

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilaksanakan mulai dari tahap Analisis Sistem, Perancangan Sistem, Implementasi Sistem, serta Pengujian sistem, Dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Sistem Tutor Pembelajaran Bahasa Jepang Berbasis *Neuro-Symbolic AI* berhasil dirancang dan diimplementasikan secara hibrida dengan memadukan kekuatan generatif model bahasa besar (*Large Language Model*) lokal Qwen untuk interaksi natural dan kepastian informasi dari basis pengetahuan terstruktur *Knowledge Graph* berbasis Neo4j melalui metode *Graph Retrieval-Augmented Generation* untuk menghindari halusinasi informasi.
2. Penyusunan jalur pembelajaran terstruktur pada sistem ini berhasil diotomatisasi secara dinamis menggunakan algoritma *topological sort* pada *Knowledge Graph* berdasarkan dependensi prasyarat materi. Evaluasi tingkat pemahaman pembelajar juga berhasil diukur secara berkala dan *real-time* menggunakan algoritma *Bayesian Knowledge Tracing* (BKT), serta retensi memori jangka panjang pembelajar dioptimalkan secara adaptif melalui *Spaced Repetition System* (SRS) dengan algoritma SM-2.
3. Antarmuka asisten virtual pada sistem ini berhasil dikembangkan secara interaktif dengan mengintegrasikan visualisasi graf pengetahuan interaktif, visualisasi avatar *humanoid 3D VRM* yang mampu menampilkan ekspresi

tutor secara *real-time*, serta fitur mode percakapan vokal yang didukung oleh teknologi *Text-to-Speech* (TTS) dan *Speech-to-Text* (STT) untuk memfasilitasi latihan dialog bahasa Jepang terapan.

4. Pengujian sistem secara menyeluruh membuktikan bahwa sistem berfungsi dengan baik, stabil, dan berketahanan tinggi melalui kombinasi empat metode terstruktur yang terdistribusi secara terukur: Black-box Testing (40%) sebagai porsi utama yang memvalidasi 100% skenario fungsionalitas end-to-end dari sudut pandang pengguna, White-box Testing (25%) yang memverifikasi logika unit internal dengan cakupan kode optimal, Property-Based Testing (20%) yang membuktikan ketahanan sistem terhadap masukan data ekstrem dan tak terduga, serta Metamorphic Testing (15%) yang berhasil memecahkan Oracle Problem pada komponen AI dengan membuktikan konsistensi model kognitif terhadap teori kognitif secara matematis.

B. Saran

Berdasarkan Hasil Penelitian Sistem Tutor Pembelajaran Bahasa Jepang Berbasis Neuro-Symbolic AI, Berikut saran pengembangan lebih lanjut, antara lain:

1. Disarankan untuk melakukan proses fine-tuning pada model *Large Language Model* lokal menggunakan dataset percakapan dan tata bahasa Jepang yang terspesialisasi, guna meningkatkan akurasi penjelasan tata bahasa Jepang serta meminimalkan latensi pemrosesan respon pada backend untuk interaksi yang lebih responsif.

2. Disarankan menggunakan model Swallow dari TokyoLLM di Hugging Face, untuk konteks model dalam bahasa Jepang yang jauh lebih optimal.
3. Disarankan untuk meningkatkan animasi visual dan sinkronisasi gerakan pada *avatar humanoid 3D VRM* agar ekspresi tutor virtual dapat beradaptasi secara dinamis dan lebih presisi sesuai dengan konteks interaktif yang ada.
4. Disarankan untuk melaksanakan penelitian lapangan lanjutan berupa uji coba eksperimental secara langsung kepada kelompok pengguna dengan membandingkan kelompok kontrol dan kelompok eksperimen dalam kurun waktu tertentu, guna mengukur efektivitas Sistem Tutor Pembelajaran Bahasa Jepang dengan *GraphRAG* Berbasis *Neuro-Symbolic AI* terhadap peningkatan hasil belajar secara empiris.
5. Disarankan untuk melakukan penyesuaian sistem database graf untuk implementasi penggabungan beberapa sumber materi tervalidasi, agar database *Knowledge Graph* lebih kaya materi, dan lebih kuat dalam *reasoning*. Termasuk membuka kesempatan untuk mengembangkan fitur lanjutan seperti contoh; Perbandingan antara suatu kanji atau vocab tertentu dengan kanji atau vocab lain yang memiliki bentuk atau vokal yang sama.