

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian mengenai pengembangan asisten virtual dan penerapan teknologi kecerdasan buatan AI dalam bentuk antarmuka berbasis suara dan teks semakin berkembang. Teknologi seperti NLP, LLM, dan pengendalian berbasis perintah suara telah menunjukkan peran penting dalam sistem pelayanan cerdas, termasuk pada sektor pendidikan dan rumah pintar Putri & Harahap, 2023; Afifa et al., 2023.

Rohadi (2024) dalam penelitiannya merancang prototipe asisten suara untuk pengendalian peralatan rumah pintar secara interaktif berbasis chatbot. Sistem yang dibangun memanfaatkan teknologi NLP yang mampu mengenali dan merespons perintah pengguna secara real-time. Penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan chatbot berbasis AI dapat mengotomatiskan aktivitas rumah tangga secara efisien serta membuka peluang pengembangan lebih lanjut dalam sistem berbasis perintah suara .

Sementara itu, Ridhoni (2023) merancang Virtual Assistant sebagai media pemasaran yang berfungsi memberikan informasi kepada pengguna melalui interaksi berbasis chatbot. Penelitian ini membagi sistem menjadi dua modul, yaitu admin dan pengguna. Modul pengguna dapat merespons pertanyaan pelanggan secara otomatis, sedangkan modul admin digunakan untuk mengelola konten. Hasilnya menunjukkan bahwa penggunaan asisten virtual dapat meningkatkan efektivitas komunikasi dan pemasaran digital. Rahman et al. (2023) juga telah mengembangkan chatbot berbasis NLP untuk pelayanan administrasi kampus, yang membantu mahasiswa memperoleh informasi akademik dengan cepat dan akurat. Teknologi ini sangat relevan untuk mendukung layanan digital di lingkungan pendidikan .

Penelitian oleh Wahyuningsih dan Yufiarti (2022) serta Sugiyono (2018) memberikan kontribusi pada pendekatan pembelajaran interaktif seperti STAD, yang meskipun tidak secara langsung berkaitan dengan teknologi asisten virtual, namun menegaskan pentingnya pendekatan interaktif dalam dunia pendidikan.

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian	Identifikasi Masalah	Proses	Metode	Hasil
Kurniawan & Triloka (2021)	Keterbatasan model NLP konvensional dalam memahami konteks bahasa alami yang kompleks pada aplikasi pelayanan informasi.	Analisis Model NLP dan Implementasi LLM	Studi literatur dan pengujian performa pemahaman teks menggunakan pendekatan arsitektur <i>Large Language Model</i> (LLM).	Model LLM terbukti jauh lebih unggul dalam akurasi semantik, mampu menangkap relasi antar-kata secara mendalam, serta menghasilkan respons jawaban yang lebih natural dan kontekstual.
Xiao et al. (2024)	Media promosi dan sistem rekomendasi tradisional kurang adaptif dalam menganalisis preferensi pengguna secara interaktif.	Perancangan Sistem Rekomendasi Promosi	Integrasi komponen LLM sebagai inti pengolahan data bahasa alami untuk mengekstrak informasi promosi yang dipersonalisasi.	Penerapan LLM cerdas berhasil meningkatkan relevansi penyampaian konten informasi, menarik minat interaksi pengguna, serta meningkatkan efektivitas strategi promosi digital secara signifikan.
Arifiyanti et al. (2023)	<i>Systematic Literature Review</i> terhadap penerapan asisten virtual di perguruan tinggi Indonesia.	Systematic Literature Review	Asisten virtual dapat diterapkan dalam berbagai bentuk dan metode pengembangandapat membantu penyediaan informasi layanan akademik dan	Asisten virtual memberikan kemudahan dan kecepatan akses informasi, meningkatkan

			penunjang operasional.	kepuasan pengguna di perguruan tinggi.
Lestari & Falani (2023)	Implementasi fitur <i>Assistance Virtual</i> dalam bentuk <i>chatbot</i> sebagai media pembelajaran interaktif.	<i>Research and Development</i> (R&D) dengan model ADDIE; Pengujian <i>Black Box</i> dan <i>Validator</i> .	<i>Chatbot</i> sebagai asisten virtual interaktif berhasil dibuat, meningkatkan minat belajar siswa (90% kepuasan siswa).	<i>Chatbot</i> efektif sebagai media pembelajaran interaktif untuk meningkatkan minat belajar siswa dan efisiensi.
Abriansyah et al. (2024)	Rancang bangun perangkat sistem <i>smart room</i> menggunakan <i>voice recognition</i> berbasis Alexa.	Rancang Bangun Sistem	Sistem <i>smart room</i> dapat bekerja dengan baik merespons suara pengguna dalam jarak 0-7 meter dan level suara >55 dB.	Sistem <i>smart room</i> berbasis Alexa dan <i>voice recognition</i> efektif untuk kendali perangkat elektronik dengan perintah suara.
Ajiz et al. (2023)	Pengembangan aplikasi <i>chatbot</i> informasi akademik berbasis web menggunakan metode <i>Artificial Intelligence Markup Language</i> (AIML).	Analisis Kebutuhan, Perancangan Sistem, Implementasi, Pengujian Sistem.	Aplikasi <i>chatbot</i> mampu memberikan informasi akademik yang akurat dan responsif, meningkatkan aksesibilitas informasi.	<i>Chatbot</i> berbasis web dengan AIML efektif meningkatkan aksesibilitas dan responsivitas layanan informasi akademik.
Kurniawan, D., & Triloka, J. (2020/2021).	Keterbatasan NLP tradisional dalam memahami konteks bahasa alami menuntut	Studi literatur analisis model NLP implementasi LLM pengujian performa	Large Language Model (LLM) digunakan untuk memahami teks dengan lebih dalam; pendekatan ini dibandingkan	LLM terbukti lebih unggul dalam akurasi pemahaman teks, menghasilkan respons lebih relevan, dan

	penggunaan model yang lebih cerdas	pada dataset tertentu.	dengan metode NLP konvensional.	menunjukkan potensi besar untuk aplikasi sistem berbasis bahasa alami.
Xiao, J., Zhang, B., Zhao, Y., Wu, J., & Qu, P. (2024)	Sistem rekomendasi iklan tradisional kurang mampu memahami konteks bahasa alami dan preferensi pengguna, sehingga personalisasi iklan belum optimal.	Studi literatur analisis kebutuhan perancangan sistem rekomendasi integrasi LLM pengujian efektivitas.	Menggunakan Large Language Model (LLM) sebagai inti sistem rekomendasi untuk memahami preferensi pengguna melalui analisis bahasa alami.	LLM mampu meningkatkan relevansi rekomendasi iklan, menghasilkan konten yang lebih sesuai dengan minat pengguna, serta meningkatkan efektivitas promosi dibanding pendekatan konvensional.
Mahdi (2025)	Layanan promosi dan informasi di PCR masih bergantung pada media sosial, website, dan interaksi manual yang membuat staf PMB kewalahan menjawab pertanyaan berulang.	Rancang bangun asisten virtual berbasis perintah suara dengan integrasi STT, LLM Gemini, dan TTS pada perangkat Raspberry Pi.	Studi literatur, survei calon mahasiswa 2025, pengumpulan data resmi PCR, perancangan sistem, serta pengembangan prototipe chatbot berbasis suara.	Sistem yang dirancang berpotensi meningkatkan aksesibilitas informasi, mengurangi beban kerja staf PMB, memperkuat citra digital PCR, dan mendukung strategi promosi yang lebih modern serta interaktif.

Berbagai penelitian terdahulu telah menunjukkan efektivitas asisten virtual dan teknologi terkait dalam berbagai konteks, yang relevan dengan pengembangan asisten virtual promosi di PCR. Kurniawan dan Triloka (2021) menyoroti keterbatasan NLP tradisional dalam memahami konteks bahasa alami dan merekomendasikan penggunaan model bahasa besar LLM yang terbukti lebih

unggul dalam akurasi pemahaman teks serta menghasilkan respons yang lebih kontekstual. Sejalan dengan hal tersebut, Xiao et al. (2024) mengungkapkan bahwa integrasi LLM sebagai inti sistem cerdas mampu menganalisis bahasa alami dengan baik guna meningkatkan relevansi konten dan efisiensi strategi promosi dibandingkan pendekatan konvensional.

Dalam konteks pendidikan, Arifiyanti et al. (2023) melalui tinjauan literatur menemukan bahwa asisten virtual mampu meningkatkan kemudahan dan kecepatan akses informasi layanan akademik di perguruan tinggi. Sementara itu, Lestari & Falani (2023) menunjukkan bahwa *chatbot* sebagai asisten virtual interaktif efektif digunakan sebagai media interaktif untuk meningkatkan kepuasan pengguna dan efisiensi penyampaian informasi. Dukungan terhadap platform berbasis web juga digarispawahi oleh Ajiz et al. (2023) yang menyatakan bahwa aplikasi *chatbot* berbasis web mampu meningkatkan aksesibilitas dan responsivitas layanan informasi secara signifikan. Secara keseluruhan, penelitian-penelitian ini mengindikasikan bahwa pergeseran ke arah asisten virtual berbasis antarmuka web cerdas yang terintegrasi dengan model bahasa besar LLM memiliki potensi tinggi untuk meningkatkan efisiensi, interaktivitas, dan kepuasan pengguna dalam penyampaian promosi digital pendidikan tinggi.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Asisten virtual

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa asisten virtual telah banyak diterapkan dalam berbagai bidang, termasuk Pendidikan dan pemasaran digital. Ridhoni 2023. Mengembangkan sistem asisten virtual berbasis chatbot yang digunakan sebagai media promosi interaktif. Sistem tersebut dirancang untuk merespons pertanyaan pengguna secara otomatis dan disertai dengan modul admin untuk pengelolaan informasi. Penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan asisten virtual mampu meningkatkan efektivitas komunikasi dan memperluas jangkauan pemasaran digital. Selain itu, mengembangkan chatbot untuk layanan akademik yang membantu mahasiswa memperoleh informasi secara cepat dan akurat. Hasilnya membuktikan bahwa kehadiran asisten virtual dapat menggantikan Sebagian besar fungsi pelayanan informasi manual.

Dalam proyek akhir ini, konsep asisten virtual diterapkan sebagai antarmuka cerdas berbasis web (*web-based interface*) yang membantu calon mahasiswa PCR dalam memperoleh informasi terkait program studi, pendaftaran, biaya pendidikan, serta fasilitas kampus. Sistem ini dirancang untuk menjawab pertanyaan pengguna melalui perintah suara dari perangkat mikrofon dan menghasilkan tanggapan otomatis menggunakan teknologi AI. Tujuan utamanya adalah menciptakan media promosi yang tidak hanya informatif tetapi juga interaktif, sehingga pengguna dapat merasa dilayani secara personal tanpa harus berinteraksi langsung dengan petugas administrasi. Berbeda dengan model konvensional yang bergantung pada perangkat lunak lokal, sistem ini berjalan secara fleksibel melalui penjelajah web (*web browser*) pengguna yang terhubung langsung dengan server awan (*cloud server*) promosi kampus untuk memproses setiap permintaan secara *real-time*.

Berdasarkan teori dan implementasi yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sistem virtual merupakan solusi efektif dalam mendukung promosi dan layanan informasi Pendidikan tinggi. Selain mempercepat respons terhadap pertanyaan umum, sistem ini juga meningkatkan pengalaman pengguna melalui interaksi suara yang alami. Dengan pendekatan ini, PCR tidak hanya memanfaatkan teknologi untuk meningkatkan layanan, tetapi juga menunjukkan komitmen dalam mengikuti perkembangan transformasi digital di dunia Pendidikan.

2.2.2 *Natural language Processing*

NLP merupakan teknologi yang memungkinkan computer untuk memahami, memproses, dan meningkatkan Bahasa manusia secara alami. Dalam penelitian afifah et al (2023) NLP diterapkan dalam pengembangan chatbot layanan akademik menggunakan algoritma BERT , yang memungkinkan sistem untuk menangkap konteks kalimat dan memberikan respons yang relevan dalam bahasa Indonesia. Selain itu, (Bilquise et al., 2022) aplikasi akan menggunakan model chatbot yang sesuai dengan bahasa tersebut untuk mencari jawabannya. Pertanyaan yang masuk akan diperiksa dulu ejaannya menggunakan fitur koreksi ejaan dari *library* (kumpulan kode) *TextBlob* di Python. Penelitian ini membuktikan bahwa NLP berperan penting dalam menciptakan sistem layanan digital yang mampu memahami Bahasa pengguna secara lebih mendalam dan natural

Dalam proyek akhir ini, teknologi NLP digunakan sebagai pondasi utama dalam pengolahan perintah suara dari pengguna. Ketika pengguna mengajukan pertanyaan melalui suara, sistem akan mengubahnya menjadi teks terlebih dahulu menggunakan teknologi *Speech-to-Text*, lalu teks tersebut dianalisis dengan NLP untuk memahami maksud dan konteks pertanyaan. NLP memungkinkan sistem mengenali entitas penting seperti nama program studi, jenis beasiswa, atau jadwal pendaftaran, sehingga respons yang diberikan lebih akurat dan sesuai kebutuhan pengguna. NLP juga membantu sistem menyesuaikan variasi Bahasa dan cara bertanya calon mahasiswa yang beragam, sehingga interaksi tetap berjalan lancar.

Dari penerapan dan teori yang ada, dapat disimpulkan bahwa NLP merupakan komponen yang sangat krusial dalam pengembangan asisten virtual yang interaktif dan adaptif. Dengan kemampuan NLP, sisten tidak hanya memproses Bahasa secara literal, tetapi juga memahami konteks di balik pertanyaan pengguna. Hal ini sangat penting dalam lingkungan Pendidikan tinggi yang memiliki ragam istilah dan kebutuhan informasi. Oleh karena itu, integrasi NLP dalam proyek ini mendukung tujuan untuk memberikan pengalaman pengguna yang lebih natural, informatif, dan efisien dalam berinteraksi dengan sistem asisten virtual.

2.2.3 *Large Language Model*

LLM merupakan model kecerdasan buatan berbasis *deep learning* yang dilatih dengan dataset bahasa alami dalam skala besar untuk memahami, memproses, dan menghasilkan teks menyerupai bahasa manusia. LLM menggunakan arsitektur *transformer* yang memanfaatkan mekanisme *self-attention* sehingga mampu menangkap relasi antar kata dan konteks kalimat secara mendalam. Teknologi ini memungkinkan sistem menghasilkan respons yang lebih koheren, natural, dan kontekstual dibandingkan metode konvensional. Beberapa model yang banyak digunakan adalah GPT (Generative Pre-trained Transformer) yang unggul dalam menghasilkan teks generatif yang sesuai dengan instruksi pengguna, serta BERT (Bidirectional Encoder Representations from Transformers) yang berfokus pada pemahaman bahasa dengan pendekatan bidirectional. Penelitian Afifa et al. (2023) menunjukkan bahwa penerapan BERT dalam chatbot akademik mampu meningkatkan akurasi pemahaman pertanyaan, khususnya dalam

bahasa Indonesia, sehingga membuktikan potensi LLM untuk mendukung layanan informasi berbasis digital di dunia pendidikan.

Gemini sebagai salah satu implementasi terbaru dari LLM menghadirkan peningkatan signifikan dalam hal pemahaman instruksi yang kompleks, kemampuan *reasoning*, serta keakuratan jawaban. Model ini mampu menghasilkan respons yang lebih konsisten, detail, dan mudah dipahami oleh pengguna. Dalam konteks asisten virtual, Gemini sangat relevan karena dapat memahami pertanyaan calon mahasiswa yang beragam terkait program studi, prosedur pendaftaran, biaya pendidikan, maupun fasilitas kampus, lalu memberikan jawaban yang informatif dan kontekstual. Keunggulan lain LLM adalah kemampuannya dalam *zero-shot* dan *few-shot learning*, yang berarti model dapat menjawab pertanyaan baru tanpa perlu pelatihan ulang secara khusus. Hal ini sangat sesuai dengan kebutuhan PCR yang menghadapi pertanyaan calon mahasiswa dengan variasi besar, baik dari segi bahasa maupun detail informasi yang diminta.

Meski memiliki banyak keunggulan, penggunaan LLM juga menghadapi sejumlah tantangan. Salah satunya adalah potensi halusinasi, yaitu ketika model menghasilkan jawaban yang kurang akurat atau tidak sesuai dengan fakta. Selain itu, kebutuhan komputasi yang besar dapat menjadi kendala dalam implementasi jangka panjang, dan isu terkait keamanan serta privasi data juga perlu diperhatikan. Oleh karena itu, dalam penelitian ini pemanfaatan LLM seperti Gemini dilengkapi dengan strategi validasi jawaban dan pengelolaan konten yang tepat untuk memastikan informasi yang diberikan tetap relevan dan dapat dipertanggung jawabkan. Dengan pendekatan ini, LLM menjadi fondasi utama dalam pengembangan asisten virtual berbasis perintah suara di PCR, yang tidak hanya mendukung strategi promosi kampus secara digital, tetapi juga meningkatkan aksesibilitas informasi serta memberikan pengalaman interaktif yang lebih baik bagi calon mahasiswa.

2.2.4 *Speech To Text (STT)* dan *Text To Speech (TTS)*

STT adalah teknologi yang mengubah input suara menjadi teks, sedangkan TTS mengubah teks menjadi output suara. Kedua teknologi ini memungkinkan interaksi suara dua arah antara pengguna dan sistem, yang sangat penting dalam pengembangan asisten virtual berbasis suara. Implementasi STT dan TTS

memungkinkan pengguna untuk berinteraksi dengan sistem secara lebih alami dan efisien, tanpa perlu menggunakan input teks. Dalam konteks rumah pintar, Rohadi (2024) mengembangkan prototipe asisten suara yang memanfaatkan STT dan TTS untuk mengendalikan peralatan rumah tangga secara interaktif.

2.2.5 Kecerdasan Buatan (Artificial Intelligence/AI)

Kecerdasan Buatan (AI) adalah bidang ilmu komputer yang berfokus pada penciptaan mesin yang dapat melakukan tugas-tugas yang biasanya membutuhkan kecerdasan manusia, termasuk pembelajaran, penalaran, pemecahan masalah, persepsi, dan pemahaman bahasa. Dalam konteks pendidikan, AI telah banyak diterapkan untuk meningkatkan pengalaman belajar dan efisiensi operasional. (Ouyang & Jiao, 2021) mengkategorikan penerapan AI dalam pendidikan ke dalam tiga paradigma utama: *AI-directed* (AI sebagai pengarah), *AI-supported* (AI sebagai pendukung), dan *AI-empowered* (AI sebagai pemberdaya).

Penerapan AI dalam pendidikan, khususnya melalui pengembangan asisten virtual, menunjukkan potensi besar dalam mentransformasi cara institusi berinteraksi dengan calon mahasiswa. Asisten virtual yang dikembangkan dalam proyek ini dirancang untuk berfungsi sebagai *AI-supported* dan *AI-empowered*, yang berarti sistem tidak hanya mendukung proses pencarian informasi tetapi juga memberdayakan pengguna dengan akses yang lebih personal dan intuitif. Hal ini memungkinkan calon mahasiswa untuk memperoleh informasi secara cepat dan akurat, mengurangi beban kerja manual, serta meningkatkan kepuasan pengguna terhadap layanan informasi kampus.

Dengan demikian, integrasi Kecerdasan Buatan dalam asisten virtual berbasis perintah suara ini menjadi krusial dalam mendukung strategi promosi digital PCR. AI tidak hanya memfasilitasi komunikasi yang lebih adaptif dan efisien, tetapi juga memperkuat citra institusi sebagai pelopor dalam adaptasi teknologi cerdas. Pemanfaatan AI ini diharapkan dapat memberikan pengalaman interaktif yang lebih baik bagi calon mahasiswa, sejalan dengan tren transformasi digital global di sektor pendidikan.

2.2.6 Pengenalan Suara (Voice Recognition)

Pengenalan suara atau *Automatic Speech Recognition* (ASR) adalah teknologi yang mengubah ucapan manusia menjadi teks secara otomatis untuk

mendukung interaksi alami tanpa alat input konvensional. Menurut Abriansyah et al. (2024), penerapan ASR terbukti efektif menerjemahkan perintah suara secara cepat, efisien, serta mampu meningkatkan kenyamanan interaksi pengguna.

Dalam penelitian ini, fungsionalitas ASR diimplementasikan menggunakan *Web Speech API (SpeechRecognition)* yang berjalan langsung pada penjelajah web (*web browser*). Teknologi ini dipilih karena mampu menangkap input suara secara *real-time* melalui mikrofon bawaan perangkat tanpa memerlukan instalasi perangkat lunak lokal tambahan. Integrasi berbasis JavaScript ini mempermudah pengiriman teks hasil konversi langsung ke platform otomasi melalui *Webhook*, sehingga lebih fleksibel diakses calon mahasiswa lewat berbagai perangkat seperti PC, laptop, maupun *smartphone*.

Sistem ini bekerja memanfaatkan model akustik dan model bahasa berbasis awan untuk melakukan konversi ucapan Bahasa Indonesia secara instan. Melalui integrasi ini, input suara calon mahasiswa di halaman web diubah menjadi teks, lalu dikirim via *n8n* ke modul NLP dan LLM Google Gemini. Menurut Afifa et al. (2023), integrasi NLP dan model bahasa besar pada layanan akademik terbukti meningkatkan akurasi jawaban *chatbot*, sehingga kombinasi fitur pengenalan suara berbasis web ini diharapkan mampu memberikan pengalaman interaksi yang lebih responsif bagi calon mahasiswa PCR.

2.2.7 Supabase

Platform backend merupakan komponen penting dalam pengembangan sistem aplikasi modern, terutama yang melibatkan pengelolaan data secara dinamis serta integrasi dengan layanan berbasis kecerdasan buatan. Salah satu platform yang banyak digunakan adalah Supabase, yaitu layanan *Backend-as-a-Service (BaaS)* yang bersifat open-source dan dibangun di atas database relasional *PostgreSQL*. Menurut Yazdankhah (2025), Supabase menyediakan berbagai fitur utama seperti database, autentikasi, serta API otomatis yang memungkinkan pengembang membangun aplikasi tanpa harus mengelola infrastruktur backend secara kompleks. Selain itu, Supabase juga menawarkan fleksibilitas yang tinggi serta mengurangi ketergantungan terhadap vendor karena sifatnya yang terbuka dan dapat dikembangkan secara mandiri.

Dalam konteks pengembangan asisten virtual berbasis perintah suara dan LLM pada PCR, Supabase berperan sebagai platform backend yang mendukung penyimpanan serta pengelolaan data sistem. Supabase dapat digunakan untuk menyimpan dataset pertanyaan dan jawaban, data informasi kampus, serta log interaksi pengguna yang dihasilkan selama proses penggunaan sistem. Penelitian dalam jurnal IJLMRE (2026) menyatakan bahwa Supabase mampu menyediakan layanan backend terintegrasi seperti autentikasi, penyimpanan data, serta API yang dapat diakses secara efisien oleh aplikasi, sehingga mendukung pengembangan sistem yang lebih cepat dan terstruktur.

Oleh karena itu, pemilihan Supabase sebagai platform backend tidak hanya mendukung kebutuhan penyimpanan data, tetapi juga meningkatkan efisiensi pengembangan sistem secara keseluruhan. Kemampuan integrasi yang baik, dukungan terhadap database relasional, serta kemudahan dalam pembuatan API menjadikan Supabase sebagai solusi yang tepat dalam membangun sistem asisten virtual yang interaktif, responsif, dan scalable. Dengan demikian, penggunaan Supabase diharapkan dapat membantu meningkatkan kinerja sistem serta memberikan pengalaman pengguna yang lebih optimal dalam mengakses informasi secara digital.



Gambar2. 1 Supabase

2.2.8 *BERTScore*

BERTScore adalah metode evaluasi berbasis model transformer yang digunakan untuk menilai kesamaan semantik antara dua teks. Metode ini diperkenalkan sebagai alternatif yang lebih akurat dibandingkan metrik tradisional seperti *BLEU* dan *ROUGE*, yang hanya membandingkan kesamaan kata secara langsung. *BERTScore* bekerja dengan mengubah teks menjadi representasi vektor menggunakan model bahasa seperti BERT, RoBERTa, atau ALBERT, kemudian mengukur kesamaan antara vektor kata dari teks prediksi dan teks referensi menggunakan cosine similarity.

Pendekatan ini memungkinkan *BERTScore* untuk memahami hubungan semantik antar kata, termasuk sinonim dan variasi frasa, sehingga lebih efektif

dalam menilai kualitas teks yang dihasilkan oleh model bahasa. Hasil evaluasi BERTScore biasanya dilaporkan dalam tiga metrik utama, yaitu *Precision*, *Recall*, dan *F1 Score*, yang masing-masing mengukur kesesuaian, kelengkapan, dan keseimbangan antara jawaban chatbot dan referensi. Dengan kemampuannya dalam menangkap makna teks secara lebih mendalam, *BERTScore* menjadi salah satu standar evaluasi yang banyak digunakan dalam pengujian model berbasis kecerdasan buatan, termasuk chatbot dan sistem pemrosesan bahasa alami lainnya. Berikut ini merupakan perhitungan dari setiap nilai yang digunakan dalam BERTScore:

1. Rumus pertama menghitung nilai *Recall* dalam *BERTScore*. *Recall* ini mengukur sejauh mana kata-kata dalam teks referensi dicocokkan dengan kata-kata dalam teks prediksi. Perhitungan ini mempertimbangkan bobot invers frekuensi dokumen (IDF) untuk memberikan prioritas lebih tinggi pada kata-kata yang lebih jarang muncul dalam dataset, serta memilih nilai kesamaan tertinggi antara representasi vektor kata dari teks prediksi dan referensi menggunakan *dot product*.

$$R_{BERT} = \frac{\sum_{x_i \in x} idf(x_i) \max_{x_j \in \hat{x}} x_i^T \hat{x}_j}{\sum_{x_i \in x} idf(x_i)} \quad (2-1)$$

2. Rumus kedua menghitung nilai *Precision* dalam *BERTScore*. *Precision* ini mengukur sejauh mana kata-kata dalam teks prediksi sesuai dengan kata-kata dalam teks referensi. Seperti halnya *Recall*, *Precision* juga mempertimbangkan bobot IDF dan menggunakan cosine similarity dari representasi vektor kata.

$$P_{BERT} = \frac{\sum_{x_j \in \hat{x}} idf(\hat{x}_j) \max_{x_i \in x} x_i^T \hat{x}_j}{\sum_{x_j \in \hat{x}} idf(\hat{x}_j)} \quad (2-2)$$

3. Rumus ketiga adalah perhitungan *F1 Score* yang merupakan rata-rata harmonis dari *Precision* dan *Recall*. *F1 Score* digunakan untuk memberikan keseimbangan antara kedua metrik tersebut, sehingga memberikan gambaran

menyeluruh tentang kualitas kesamaan semantik antara teks prediksi dan referensi.

$$F_{BERT} = 2 \cdot \frac{P_{BERT} \cdot R_{BERT}}{P_{BERT} + R_{BERT}} \quad (2-3)$$

2.2.9 n8n (*workflow automation*)

n8n merupakan platform *open-source workflow automation* berbasis *low-code/no-code* yang digunakan untuk mengintegrasikan berbagai aplikasi dan mengotomatisasi proses bisnis secara efisien. Platform ini memungkinkan pengguna membangun alur kerja berbasis node yang mencakup *trigger*, proses logika, dan aksi, sehingga mempermudah integrasi lintas sistem tanpa memerlukan pemrograman kompleks. Berdasarkan penelitian terbaru, penggunaan n8n terbukti mampu meningkatkan efisiensi operasional dan mengurangi kesalahan manusia. Studi oleh Amir dan Atif (2026) menunjukkan bahwa otomatisasi menggunakan n8n dapat menurunkan waktu proses secara signifikan serta meningkatkan akurasi dalam eksekusi workflow. Selain itu, Ahmad et al. (2025) mengungkapkan bahwa n8n efektif dalam mengotomatisasi validasi dokumentasi berbasis GitHub melalui notifikasi real-time yang meningkatkan koordinasi tim.

Lebih lanjut, n8n juga menunjukkan fleksibilitas tinggi dalam berbagai skenario implementasi, baik skala kecil maupun enterprise. Penelitian oleh Wali et al. (2025) menunjukkan bahwa penerapan n8n mampu meningkatkan performa operasional melalui otomatisasi proses manual, sementara Venkiteela (2025) menjelaskan bahwa arsitektur n8n mendukung integrasi sistem berbasis API dengan tingkat keandalan yang tinggi. Selain itu, integrasi n8n dengan teknologi kecerdasan buatan memungkinkan pengembangan sistem otomatis yang lebih adaptif dan cerdas (Huma, 2025). Dengan demikian, n8n tidak hanya berfungsi sebagai alat otomasi, tetapi juga sebagai solusi integrasi sistem modern yang fleksibel, skalabel, dan relevan dalam mendukung transformasi digital organisasi.



Gambar2. 2 n8n (*workflow automation*)