

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian yang telah dilakukan pada implementasi *Large Language Model* (LLM) pada sistem asisten pengingat belajar berbasis *Internet of Things* (IoT), maka diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Perancangan sistem berhasil dilakukan dengan menyusun kebutuhan fungsional, perancangan arsitektur sistem, perancangan UML, perancangan database, perancangan antarmuka, perancangan logika respons sistem, perancangan model LLM, serta perancangan perangkat keras IoT berbasis ESP32-S3. Perangkat IoT dilengkapi sensor suhu, cahaya, dan suara untuk memperoleh kondisi lingkungan belajar yang digunakan sebagai konteks tambahan dalam menghasilkan respons berupa pengingat belajar kepada pengguna.
2. Implementasi sistem berhasil diterapkan dalam bentuk aplikasi berbasis *web* yang terintegrasi dengan perangkat IoT. Sistem menyediakan fitur *login*, *claim device*, pengaturan perangkat IoT, menjalankan sesi pomodoro, pemantauan kondisi lingkungan, pengelolaan riwayat respons LLM, dan pengelolaan akun pengguna. Selama sesi pomodoro berlangsung, sistem mampu mengidentifikasi fase belajar, memproses data sensor, menghasilkan respons melalui LLM, dan menampilkan respons tersebut pada perangkat IoT dalam bentuk teks, animasi mimik wajah sederhana, dan efek suara.

3. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem telah berjalan sesuai dengan rancangan yang dibuat. Pengujian *black box testing* memperoleh tingkat keberhasilan 100%, yaitu 70 dari 70 *test case* berhasil berjalan sesuai dengan hasil yang diharapkan. Selain itu, pengujian model LLM hasil *fine-tuning* dilakukan dengan metode *cosine similarity* pada tiga skenario utama, yaitu respons mode pomodoro, respons mod interupsi lingkungan, dan respons mode pemulihan lingkungan memperoleh tingkat keberhasilan 93,42%, yaitu 213 dari 228 skenario pengujian menghasilkan respons yang sesuai dengan konteks yang diberikan. Dengan demikian, sistem yang dikembangkan berhasil mengintegrasikan metode pomodoro, perangkat IoT, dan *Large Language Model* (LLM) sebagai asisten pengingat belajar yang mampu memberikan respons kontekstual yang menarik dan bervariasi berdasarkan fase belajar pengguna dan kondisi lingkungan.

B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, Peneliti ingin memberikan beberapa saran yang dapat menjadi pengembangan pada penelitian selanjutnya sebagai berikut.

1. Variasi dataset pelatihan LLM dapat diperluas agar respons yang dihasilkan lebih beragam, natural, dan sesuai dengan berbagai kondisi belajar, serta melibatkan evaluasi oleh pengguna pada pengujian kualitas respons LLM, sehingga tidak hanya bergantung pada pengukuran *cosine similarity*.
2. Perangkat IoT dapat dikembangkan agar mendukung komunikasi suara dua arah dengan menambahkan fitur *Speech-to-Text* (STT) dan *Text-to-Speech*

(TTS), sehingga pengguna dapat berinteraksi langsung dengan perangkat menggunakan suara.

3. Sistem asisten pengingat belajar dapat dikembangkan dengan menambahkan sensor baru serta melakukan kalibrasi sensor agar pembacaan kondisi lingkungan lebih akurat dan respons yang dihasilkan semakin kontekstual.
4. Desain perangkat IoT dapat dikembangkan menjadi lebih ringkas dan portabel melalui penggunaan PCB khusus serta menambahkan baterai yang dapat diisi ulang.
5. Penelitian selanjutnya dapat melibatkan responden untuk mengevaluasi pengalaman pengguna, kemudahan penggunaan, serta efektivitas sistem asisten pengingat belajar.