR ( ) - Istilah Pelengkap/Bertentangan
    Ditemukan** karena istilah pelengkap/bertentangan dalam kedua klausula 1 dan klausula 2
    yang diinstansiasikan terhubung oleh "OR" dengan istilah lain.
74 \[
75 (A \lor B), \, (\neg A \lor C) \quad \Rightarrow \quad (B \lor C)
76 \]
77 - **Substitusikan istilah:**
78 \[
79 (Tanah(Stella, True)), \, (Numpus(Stella, False) \lor Tanah(Stella, False)) \quad \Rightarrow \quad
    Numpus(Stella, False)
80 \]
81 - **Klausula Hasil:** \ ( Numpus(Stella, False) \ )
82
83 ### **Langkah 3: Pemeriksaan Cukup**
84
85 - **Cek Kontradiksi:**
86 - Klausula hasil \ ( Numpus(Stella, False) \ ) tidak menghasilkan kontradiksi. Penyidikan
    lebih lanjut diperlukan untuk menentukan kesimpulan akhir, jadi label cukup harus
    False.
87
88 ***Bentuk Akhir***
89 **Klausula Baru:** { \ ( Numpus(Stella, False) \ ) }

```

```

90 **Label Cukup:** [False]
91 ***Akhir Blok***
92
93 ---
94
95 Contoh:
96
97 Klausula 1: Vumpus(Wren, True)
98 Klausula 2: Vumpus(Wren, False)
99
100 Langkah 1: Cek Istilah Pelengkap/Bertentangan
101
102 **Klausula yang Diberikan:**
103 - **Klausula 1:**  $\neg (Vumpus(Wren, True))$ 
104 - **Klausula 2:**  $\neg (Vumpus(Wren, False))$ 
105
106 **Identifikasi Istilah Pelengkap/Bertentangan:**
107 -  $\neg (Vumpus(Wren, True))$  dalam Klausula 1 secara langsung bertentangan dengan  $\neg (Vumpus(Wren, False))$  dalam Klausula 2 (predikat dan argumen sama, tetapi nilai boolean berlawanan).
108
109 ### **Langkah 2: Selesaikan Klausula**
110
111 - **Proses Penyelesaian:**
112 - **Aturan Digunakan:** **Kontradiksi Ditemukan** karena kedua istilah bertentangan dan tidak ada istilah lain yang hadir.
113   -  $\neg (Vumpus(Wren, True))$  bertentangan dengan  $\neg (Vumpus(Wren, False))$ , menyebabkan kontradiksi langsung.
114
115 - **Klausula Hasil:** Kontradiksi.
116
117 ### **Langkah 3: Pemeriksaan Cukup**
118
119 - **Cek Kontradiksi:**
120   - Penyelesaian menghasilkan kontradiksi, sehingga cukup tercapai.
121
122 ***Bentuk Akhir***
123 **Klausula Baru:** {Kontradiksi}
124 **Label Cukup:** [True]
125 ***Akhir Blok***
126
127 ---
128
129 Contoh:
130
131 Klausula 1: Kecil(Alex, False)
132 Klausula 2:  $\neg (\forall x \neg (Vumpus(x, False) \vee Numpus(x, True)))$ 
133
134 Langkah 1: Cek Istilah Pelengkap/Bertentangan
135

```

```

136 **Klausa yang Diberikan:**
137 - **Klausa 1:** \(\text{Kecil}(\text{Alex}, \text{False}) \wedge
138 - **Klausa 2:** \(\forall x \left( \text{Vumpus}(x, \text{False}) \vee \text{Numpus}(x, \text{True}) \right) \wedge
139
140 **Identifikasi Potensial Istilah Pelengkap:**
141 - Tidak ada kecocokan predikat antara \(\text{Kecil}(\text{Alex}, \text{False}) \wedge\) dalam Klausa 1 dan
    istilah dalam Klausa 2. Klausa 2 melibatkan predikat \(\text{Vumpus} \wedge\) dan \(\text{Numpus} \wedge\),
    sedangkan Klausa 1 melibatkan \(\text{Kecil} \wedge\). Oleh karena itu, tidak ada istilah
    pelengkap atau bertentangan yang ditemukan.
142
143 ### **Langkah 2: Selesaikan Klausa**
144
145 - **Proses Penyelesaian:**
146 - **Tidak Ada Istilah Pelengkap atau Bertentangan Ditemukan:** Tidak ada istilah
    dalam Klausa 1 yang bertentangan atau melengkapi istilah dalam Klausa 2 karena
    predikat yang berbeda. Ini menghasilkan tidak ada perubahan melalui penyelesaian
    karena tidak ada dasar untuk menggabungkan atau memodifikasi klausa.
147
148 ### **Langkah 3: Pemeriksaan Cukup**
149
150 - **Cek Kontradiksi:**
151 - Karena tidak ada istilah yang pelengkap atau bertentangan dan tidak ada
    penyelesaian yang dapat diterapkan, tidak ada kontradiksi. Penyidikan lebih lanjut
    diperlukan untuk mengevaluasi nilai kebenaran klausa, jadi label cukup harus False.
152
153 ***Bentuk Akhir***
154 **Label Cukup:** [False]
155 ***Akhir Blok***
156
157 ---
158
159 Silakan simpulkan informasi tersebut dengan format berikut:
160
161 ***Bentuk Akhir***
162 Klausa Baru: {placeholder_for_new_clause}
163 Label Cukup: {placeholder_for_sufficiency_label}
164 ***Bentuk Akhir***
165
166 ---
167
168 **Dibawah ini tugas yang perlu Anda lakukan:**
169
170 Klausa 1:
171 [[SOS]]
172 Klausa 2:
173 [[SELECTED-CLAUSE]]

```

Dari hasil evaluasi ditemukan pola kesalahan yang sering terjadi, seperti berikut:

- Model tidak mengenali istilah pelengkap/bertentangan:

– Input:

Klausa 1:

$Jompus(Max, True)$

Klausa 2:

$\forall x (Jompus(x, False) \vee Membosankan(x, True))$

– Output:

****Dibawah ini tugas yang perlu Anda lakukan:****

Klausa 1:

$Jompus(Max, True)$

Klausa 2:

$\forall x (Jompus(x, False) \vee Membosankan(x, True))$

****Langkah 1: Cek Istilah Pelengkap/Bertentangan****

****Klausa yang Diberikan:****

- ****Klausa 1:**** $Jompus(Max, True)$

- ****Klausa 2:**** $\forall x (Jompus(x, False) \vee Membosankan(x, True))$

****Identifikasi Potensial Istilah Pelengkap:****

- Tidak ada kecocokan predikat antara $Jompus(Max, True)$ dalam Klausa 1 dan istilah dalam Klausa 2. Klausa 2 melibatkan predikat $Jompus$ dan $Membosankan$, sedangkan Klausa 1 melibatkan $Jompus$. Oleh karena itu, tidak ada istilah pelengkap atau bertentangan yang ditemukan.

**Langkah 2: Selesaikan Klausa**

- ****Proses Penyelesaian:****

- ****Tidak Ada Istilah Pelengkap atau Bertentangan Ditemukan:**** Tidak ada istilah dalam Klausa 1 yang bertentangan atau melengkapi istilah dalam Klausa 2 karena predikat yang berbeda. Ini menghasilkan tidak ada perubahan melalui

penyelesaian karena tidak ada dasar untuk menggabungkan atau memodifikasi klausa.

Langkah 3: Pemeriksaan Cukup

- **Cek Kontradiksi:**

- Karena tidak ada istilah yang pelengkap atau bertentangan dan tidak ada penyelesaian yang dapat diterapkan, tidak ada kontradiksi. Penyidikan lebih lanjut diperlukan untuk mengevaluasi nilai kebenaran klausa, jadi label cukup harus False.

Bentuk Akhir

Label Cukup: [False]

Akhir Blok

- Penjelasan: Model gagal menemukan resolusi karena tidak mengenali bahwa $Jompus(Max, True)$ dan $Jompus(x, False)$ adalah istilah yang bertentangan ketika x disubstitusi dengan Max .
 - Model menggunakan \wedge (AND) dan penambahan *term* atau klausa yang tidak ada pada input:
 - Input:

Klausa 1:

$$Zumpus(Wren, False) \vee Transparan(Wren, True)$$

Klausa 2:

$$8. Jompus(x, False) \vee Zumpus(x, True)$$
 - Output:

Dibawah ini tugas yang perlu Anda lakukan:

Klausa 1:

$$Zumpus(Wren, False) \vee Transparan(Wren, True)$$

Klausa 2:

$$8. Jompus(x, False) \vee Zumpus(x, True) \wedge Jompus(x, False) \vee Transparan(x, True)$$
- **Langkah 1: Cek Istilah Pelengkap/Bertentangan**

****Klausula yang Diberikan:****

- ****Klausula 1:**** $Zumpus(Wren, False) \vee Transparan(Wren, True)$
- ****Klausula 2:**** $Jompus(x, False) \vee Zumpus(x, True) \wedge Jompus(x, False) \vee Transparan(x, True)$

****Identifikasi Potensial Istilah Pelengkap:****

- $Zumpus(Wren, False)$ dalam Klausula 1 berpotensi bertentangan dengan $Zumpus(x, True)$ dalam Klausula 2. Instansiasikan x ke $Wren$ untuk memeriksa kontradiksi.

****Instansiasikan Klausula 2 dengan $x = Wren$:**

- Klausula 2 Asli: $Jompus(x, False) \vee Zumpus(x, True) \wedge Jompus(x, False) \vee Transparan(x, True)$
- Klausula 2 yang Diinstansiasikan: $Jompus(Wren, False) \vee Zumpus(Wren, True) \wedge Jompus(Wren, False) \vee Transparan(Wren, True)$

****Identifikasi Istilah Pelengkap Setelah Instansiasi:****

- $Zumpus(Wren, False)$ dalam Klausula 1 adalah pelengkap dari $Zumpus(Wren, True)$ dalam Klausula 2 yang diinstansiasikan (predikat sama, argumen sama, nilai boolean berlawanan).

**Langkah 2: Selesaikan Klausula**

- ****Proses Penyelesaian:****
- ****Aturan yang digunakan:**** ****Operator AND () - Istilah Pelengkap/Bertentangan Ditemukan dengan Sisa Istilah**** karena istilah pelengkap/bertentangan dalam kedua klausula 1 dan klausula 2 yang diinstansiasikan terhubung oleh "AND" dengan istilah lain.

$$A \wedge B, \neg B \vee C \Rightarrow A \wedge C$$

- ****Substitusikan istilah:****

$$\begin{aligned}
& Zumpus(Wren, False) \vee Transparan(Wren, True), Jompus(Wren, False) \\
& \vee Zumpus(Wren, True) \wedge Jompus(Wren, False) \vee Transparan(Wren, True) \\
& \Rightarrow Transparan(Wren, True) \vee Jompus(Wren, False)
\end{aligned}$$

- **Klausula Hasil:** $Transparan(Wren, True) \vee Jompus(Wren, False)$

Langkah 3: Pemeriksaan Cukup

- **Cek Kontradiksi:**

- Klausula hasil $Transparan(Wren, True) \vee Jompus(Wren, False)$ tidak menghasilkan kontradiksi. Penyidikan lebih lanjut diperlukan untuk menentukan kesimpulan akhir, jadi label cukup harus False.

Bentuk Akhir

Klausula Baru: $Transparan(Wren, True) \vee Jompus(Wren, False)$

Label Cukup: [False]

Akhir Blok

– Penjelasan:

Model salah menggunakan operator \wedge pada Klausula 2, padahal seharusnya menggunakan \vee . Hal ini menyebabkan proses resolusi menjadi salah karena klausula yang digunakan tidak sesuai dengan input yang diberikan.

Oleh karena itu, dilakukan perbaikan pada prompt template tersebut dengan menghilangkan deskripsi tugas seperti penghilangan operator \wedge (AND) karena operator tersebut tidak diperlukan dalam proses resolusi pada dataset ProntoQA, serta penambahan sebuah contoh resolusi yang saling berkomplemen untuk membantu model dalam mengenali istilah pelengkap/bertentangan. Berikut adalah versi kedua dari prompt template yang telah dimodifikasi.

¹ ---

²

```

3 Tugas: Diberikan dua klausa, tugas Anda adalah:
4
5 1. Cek Istilah yang saling Melengkapi / Bertentangan:
6   - Tentukan apakah suatu istilah dalam klausa 1 bertentangan dengan istilah dalam
     klausa 2.
7
8 Istilah Pelengkap/Bertentangan: Dua istilah bertentangan jika mereka mempunyai
   predikat dan argumen yang sama tetapi berbeda dalam polaritas (salah satu dinegasi)
   atau nilai boolean didalamnya (True vs. False).
9
10 Contoh:
11 1.  $\neg(P(x, \text{False}))$  bertentangan dengan:
12   -  $\neg(\neg P(x, \text{False}))$  (polaritas berlawanan, nilai boolean sama).
13   -  $\neg(P(x, \text{True}))$  (polaritas sama, nilai boolean berlawanan).
14
15 2.  $\neg(\neg P(x, \text{False}))$  bertentangan dengan:
16   -  $\neg(\neg P(x, \text{True}))$  (polaritas sama, nilai boolean berlawanan).
17   -  $\neg(P(x, \text{False}))$  (polaritas berlawanan, nilai boolean sama).
18
19 Jika istilah bertentangan ditemukan: Selesaikan klausa tersebut menggunakan aturan
   di bawah ini.
20
21 2. Penyelesaian Klausa:
22
23 Aturan Penyelesaian:
24 Operator OR ( ) atau ( $\vee$ ):
25 - Istilah Pelengkap/Bertentangan Ditemukan:  $(A \vee B), \neg(A \vee C) \rightarrow (B \vee C)$ 
26
27 3. Pemeriksaan Cukup Setelah Inferensi:
28 - Jika kontradiksi ditemukan:
29   - Simpulkan dengan "Label Cukup: [True]" dan "Klausa Baru: {Kontradiksi}".
30 - Jika tidak ditemukan kontradiksi:
31   - Simpulkan dengan "Label Cukup: [False]".
32
33 Hasil keluaran: Simpulkan label cukup dan klausa baru dalam format:
34
35 Bentuk Akhir
36 Klausa Baru: {new_clause}
37 Label Cukup: [True/False]
38 Akhir Blok
39
40 ---
41
42 Contoh:
43
44 Klausa 1: Tanah(Stella, True)
45 Klausa 2: Numpus(x, False)  $\vee$  Tanah(x, False)
46
47 Mari kita uraikan proses penyelesaian untuk klausa yang diberikan:

```

```

48
49 ### **Langkah 1: Cek Istilah Pelengkap/Bertentangan**
50
51 **Klausula yang Diberikan:**
52 - **Klausula 1:**  $\neg (\text{Tanah}(\text{Stella}, \text{True}) \wedge)$ 
53 - **Klausula 2:**  $\neg (\text{Numpus}(x, \text{False}) \vee \text{Tanah}(x, \text{False}) \wedge)$ 
54
55 **Identifikasi Potensial Istilah Pelengkap :**
56 -  $\neg (\text{Tanah}(\text{Stella}, \text{True}) \wedge)$  dari Klausula 1 berpotensi bertentangan dengan  $\neg (\text{Tanah}(x,$ 
    False)  $\wedge)$  dalam Klausula 2. Instansiasi dari  $\neg (x \wedge)$  ke  $\neg (\text{Stella} \wedge)$  diperlukan untuk
    memeriksa kontradiksi.
57
58 **Instansiasikan Klausula 2 dengan  $\neg (x = \text{Stella} \wedge)$ :\neg (\text{Numpus}(x, \text{False}) \vee \text{Tanah}(x, \text{False}) \wedge)
60 - Klausula 2 yang Diinstansiasikan:  $\neg (\text{Numpus}(\text{Stella}, \text{False}) \vee \text{Tanah}(\text{Stella}, \text{False}) \wedge)$ 
61
62 **Identifikasi Istilah Pelengkap Setelah Instansiasi:**
63 -  $\neg (\text{Tanah}(\text{Stella}, \text{True}) \wedge)$  dalam Klausula 1 adalah pelengkap dari  $\neg (\text{Tanah}(\text{Stella},$ 
    False)  $\wedge)$  dalam Klausula 2 yang diinstansiasikan (predikat sama, argumen sama, nilai
    boolean berlawanan).
64
65 ### **Langkah 2: Selesaikan Klausula**
66
67 - **Proses Penyelesaian:**
68 - **Aturan yang digunakan:** **Operator OR (  $\vee$  ) - Istilah Pelengkap/Bertentangan
    Ditemukan** karena istilah pelengkap/bertentangan dalam kedua klausula 1 dan klausula 2
    yang diinstansiasikan terhubung oleh "OR" dengan istilah lain.
69  $\neg [$ 
70  $(A \vee B), \neg, (\neg A \vee C) \rightarrow \rightarrow (B \vee C)$ 
71  $\neg ]$ 
72 - **Substitusikan istilah:**
73  $\neg [$ 
74  $(\text{Tanah}(\text{Stella}, \text{True})), \neg, (\text{Tanah}(\text{Stella}, \text{False}) \vee \text{Numpus}(\text{Stella}, \text{False})) \rightarrow \rightarrow$ 
     $\text{Numpus}(\text{Stella}, \text{False})$ 
75  $\neg ]$ 
76 - **Klausula Hasil:**  $\neg (\text{Numpus}(\text{Stella}, \text{False}) \wedge)$ 
77
78 ### **Langkah 3: Pemeriksaan Cukup**
79
80 - **Cek Kontradiksi:**
81 - Klausula hasil  $\neg (\text{Numpus}(\text{Stella}, \text{False}) \wedge)$  tidak menghasilkan kontradiksi. Penyidikan
    lebih lanjut diperlukan untuk menentukan kesimpulan akhir, jadi label cukup harus
    False.
82
83 ***Bentuk Akhir***
84 Klausula Baru:  $\{ \neg (\text{Numpus}(\text{Stella}, \text{False}) \wedge) \}$ 
85 Label Cukup: [False]
86 ***Akhir Blok***
87
88 ---

```

```

89
90 Contoh:
91
92 Klausula 1: Vumpus(Wren, True)
93 Klausula 2: Vumpus(Wren, False)
94
95 Mari kita uraikan proses penyelesaian untuk klausula yang diberikan:
96
97 ### **Langkah 1: Cek Istilah Pelengkap/Bertentangan**
98
99 **Klausula yang Diberikan:**
100 - **Klausula 1:** \ ( Vumpus(Wren, True) \)
101 - **Klausula 2:** \ ( Vumpus(Wren, False) \)
102
103 **Identifikasi Istilah Pelengkap/Bertentangan:**
104 - \ ( Vumpus(Wren, True) \) dalam Klausula 1 secara langsung bertentangan dengan \ (
    Vumpus(Wren, False) \) dalam Klausula 2 (predikat dan argumen sama, tetapi nilai boolean
    berlawanan).
105
106 ### **Langkah 2: Selesaikan Klausula**
107
108 - **Proses Penyelesaian:**
109 - **Aturan Digunakan:** **Kontradiksi Ditemukan** karena kedua istilah bertentangan
    dan tidak ada istilah lain yang hadir.
110 - \ ( Vumpus(Wren, True) \) bertentangan dengan \ ( Vumpus(Wren, False) \),
    menyebabkan kontradiksi langsung.
111
112 - **Klausula Hasil:** Kontradiksi.
113
114 ### **Langkah 3: Pemeriksaan Cukup**
115
116 - **Cek Kontradiksi:**
117 - Penyelesaian menghasilkan kontradiksi, sehingga cukup tercapai.
118
119 ***Bentuk Akhir***
120 Klausula Baru: {Kontradiksi}
121 Label Cukup: [True]
122 ***Akhir Blok***
123
124 ---
125
126 Contoh:
127
128 Klausula 1: \ ( Vumpus(Wren, True) \)
129 Klausula 2: Vumpus(Wren, False)
130
131 Mari kita uraikan proses penyelesaian untuk klausula yang diberikan:
132
133 ### **Langkah 1: Cek Istilah Pelengkap/Bertentangan**
134

```

```

135 **Klausula yang Diberikan:**
136 - **Klausula 1:** \(\text{Vumpus}(\text{Wren}, \text{True})\)
137 - **Klausula 2:** \(\text{Vumpus}(\text{Wren}, \text{False})\)
138
139 **Identifikasi Istilah Pelengkap/Bertentangan:**
140 - \(\text{Vumpus}(\text{Wren}, \text{True})\) dalam Klausula 1 secara langsung bertentangan dengan \(\text{Vumpus}(\text{Wren}, \text{False})\) dalam Klausula 2 (predikat dan argumen sama, tetapi nilai boolean berlawanan).
141
142 ### **Langkah 2: Selesaikan Klausula**
143
144 - **Proses Penyelesaian:**
145 - **Aturan Digunakan:** **Kontradiksi Ditemukan** karena kedua istilah bertentangan dan tidak ada istilah lain yang hadir.
146 - \(\text{Vumpus}(\text{Wren}, \text{True})\) bertentangan dengan \(\text{Vumpus}(\text{Wren}, \text{False})\), menyebabkan kontradiksi langsung.
147
148 - **Klausula Hasil:** Kontradiksi.
149
150 ### **Langkah 3: Pemeriksaan Cukup**
151
152 - **Cek Kontradiksi:**
153 - Penyelesaian menghasilkan kontradiksi, sehingga cukup tercapai.
154
155 ***Bentuk Akhir***
156 Klausula Baru: {Kontradiksi}
157 Label Cukup: [True]
158 ***Akhir Blok***
159
160 ---
161
162 Contoh:
163
164 Klausula 1: \(\text{Kecil}(\text{Alex}, \text{False})\)
165 Klausula 2: \(\left(\text{Vumpus}(x, \text{False}) \vee \text{Numpus}(x, \text{True})\right)\)
166
167 Mari kita uraikan proses penyelesaian untuk klausula yang diberikan:
168
169 ### **Langkah 1: Cek Istilah Pelengkap/Bertentangan**
170
171 **Klausula yang Diberikan:**
172 - **Klausula 1:** \(\text{Kecil}(\text{Alex}, \text{False})\)
173 - **Klausula 2:** \(\left(\text{Vumpus}(x, \text{False}) \vee \text{Numpus}(x, \text{True})\right)\)
174
175 **Identifikasi Potensial Istilah Pelengkap:**
176 - Tidak ada kecocokan predikat antara \(\text{Kecil}(\text{Alex}, \text{False})\) dalam Klausula 1 dan istilah dalam Klausula 2. Klausula 2 melibatkan predikat \(\text{Vumpus}\) dan \(\text{Numpus}\), sedangkan Klausula 1 melibatkan \(\text{Kecil}\). Oleh karena itu, tidak ada istilah pelengkap atau bertentangan yang ditemukan.
177

```

```

178 ### **Langkah 2: Selesaikan Klausa**
179
180 - **Proses Penyelesaian:**
181   - **Tidak Ada Istilah Pelengkap atau Bertentangan Ditemukan:** Tidak ada istilah
      dalam Klausa 1 yang bertentangan atau melengkapi istilah dalam Klausa 2 karena
      predikat yang berbeda. Ini menghasilkan tidak ada perubahan melalui penyelesaian
      karena tidak ada dasar untuk menggabungkan atau memodifikasi klausa.
182
183 ### **Langkah 3: Pemeriksaan Cukup**
184
185 - **Cek Kontradiksi:**
186   - Karena tidak ada istilah yang pelengkap atau bertentangan dan tidak ada
      penyelesaian yang dapat diterapkan, tidak ada kontradiksi. Penyidikan lebih lanjut
      diperlukan untuk mengevaluasi nilai kebenaran klausa, jadi label cukup harus False.
187
188 ***Bentuk Akhir***
189 Label Cukup: [False]
190 ***Akhir Blok***
191
192 ---
193
194 Silakan simpulkan informasi tersebut dengan format berikut. Ubah placeholder sesuai
      dengan kesimpulan:
195
196 ***Bentuk Akhir***
197 Klausa Baru: {placeholder_for_new_clause}
198 Label Cukup: [placeholder_for_sufficiency_label]
199 ***Akhir Blok***
200
201 ---
202
203 **Dibawah ini tugas yang perlu Anda lakukan:**
204
205 Klausa 1:
206 [[SOS]]
207 Klausa 2:
208 [[SELECTED-CLAUSE]]
209
210 Mari kita uraikan proses penyelesaian untuk klausa yang diberikan:

```

Hasil dari *prompt template* versi kedua ini sudah memperbaiki beberapa masalah yang ada pada versi pertama, seperti model dapat mengenali istilah pelengkap/bertentangan dengan baik dan tidak menggunakan operator \wedge (AND) yang tidak perlu digunakan. Namun, masih ada beberapa kesalahan yang terjadi, seperti penggunaan \neg (NOT) dalam proses resolusi yang sebenarnya tidak diperlukan pada dataset ProntoQA.

Maka deskripsi tugas yang menjelaskan tentang penggunaan \neg dihilangkan agar tidak

membingungkan model. Berikut adalah versi ketiga dari *prompt template* yang telah diperbaiki.

```

1 ---
2
3 Tugas: Diberikan dua clause, tugas Anda adalah:
4
5 1. Cek literal dalam clause yang saling komplemen:
6     - Tentukan apakah suatu literal dalam clause 1 merupakan komplemen dengan literal
       dalam clause 2.
7
8 Literal yang saling komplemen: Dua literal saling komplemen jika mereka mempunyai
   predikat dan argumen yang sama tetapi berbeda nilai boolean di dalamnya (True vs.
   False).
9
10 Contoh:
11 1.  $\neg (P(x, \text{False}) \wedge)$  saling komplemen dengan  $(P(x, \text{True}) \wedge)$ .
12
13 2.  $\neg (P(x, \text{True}) \wedge)$  saling komplemen dengan  $(P(x, \text{False}) \wedge)$ .
14
15 Jika literal yang saling komplemen ditemukan: terapkan resolusi menggunakan aturan
   di bawah ini.
16
17 2. Resolusi:
18
19 Aturan Resolusi:
20 - Literal yang saling komplemen ditemukan:  $\neg (P(x, \text{True}) \wedge B), \neg (P(x, \text{False}) \wedge C) \rightarrow (B \vee C)$  atau  $\neg (P(x, \text{False}) \wedge B), \neg (P(x, \text{True}) \wedge C) \rightarrow (B \vee C)$ 
21
22 3. Pemeriksaan Setelah Resolusi:
23 - Jika kontradiksi ditemukan:
24   - Simpulkan dengan "Label Cukup: [True]" dan "Clause Baru: {Kontradiksi}".
25 - Jika tidak ditemukan kontradiksi:
26   - Simpulkan dengan "Label Cukup: [False]".
27
28 Hasil keluaran: Simpulkan label cukup dan clause baru dalam format:
29
30 Bentuk Akhir
31 Clause Baru: {new_clause}
32 Label Cukup: [True/False]
33 Akhir Blok
34
35 ---
36
37 Contoh:
38
39 Clause 1: Tanah(Stella, True)
40 Clause 2: Numpus(x, False)  $\vee$  Tanah(x, False)
41

```

```

42 Mari kita lakukan proses resolusi untuk kedua clause yang diberikan:
43
44 ### **Langkah 1: Cek Literal yang Saling Komplemen**
45
46 **Clause yang Diberikan:**
47 - **Clause 1:**  $\neg (\text{Tanah}(\text{Stella}, \text{True}) \wedge)$ 
48 - **Clause 2:**  $\neg (\text{Numpus}(x, \text{False}) \vee \text{Tanah}(x, \text{False}) \wedge)$ 
49
50 **Identifikasi Literal yang Saling Komplemen:**
51 -  $\neg (\text{Tanah}(\text{Stella}, \text{True}) \wedge)$  pada Clause 1 berpotensi saling komplemen dengan  $\neg (\text{Tanah}(x, \text{False}) \wedge)$  pada Clause 2. Instansiasi dari  $\neg (x \wedge)$  ke  $\neg (\text{Stella} \wedge)$  diperlukan untuk memastikan bahwa kedua literal saling komplemen.
52
53 **Instansiasikan Clause 2 dengan  $\neg (x = \text{Stella} \wedge)$ :\neg (\text{Numpus}(x, \text{False}) \vee \text{Tanah}(x, \text{False}) \wedge)
55 - Clause 2 setelah Diinstansiasi:  $\neg (\text{Numpus}(\text{Stella}, \text{False}) \vee \text{Tanah}(\text{Stella}, \text{False}) \wedge)$ 
56
57 **Identifikasi Literal yang Saling Komplemen Setelah Instansiasi:**
58 -  $\neg (\text{Tanah}(\text{Stella}, \text{True}) \wedge)$  dalam Clause 1 adalah komplemen dari  $\neg (\text{Tanah}(\text{Stella}, \text{False}) \wedge)$  dalam Clause 2 setelah diinstansiasi (predikat sama, argumen sama, nilai boolean berlawanan).
59
60 ### **Langkah 2: Terapkan Resolusi pada Kedua Clause**
61
62 - **Proses Resolusi:**
63 - **Aturan Resolusi:** terdapat literal yang saling komplemen ditemukan pada Clause 1 dan Clause 2 setelah diinstansiasi yang terhubung oleh "OR" dengan literal lainnya, maka formula resolusi di bawah ini dapat dilakukan.
64   
$$\neg [ \neg (P(x, \text{True}) \vee B), \neg (P(x, \text{False}) \vee C) \rightarrow (B \vee C) ]$$

65   
$$\neg [$$

66   
$$\neg$$

67 - **Instansiasi Literal:** Instansiasikan literal dari Clause 1 dan Clause 2 kedalam formula yang sudah diberikan
68   
$$\neg [$$

69   
$$(\text{Tanah}(\text{Stella}, \text{True})), \neg, (\text{Tanah}(\text{Stella}, \text{False}) \vee \text{Numpus}(\text{Stella}, \text{False})) \rightarrow$$

70   
$$\neg [$$

71   
$$\neg$$

72
73 ### **Langkah 3: Pemeriksaan Setelah Resolusi**
74
75 - **Cek Kontradiksi:**
76 - Clause hasil  $\neg (\text{Numpus}(\text{Stella}, \text{False}) \wedge)$  tidak menghasilkan kontradiksi. Proses resolusi lebih lanjut diperlukan untuk menentukan kesimpulan akhir, sehingga Label Cukup bernilai False.
77
78 ***Bentuk Akhir***
79 Clause Baru:  $\{ \neg (\text{Numpus}(\text{Stella}, \text{False}) \wedge) \}$ 
80 Label Cukup: [False]
81 ***Akhir Blok***

```

```

82
83 ---
84
85 Contoh:
86
87 Clause 1: Vumpus(Wren, True)
88 Clause 2: Vumpus(Wren, False)
89
90 Mari kita uraikan proses resolusi untuk clause yang diberikan:
91
92 ### **Langkah 1: Cek Literal yang Saling Komplemen**
93
94 **Clause yang Diberikan:**
95 - **Clause 1:** \ ( Vumpus(Wren, True) \)
96 - **Clause 2:** \ ( Vumpus(Wren, False) \)
97
98 **Identifikasi Literal yang Saling Komplemen :**
99 - \ ( Vumpus(Wren, True) \) dalam Clause 1 adalah komplemen dengan \ ( Vumpus(Wren,
      False) \) dalam Clause 2 (predikat dan argumen sama, tetapi nilai boolean berlawanan).
100
101 ### **Langkah 2: Terapkan Resolusi pada Kedua Clause**
102
103 - **Proses Resolusi:**
104   - **Aturan Digunakan:** **Kontradiksi Ditemukan** karena kedua istilah saling
      komplemen dan tidak ada istilah lain yang hadir.
105     - \ ( Vumpus(Wren, True) \) saling komplemen dengan \ ( Vumpus(Wren, False) \),
      menyebabkan kontradiksi langsung.
106
107   - **Clause Hasil:** Kontradiksi.
108
109 ### **Langkah 3: Pemeriksaan Setelah Resolusi**
110
111 - **Cek Kontradiksi:**
112   - Resolusi menghasilkan kontradiksi, sehingga cukup tercapai.
113
114 ***Bentuk Akhir***
115 Clause Baru: {Kontradiksi}
116 Label Cukup: [True]
117 ***Akhir Blok***
118
119 ---
120
121 Contoh:
122
123 Clause 1: \ ( Jompus(Alex, False) \lor TembusPandang(x, True) \)
124 Clause 2: \ (Dumpus(x, False) \lor Jompus(x, True)\)
125
126 Mari kita uraikan proses resolusi untuk clause yang diberikan:
127
128 ### **Langkah 1: Cek Literal yang Saling Komplemen**

```

```

129
130 **Clause yang Diberikan:**
131 - **Clause 1:**  $\neg (\text{Jompus}(\text{Alex}, \text{False}) \vee \text{TembusPandang}(\text{x}, \text{True}))$ 
132 - **Clause 2:**  $\neg (\text{Dumpus}(\text{x}, \text{False}) \vee \text{Jompus}(\text{x}, \text{True}))$ 
133
134 ### Langkah 1: Cek Literal yang Saling Komplemen**
135 -  $\neg (\text{Jompus}(\text{Alex}, \text{False}))$  pada Clause 1 berpotensi saling komplemen dengan  $\neg (\text{Jompus}(\text{x}, \text{True}))$  pada Clause 2. Instansiasi dari  $\neg (\text{x})$  ke  $\neg (\text{Alex})$  diperlukan untuk memastikan bahwa kedua literal saling komplemen.
136
137 **Instansiasikan Clause 2 dengan  $\neg (\text{x} = \text{Alex})$ :
138 - Clause 2 Asli:  $\neg (\text{Dumpus}(\text{x}, \text{False}) \vee \text{Jompus}(\text{x}, \text{True}))$ 
139 - Clause 2 setelah Diinstansiasi:  $\neg (\text{Dumpus}(\text{Alex}, \text{False}) \vee \text{Jompus}(\text{Alex}, \text{True}))$ 
140
141 **Identifikasi Literal yang Saling Komplemen Setelah Instansiasi:**
142 -  $\neg (\text{Jompus}(\text{Alex}, \text{False}))$  dalam Clause 1 adalah komplemen dari  $\neg (\text{Jompus}(\text{Alex}, \text{True}))$  dalam Clause 2 setelah diinstansiasi (predikat sama, argumen sama, nilai boolean berlawanan).
143
144 ### Langkah 2: Terapkan Resolusi pada Kedua Clause**
145
146 - **Proses Resolusi:**
147 - **Aturan Resolusi:** terdapat literal yang saling komplemen ditemukan pada Clause 1 dan Clause 2 setelah diinstansiasi yang terhubung oleh "OR" dengan literal lainnya, maka formula resolusi di bawah ini dapat dilakukan.
148   
$$\neg [ \neg (P(\text{x}, \text{False}) \vee B), \neg (P(\text{x}, \text{True}) \vee C) \rightarrow (B \vee C) ]$$

149   
$$\neg [ \neg (\text{Jompus}(\text{Alex}, \text{False}) \vee \text{TembusPandang}(\text{x}, \text{True})), \neg (\text{Jompus}(\text{Alex}, \text{True}) \vee \text{Dumpus}(\text{Alex}, \text{False})) \rightarrow \text{TembusPandang}(\text{x}, \text{True}) \vee \text{Dumpus}(\text{Alex}, \text{False}) ]$$

150   
$$\neg [ \neg (\text{Jompus}(\text{Alex}, \text{False}) \vee \text{TembusPandang}(\text{x}, \text{True})), \neg (\text{Jompus}(\text{Alex}, \text{True}) \vee \text{Dumpus}(\text{Alex}, \text{False})) \rightarrow \text{TembusPandang}(\text{x}, \text{True}) \vee \text{Dumpus}(\text{Alex}, \text{False}) ]$$

151 - **Instansiasi Literal:** Instansiasikan literal dari Clause 1 dan Clause 2 kedalam formula yang sudah diberikan
152   
$$\neg [ \neg (\text{Jompus}(\text{Alex}, \text{False}) \vee \text{TembusPandang}(\text{x}, \text{True})), \neg (\text{Jompus}(\text{Alex}, \text{True}) \vee \text{Dumpus}(\text{Alex}, \text{False})) \rightarrow \text{TembusPandang}(\text{x}, \text{True}) \vee \text{Dumpus}(\text{Alex}, \text{False}) ]$$

153   
$$\neg [ \neg (\text{Jompus}(\text{Alex}, \text{False}) \vee \text{TembusPandang}(\text{x}, \text{True})), \neg (\text{Jompus}(\text{Alex}, \text{True}) \vee \text{Dumpus}(\text{Alex}, \text{False})) \rightarrow \text{TembusPandang}(\text{x}, \text{True}) \vee \text{Dumpus}(\text{Alex}, \text{False}) ]$$

154   
$$\neg [ \neg (\text{Jompus}(\text{Alex}, \text{False}) \vee \text{TembusPandang}(\text{x}, \text{True})), \neg (\text{Jompus}(\text{Alex}, \text{True}) \vee \text{Dumpus}(\text{Alex}, \text{False})) \rightarrow \text{TembusPandang}(\text{x}, \text{True}) \vee \text{Dumpus}(\text{Alex}, \text{False}) ]$$

155 - **Clause Hasil:**  $\neg (\text{TembusPandang}(\text{x}, \text{True}) \vee \text{Dumpus}(\text{Alex}, \text{False}))$ 
156
157 ### Langkah 3: Pemeriksaan Setelah Resolusi**
158
159 - **Cek Kontradiksi:**
160 - Clause hasil  $\neg (\text{TembusPandang}(\text{Alex}, \text{True}) \vee \text{Dumpus}(\text{Alex}, \text{False}))$  tidak menghasilkan kontradiksi. Proses resolusi lebih lanjut diperlukan untuk menentukan kesimpulan akhir, sehingga Label Cukup bernilai False.
161
162 ***Bentuk Akhir***
163 Clause Baru:  $\{ \neg (\text{TembusPandang}(\text{Alex}, \text{True}) \vee \text{Dumpus}(\text{Alex}, \text{False})) \}$ 
164 Label Cukup: [False]
165 ***Akhir Blok***
166
167 ---

```

```

168
169 Contoh:
170
171 Clause 1: Kecil(Alex, False)
172 Clause 2: \ (Vumpus(x, False) \lor Numpus(x, True)\)
173
174 Mari kita uraikan proses resolusi untuk clause yang diberikan:
175
176 ### **Langkah 1: Cek Literal yang Saling Komplemen**
177
178 **Clause yang Diberikan:**
179 - **Clause 1:** \ ( Kecil(Alex, False) \)
180 - **Clause 2:** \ ( Vumpus(x, False) \lor Numpus(x, True) \)
181
182 **Identifikasi Literal yang Saling Komplemen :**
183 - Tidak ada istilah yang sama diantara 2 clause tersebut, sehingga tidak ada istilah
    yang saling komplemen ditemukan (predikat berbeda)
184
185 ### **Langkah 2: Terapkan Resolusi pada Kedua Clause**
186
187 - **Proses Resolusi:**
188 - **Tidak Ada Istilah Saling Komplemen Ditemukan:** Tidak ada istilah dalam Clause 1
    yang saling komplemen dengan istilah dalam Clause 2 karena predikat yang berbeda.
    Resolusi tidak dapat dilakukan karena tidak ada dasar untuk menggabungkan antara 2
    istilah yang berbeda
189
190 ### **Langkah 3: Pemeriksaan Setelah Resolusi**
191
192 - **Cek Kontradiksi:**
193 - Tidak ada istilah yang saling komplemen dan tidak ada resolusi yang dapat
    diterapkan, maka tidak ada kontradiksi. Proses resolusi lebih lanjut diperlukan untuk
    mengevaluasi nilai kebenaran clause, jadi label cukup harus False dan tidak perlu
    menambahkan nilai clause baru.
194
195 ***Bentuk Akhir***
196 Label Cukup: [False]
197 ***Akhir Blok***
198
199 ---
200
201 Contoh:
202
203 Clause 1:
204 \ ( Impus(Wren, False) \)
205 Clause 2:
206 (Tumpus(x, False) \lor Impus(x, True))
207
208 Mari kita uraikan proses resolusi untuk clause yang diberikan:
209
210 ### **Langkah 1: Cek Literal yang Saling Komplemen**

```

```

211 **Clause yang Diberikan:**
212 - **Clause 1:**  $\neg (\text{Impus}(\text{Wren}, \text{False}) \wedge$ 
213 - **Clause 2:**  $\neg (\text{Tumpus}(x, \text{False}) \vee \text{Impus}(x, \text{True}) \wedge$ 
214
215 **Identifikasi Literal yang Saling Komplemen:**
216 -  $\neg (\text{Impus}(\text{Wren}, \text{False}) \wedge$  dalam Clause 1 berpotensi saling komplemen dengan  $\neg (\text{Impus}(x, \text{True}) \wedge$  dalam Clause 2. Instansiasi dari  $\neg (x \wedge)$  ke  $\neg (\text{Wren} \wedge)$  diperlukan untuk memastikan bahwa kedua literal saling komplemen.
217
218 **Instansiasikan Clause 2 dengan  $\neg (x = \text{Wren} \wedge)$ :**
219 - Clause 2 Asli:  $\neg (\text{Tumpus}(x, \text{False}) \vee \text{Impus}(x, \text{True}) \wedge$ 
220 - Clause 2 setelah Diinstansiasi:  $\neg (\text{Tumpus}(\text{Wren}, \text{False}) \vee \text{Impus}(\text{Wren}, \text{True}) \wedge$ 
221
222 **Identifikasi Literal yang Saling Komplemen Setelah Instansiasi:**
223 -  $\neg (\text{Impus}(\text{Wren}, \text{False}) \wedge$  dalam Clause 1 adalah komplemen dari  $\neg (\text{Impus}(\text{Wren}, \text{True}) \wedge$  dalam Clause 2 setelah diinstansiasi (predikat sama, argumen sama, nilai boolean berlawanan).
224
225 ### **Langkah 2: Terapkan Resolusi pada Kedua Clause**
226 - **Proses Resolusi:**
227 - **Aturan Resolusi:** terdapat literal yang saling komplemen ditemukan pada Clause 1 dan Clause 2 setelah diinstansiasi yang terhubung oleh "OR" dengan literal lainnya, maka formula resolusi di bawah ini dapat dilakukan.
228    $\neg [$ 
229    $\neg (\text{P}(x, \text{False}) \vee \text{B}), \neg, (\text{P}(x, \text{True}) \vee \text{C}) \rightarrow (\text{B} \vee \text{C}) \wedge$ 
230    $\neg ]$ 
231 - **Instansiasi Literal:** Instansiasikan literal dari Clause 1 dan Clause 2 kedalam formula yang sudah diberikan
232    $\neg [$ 
233    $(\text{Impus}(\text{Wren}, \text{False})), \neg, (\text{Impus}(\text{Wren}, \text{True}) \vee \text{Tumpus}(\text{Wren}, \text{False})) \rightarrow$ 
234    $\neg ]$ 
235 - **Clause Hasil:**  $\neg (\text{Tumpus}(\text{Wren}, \text{False}) \wedge$ 
236
237 ### **Langkah 3: Pemeriksaan Setelah Resolusi**
238 - **Cek Kontradiksi:**
239 - Clause hasil  $\neg (\text{Tumpus}(\text{Wren}, \text{False}) \wedge$  tidak menghasilkan kontradiksi. Proses resolusi lebih lanjut diperlukan untuk menentukan kesimpulan akhir, sehingga Label Cukup bernilai False.
240
241 ***Bentuk Akhir***
242 Clause Baru:  $\{ \neg (\text{Tumpus}(\text{Wren}, \text{False}) \wedge \}$ 
243 Label Cukup: [False]
244 ***Akhir Blok***
245
246 ---
247
248 Silakan simpulkan informasi tersebut dengan format berikut. Ubah placeholder sesuai dengan kesimpulan:
249

```

```

250 ***Bentuk Akhir***
251 Clause Baru: {placeholder_for_new_clause}
252 Label Cukup: [placeholder_for_sufficiency_label]
253 ***Akhir Blok***
254
255 ---
256
257 **Dibawah ini tugas yang perlu Anda lakukan:**
258
259 Clause 1:
260 [[SOS]]
261 Clause 2:
262 [[SELECTED-CLAUSE]]
263
264 Mari kita uraikan proses resolusi untuk clause yang diberikan:

```

Walaupun sudah diperbaiki, masih terdapat beberapa aturan yang tidak dapat diterjemahkan dengan baik oleh model karena model seperti Qwen2.5 7B-Instruct-GGUF yang digunakan memiliki keterbatasan dalam memahami logika yang kompleks atau secara inheren tidak mempunyai *knowledge* dalam melakukan proses resolusi logika. Contoh dari kesalahan tersebut:

- Input:

Clause 1:

Zumpus(Fae, False)

Clause 2:

Zumpus(Fae, True)

- Output:

****Dibawah ini tugas yang perlu Anda lakukan:****

Clause 1:

Zumpus(Fae, False)

Clause 2:

Zumpus(Fae, True)

Mari kita uraikan proses resolusi untuk clause yang diberikan:

**Langkah 1: Cek Literal yang Saling Komplemen**

****Clause yang Diberikan:****

- ****Clause 1:**** $Zumpus(Fae, False)$
- ****Clause 2:**** $Zumpus(Fae, True)$

****Identifikasi Literal yang Saling Komplemen:****

- $Zumpus(Fae, False)$ dalam Clause 1 berpotensi saling komplemen dengan $Zumpus(Fae, True)$ dalam Clause 2 (predikat dan argumen sama, tetapi nilai boolean berlawanan).

**Langkah 2: Terapkan Resolusi pada Kedua Clause**

- ****Proses Resolusi:****
- ****Aturan Resolusi:**** terdapat literal yang saling komplemen ditemukan pada Clause 1 dan Clause 2 yang terhubung oleh "OR" dengan literal lainnya, maka formula resolusi di bawah ini dapat dilakukan.

$$P(x, False) \vee B, P(x, True) \vee C \Rightarrow B \vee C$$

- ****Instansiasi Literal:**** Instansiasikan literal dari Clause 1 dan Clause 2 kedalam formula yang sudah diberikan

$$Zumpus(Fae, False), Zumpus(Fae, True) \Rightarrow B \vee C$$

- ****Clause Hasil:**** $B \vee C$

**Langkah 3: Pemeriksaan Setelah Resolusi**

- ****Cek Kontradiksi:****
- Clause hasil $B \vee C$ tidak menghasilkan kontradiksi. Proses resolusi lebih lanjut diperlukan untuk menentukan kesimpulan akhir, sehingga Label Cukup bernilai False.

*****Bentuk Akhir*****

Clause Baru: $B \vee C$

Label Cukup: [False]

Akhir Blok

- Penjelasan: Model gagal menemukan resolusi karena tidak mengenali bahwa *Zumpus(Fae,False)* dan *Zumpus(Fae,True)* adalah istilah yang saling komplemen, tetapi terlalu fokus pada format penulisan output sehingga mengabaikan proses resolusi yang sebenarnya.

Namun, prompt template 4.1.3 dianggap sudah cukup baik untuk digunakan dalam eksperimen.

4.2 Matriks Evaluasi

Bagian ini merupakan hasil akhir dari eksperimen yang telah dilakukan pada penelitian ini. Hasil akhir ini berupa tabel yang menunjukkan persentase keberhasilan dari masing-masing model dalam menjawab pertanyaan berdasarkan dua metode yang digunakan, yaitu Naive Prompting dan Aristotle Framework. Prompt yang digunakan pada eksperimen ini telah melalui proses *Prompt Refining* yang dijelaskan pada bagian sebelumnya, yaitu versi final dari masing-masing prompt.

4.2.1 Naive Prompting

Pada skenario ini, model diminta menjawab langsung "Benar" atau "Salah" berdasarkan premis. Eksperimen dilakukan dengan dua variasi: meminta jawaban dulu baru penjelasan (*After Answer*) dan sebaliknya (*Before Answer*).

Tabel 4.1: Hasil Eksperimen dengan Naive Prompting

	Qwen2.5 7B-Instruct-GGUF	SEA-LION v3-Llama-8B-GGUF	SahabatAI v1-Llama-8B-GGUF
Naive Prompting			
After Answer	51.40%	56.20%	61.40%
Before Answer	81.00%	76.80%	67.80%

Analisis:

1. **Keunggulan Qwen pada CoT:** Qwen2.5 menunjukkan lonjakan performa tertinggi (81%) ketika menggunakan metode *Before Answer*. Ini konsisten dengan literatur yang menyatakan bahwa model yang dilatih pada korpus kode/matematika besar (seperti

- Qwen) memiliki kemampuan *Chain-of-Thought* internal yang kuat Wei et al. (2023).
2. **Kekuatan Semantik Sahabat-AI:** Pada mode *After Answer* (yang lebih mengandalkan intuisi bahasa langsung), Sahabat-AI unggul (61.4%). Ini mengindikasikan bahwa model ini memiliki pemahaman Bahasa Indonesia yang lebih natural, sehingga intuisi ”tebakan”-nya lebih akurat dibandingkan model global.

4.2.2 Aristotle

Tabel berikut menunjukkan hasil ketika penalaran dipindahkan dari ”otak” model ke *pipeline* simbolik.

Tabel 4.2: Hasil Eksperimen dengan Aristotle Framework

	Qwen2.5 7B-Instruct-GGUF	SEA-LION v3-Llama-8B-GGUF	SahabatAI v1-Llama-8B-GGUF
Aristotle	14.00%	81.60%	61.20%

Analisis:

- **Anomali Qwen (14%):** Meskipun unggul di Naive Prompting, Qwen gagal total dalam framework ini. Analisis log menunjukkan kegagalan ini bukan pada logika, melainkan pada **kepatuhan format sintaks** (*parsability*). Qwen sering menghasilkan output yang terlalu mengikuti format pada tahap *search & resolve* tanpa mengadnalkan kemampuan penalaran logikanya, sehingga jawaban pada tahap tersebut menjadi tidak valid.
- **Dominasi SEA-LION (81.6%):** SEA-LION v3 menunjukkan performa terbaik. Ini membuktikan hipotesis bahwa model regional yang dilatih dengan instruksi spesifik bahasa lokal (dan mungkin data *multilingual alignment* yang lebih baik) mampu menjadi ”Penerjemah Logika” yang lebih patuh aturan untuk Bahasa Indonesia.
- **Stabilitas Sahabat-AI:** Sahabat-AI menunjukkan performa yang seimbang. Meskipun tidak setinggi SEA-LION, akurasi (61.2%) sebanding dengan performa Naive-nya, menunjukkan konsistensi pemahaman.

4.3 Analisis Mendalam

4.3.1 Fenomena "Bottleneck" pada *Neuro-Symbolic*

Hasil eksperimen ini mengonfirmasi kelemahan utama sistem *framework translation-decomposition-search-resolve*, yaitu *Bottleneck*, jika terjadi kesalahan dalam salah satu tahap, maka tahap selanjutnya pasti salah juga. Dalam metode *Naive*, kesalahan model terdistribusi secara probabilistik. Namun dalam metode Aristotle, kesalahan pada tahap-tahap awal akan menjadi katastrofik untuk tahap-tahap selanjutnya. Beberapa poin penting:

- Jika Model gagal dalam tahap *translation*, seperti "Setiap Wumpus adalah Jompus" menjadi $\forall x Wumpus(x) \rightarrow Jompus(x)$ dengan sintaks yang tepat 100%, maka modul *search* tidak akan memiliki input yang valid, dan akurasi otomatis menjadi 0.
- Kegagalan Qwen (14%) adalah bukti nyata bahwa **kecerdasan penalaran** (*Reasoning IQ*) berbeda dengan **kepatuhan instruksi format** (*Instruction Following*) pada bahasa spesifik (Indonesian), yaitu model Qwen terlalu patuh terhadap format, sehingga tidak dapat *me-resolve* logika dengan benar.

4.3.2 Efektivitas Model Regional (Sovereign AI)

Temuan paling signifikan dalam penelitian ini adalah bahwa **SEA-LION v3 (8B)**, sebuah model regional, mampu mengalahkan model global SOTA (Qwen2.5 7B) dalam tugas yang terstruktur ini. Hal ini menunjukkan bahwa untuk aplikasi yang memerlukan integrasi dengan sistem simbolik (seperti database atau mesin logika) dalam Bahasa Indonesia, model yang melalui proses *Continued Pre-Training* (CPT) pada data regional jauh lebih andal. Model global cenderung "terlalu kreatif" atau "terlalu cerewet" atau "terlalu patuh pada format", yang justru menjadi masalah jika di implementasikan dalam sebuah pipeline simbolik.

BAB 5

PENUTUP

Bab ini merangkum temuan-temuan utama yang diperoleh dari rangkaian eksperimen validasi kerangka kerja Neuro-Symbolic pada dataset logika berbahasa Indonesia. Kesimpulan disusun untuk menjawab rumusan masalah yang telah ditetapkan pada Bab 1, diikuti dengan saran strategis untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil evaluasi pada model *open-weight* dengan parameter rendah (7B-9B) yang dikuantisasi pada dataset berbahasa Indonesia, penelitian ini menghasilkan tiga kesimpulan utama:

1. **Mekanisme Penalaran Logis pada Bahasa Indonesia:** Implementasi *framework translation-decomposition-search-resolve* pada data berbahasa Indonesia berhasil mengubah paradigma permasalahan dari "probabilitas linguistik" menjadi "validitas simbolik". Tantangan utama dalam mekanisme ini bukan terletak pada kemampuan mesin *solver* untuk menyelesaikan logika, melainkan pada tahap **Translasi Logika** (*Logical Translation*). Ditemukan bahwa struktur kalimat Bahasa Indonesia yang implisit (sering tanpa penanda subjek eksplisit) memerlukan *prompt engineering* yang sangat spesifik untuk mencegah model menghasilkan halusinasi sintaks. Keberhasilan framework ini sangat bergantung pada kemampuan model untuk memisahkan struktur "Fakta" dan "Aturan" secara presisi sebelum masuk ke mesin inferensi.
2. **Perbandingan Performa Antar Model Open-Weight:**

Terdapat divergensi hasil yang signifikan antara model global dan model regional/nasional dalam tugas translasi simbolik ini:

 - **SEA-LION v3 (Regional)** mencatat performa terbaik dengan akurasi **81.60%**. Model ini menunjukkan keseimbangan terbaik antara pemahaman instruksi dalam Bahasa Indonesia dan kepatuhan terhadap format logika formal.
 - **Sahabat-AI v1 (Nasional)** menunjukkan performa yang stabil (**61.20%**), mengungguli model global dalam memahami nuansa semantik lokal, meskipun masih di bawah SEA-LION dalam konsistensi sintaks kompleks.
 - **Qwen2.5 (Global)**, meskipun dikenal unggul dalam **coding**, mengalami kegagalan

katastropik (**14.00%**) pada metode ini. Kegagalan ini disebabkan oleh ketidakmampuan model untuk menjawab sesuai penalaran logis ketika dipaksa mengikuti format ketat, menandakan bahwa kapabilitas *instruction following* tidak selalu berbanding lurus dengan kemampuan penalaran logis dalam konteks bahasa tertentu.

3. Efektivitas Aristotle vs Naive Prompting:

Penerapan framework Aristotle terbukti **meningkatkan reliabilitas** jika dan hanya jika model memiliki kapabilitas *instruction following* yang kuat dalam bahasa target.

- Pada model **SEA-LION**, penggunaan framework Aristotle meningkatkan akurasi dari 76.80% (*Naive*) menjadi **81.60%**. Ini membuktikan bahwa *framework translation-decomposition-search-resolve* dapat memanfaatkan kemampuan model untuk menghasilkan logika yang lebih tepat ketika diarahkan dengan benar.
- Sebaliknya, pada model **Qwen2.5**, performa justru turun drastis dari 81.00% (*Naive*) menjadi 14.00% (*Aristotle*). Hal ini menunjukkan bahwa sistem *Neuro-Symbolic* memiliki sifat *brittle*, kesalahan kecil pada satu tahap akan merusak keseluruhan hasil, juga model yang tidak dapat mematuhi atau terlalu patuh pada format *prompt template* tidak akan menghasilkan penalaran logis yang baik, berbeda dengan *Naive Prompting* yang lebih toleran terhadap kesalahan parsial.

Secara keseluruhan, penelitian ini menyimpulkan bahwa untuk aplikasi logika berbahasa Indonesia dengan sumber daya terbatas (model kecil & terkuantisasi), model regional seperti SEA-LION yang dipadukan dengan arsitektur Neuro-Symbolic menawarkan solusi yang lebih lebih baik dibandingkan mengandalkan intuisi atau *greedy reasoning* model semata.

5.2 Saran

Berdasarkan temuan dan keterbatasan penelitian ini, disarankan beberapa langkah pengembangan untuk penelitian selanjutnya:

1. **Penerapan Grammar-Constrained Decoding:** Untuk mengatasi masalah *parsability* (seperti yang dialami Qwen), penelitian masa depan sebaiknya mengintegrasikan penegakan tata bahasa (seperti format GBNF di `llama.cpp`) saat inferensi. Ini akan memaksa model, bahkan yang terkuantisasi, untuk menghasilkan output yang 100% valid secara sintaks, seperti mengikuti format FOL, sehingga evaluasi dapat berfokus murni pada logika semantik.

2. **Fine-Tuning Khusus (Instruction Tuning):** Alih-alih hanya mengandalkan *Prompt Engineering* (*few-shot*), disarankan untuk melakukan *Fine-Tuning* ringan (seperti LoRA) pada model Sahabat-AI atau SEA-LION menggunakan dataset pasangan (Teks Indonesia \rightarrow FOL). Hal ini akan meningkatkan konsistensi model dalam menangani struktur kalimat kompleks Bahasa Indonesia.
3. **Peningkatan Kompleksitas Dataset:** Penelitian ini hanya terbatas pada dataset Pron-toQA (logika deduktif sintetik). Pengujian selanjutnya perlu memperluas cakupan ke dataset, seperti menggunakan dataset yang dipakai pada penelitian Aristotle aslinya, yaitu ProofWriter Tafjord et al. (2021) dan LogicNLI Tian et al. (2021).

DAFTAR REFERENSI

- Fitting, M. (1996). *First-Order Logic and Automated Theorem Proving*. Springer, 2nd edition.
- Gerganov, G. (2023). llama.cpp. <https://github.com/ggml-org/llama.cpp>. Accessed: December 8, 2025.
- Huth, M. R. A. and Ryan, M. D. (2004). *Logic in Computer Science: Modelling and Reasoning about Systems*. Cambridge University Press, 2nd edition.
- Pan, L., Albalak, A., Wang, X., and Wang, W. Y. (2023). Logic-lm: Empowering large language models with symbolic solvers for faithful logical reasoning.
- Robinson, J. A. (1965). A machine-oriented logic based on the resolution principle. *J. ACM*, 12(1):23–41.
- Rosen, K. H. (2012). *Discrete mathematics and its applications*. WCB/McGraw-Hill, 7th edition.
- Saparov, A. and He, H. (2023). Language models are greedy reasoners: A systematic formal analysis of chain-of-thought.
- Taffjord, O., Mishra, B. D., and Clark, P. (2021). Proofwriter: Generating implications, proofs, and abductive statements over natural language.
- Tian, J., Li, Y., Chen, W., Xiao, L., He, H., and Jin, Y. (2021). Diagnosing the first-order logical reasoning ability through LogicNLI. In Moens, M.-F., Huang, X., Specia, L., and Yih, S. W.-t., editors, *Proceedings of the 2021 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing*, pages 3738–3747, Online and Punta Cana, Dominican Republic. Association for Computational Linguistics.
- Wei, J., Wang, X., Schuurmans, D., Bosma, M., Ichter, B., Xia, F., Chi, E., Le, Q., and Zhou, D. (2023). Chain-of-thought prompting elicits reasoning in large language models.
- Xu, J., Fei, H., Luo, M., Liu, Q., Pan, L., Wang, W. Y., Nakov, P., Lee, M., and Hsu, W. (2025). Aristotle: Mastering logical reasoning with A logic-complete decompose-search-resolve framework. In *Proceedings of the 63rd Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics*.
- Xu, J., Fei, H., Pan, L., Liu, Q., Lee, M.-L., and Hsu, W. (2024). Faithful logical reasoning via symbolic chain-of-thought.
- Yao, S., Yu, D., Zhao, J., Shafran, I., Griffiths, T. L., Cao, Y., and Narasimhan, K. (2023).

Tree of thoughts: Deliberate problem solving with large language models. *ArXiv*, abs/2305.10601.