

LAPORAN PENGEMBANGAN DAN EKSPERIMEN

MODE KALIMAT (SENTENCE MODE)

Sistem Penerjemah Bahasa Isyarat BISINDO Berbasis Deep Learning

Tanggal: 15 February 2026

1. Pendahuluan

Laporan ini mendokumentasikan pengembangan fitur Mode Kalimat, sebuah sistem multimodal yang dirancang untuk menerjemahkan rangkaian isyarat BISINDO menjadi kalimat bahasa Indonesia yang natural. Sistem ini menggabungkan dua model saraf tiruan (CNN Abjad dan CNN-LSTM Kata) dengan mesin Natural Language Generation (NLG) yang cerdas.

2. Arsitektur Mode Kalimat (Multimodal)

Mode Kalimat menggunakan pendekatan "Frontend-Driven Orchestration", di mana aplikasi klien (browser) bertindak sebagai pengontrol utama yang memutuskan model mana yang digunakan berdasarkan konteks kalimat target. Arsitektur ini terdiri dari dua jalur pemrosesan paralel yang bermuara pada satu API backend.

Komponen	Deskripsi
Orkestrator Frontend	deteksi.blade.php mengelola state target kata/ejaan
Jalur A: Model Abjad	CNN 224x224 (Input: Gambar Statis + Smart Crop)
Jalur B: Model Kata	CNN-LSTM (Input: Sequence Video + Mirroring)
NLG Engine	Pipeline 6-Tahap penyusun kalimat natural

2.1 Logika Switching (Model Dispatching)

Sistem menggunakan logika switching berbasis target (Target-Based Dispatching) yang terjadi di sisi klien (Javascript). Logika ini memastikan model yang paling spesifik digunakan untuk setiap segmen kalimat.

- Algoritma Switching: 1. Sistem memeriksa target saat ini (`targetWord[currentIndex]`). 2. **Jika panjang target == 1 huruf:** - Aktifkan **Mode Abjad**. - Lakukan *Smart Crop* pada koordinat tangan. - Kirim ke endpoint `/predict`. 3. **Jika panjang target > 1 huruf:** - Aktifkan **Mode Kata**. - Ambil *Full Frame* dan lakukan *Horizontal Flip* (Mirroring). - Kirim ke endpoint `/predict/kata`.

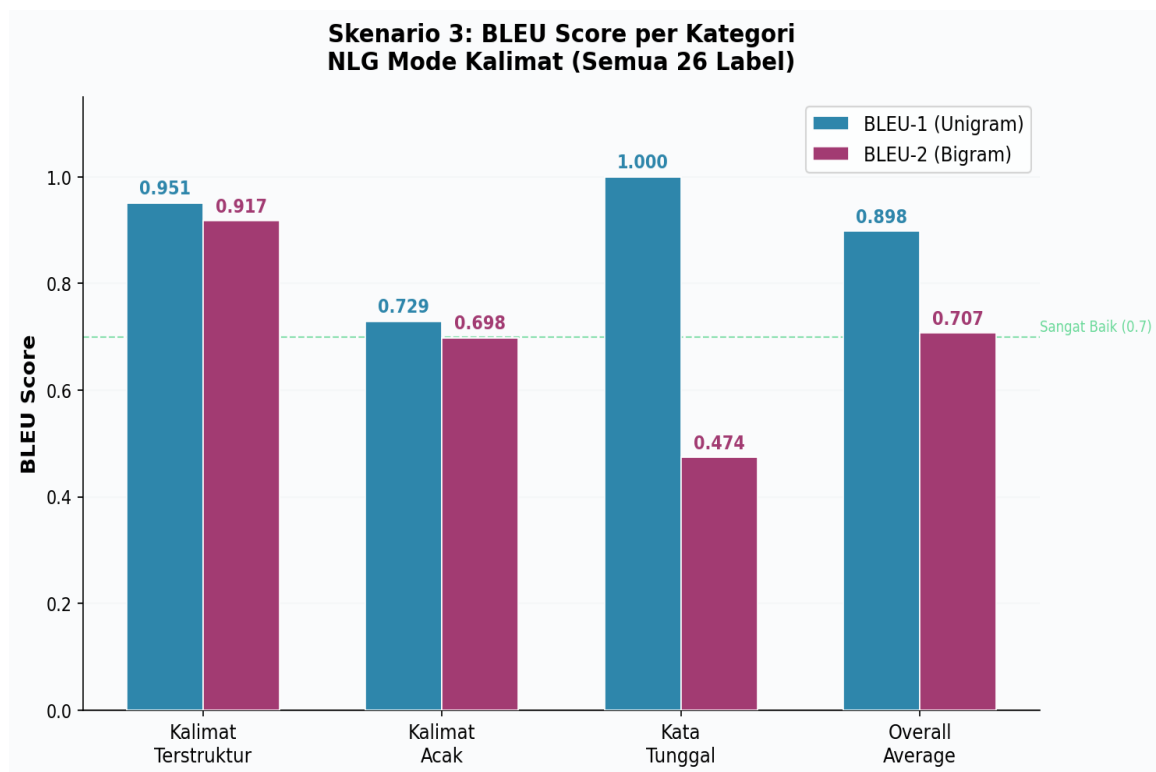
Fitur	Mode Abjad (Huruf)	Mode Kata (Kata)
Tipe Model	CNN (MobileNetV2)	CNN-LSTM + MediaPipe
Input Data	Gambar Statis (1 Frame)	Sequence Video (20 Frames)
Preprocessing	Smart Crop (Hand only)	Full Frame + Resize 640px
Transformasi	Normalisasi [0,1]	Horizontal Flip + Holistic
Endpoint	POST <code>/predict</code>	POST <code>/predict/kata</code>

3. Pipeline NLG Multimodal

Setelah seluruh token terkumpul dari proses deteksi campuran di atas, token dikirim ke backend NLG untuk diproses melalui 6 tahapan: 1. Merge Spelling: Menggabungkan huruf menjadi kata (misal: A-D-I -> Adi). 2. Merge Compounds: Menggabungkan kata majemuk (Terima + Kasih -> Terima Kasih). 3. Canonicalize: Validasi token terhadap kamus resmi. 4. Deduplicate: Menghapus duplikasi berurutan. 5. Segmentasi & SPOK Reordering: Mengurutkan token acak menjadi struktur Subjek-Predikat-Objek-Keterangan. 6. Assembly Enhanced: Menambahkan imbuhan, kata bantu, dan tanda baca.

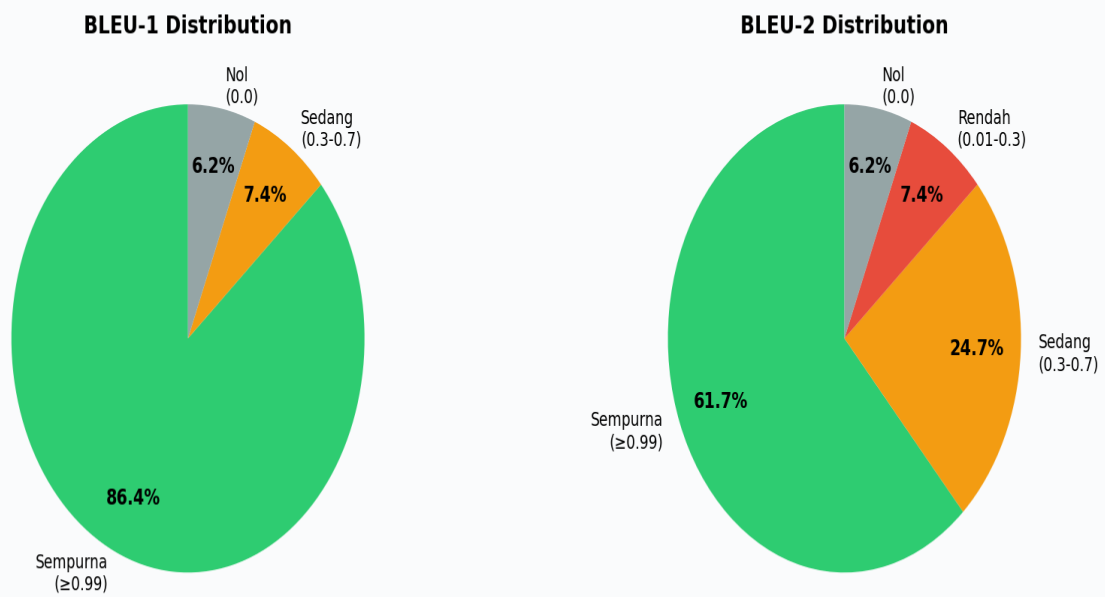
4. Evaluasi Kualitas Bahasa (BLEU)

Evaluasi dilakukan menggunakan metrik BLEU-1 (unigram) dan BLEU-2 (bigram) terhadap 81 kasus uji. Hasil menunjukkan performa yang sangat baik, terutama pada kategori kalimat terstruktur.



Gambar 1: Rata-rata Skor BLEU per Kategori

Skenario 3: Distribusi Skor BLEU (81 Test Cases, Semua 26 Label)

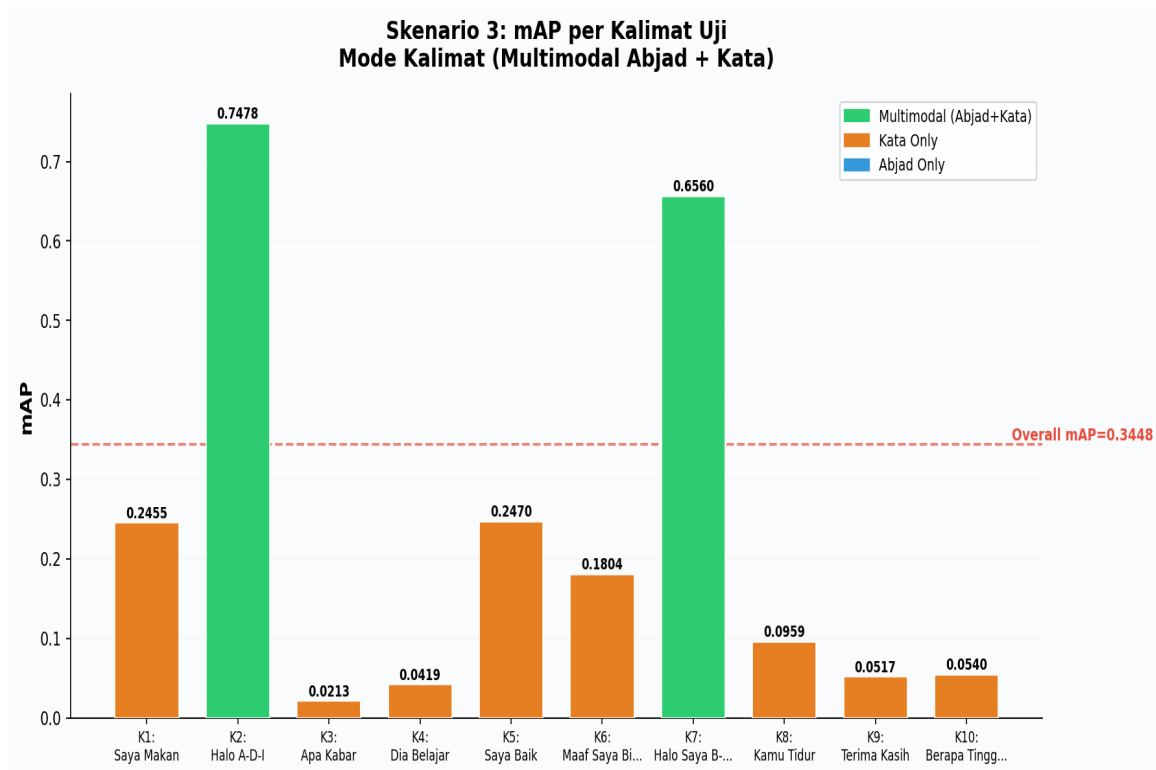


Gambar 2: Distribusi Skor BLEU

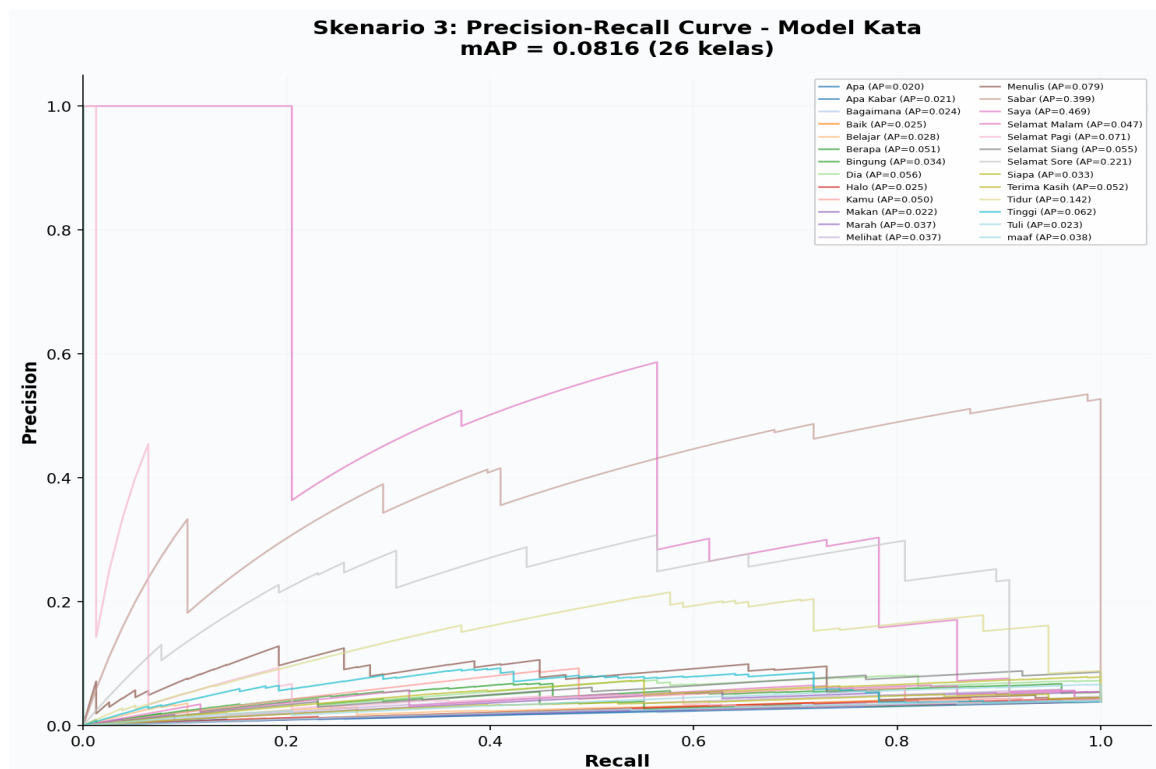
Rata-rata Skor BLEU Keseluruhan: BLEU-1: 0.8984 (Sangat Baik) BLEU-2: 0.7074 (Baik)

5. Evaluasi Akurasi Deteksi Terpadu (mAP)

Evaluasi Mean Average Precision (mAP) dilakukan pada 10 kalimat uji multimodal yang menggabungkan isyarat Abjad dan Kata.



Gambar 3: mAP per Kalimat Uji



Gambar 4: Precision-Recall Curve (Model Kata)

6. Kesimpulan

Pengembangan Mode Kalimat berhasil mencapai tujuannya untuk menerjemahkan isyarat dinamis menjadi bahasa alami. Sistem switching otomatis yang cerdas memungkinkan penggunaan model yang optimal (Abjad vs Kata) sesuai konteks input. Algoritma SPOK Reordering terbukti efektif meningkatkan keterbacaan kalimat dari input isyarat yang acak.