

BAB 3

ANALISIS DAN PERANCANGAN

3.1 Analisis Masalah

Analisis masalah dalam penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi permasalahan utama yang menjadi dasar pelaksanaan penelitian. Fokus penelitian terletak pada evaluasi performa proses *retrieval* dalam pendekatan RAG. Dalam arsitektur RAG, proses retrieval memegang peranan penting karena menentukan kualitas informasi yang akan digunakan oleh LLM dalam menghasilkan jawaban. Tingkat relevansi dokumen yang diperoleh sangat bergantung pada kemampuan model *embedding* dalam merepresentasikan teks ke dalam bentuk vektor yang mampu menangkap kesamaan semantik antara *query* dan dokumen.

Permasalahan yang dihadapi dalam penelitian ini adalah adanya variasi performa antar model *embedding* dalam menghasilkan representasi vektor. Perbedaan performa tersebut berdampak langsung terhadap kualitas hasil *retrieval*. Model *embedding* dengan performa yang lebih rendah berpotensi menghasilkan dokumen yang kurang relevan terhadap *query*. Selain itu penggunaan data pada domain pariwisata lokal menambah kompleksitas permasalahan. Data yang digunakan mengandung variasi bahasa, termasuk istilah lokal. Kondisi ini menuntut model *embedding* untuk mampu memahami konteks secara lebih spesifik agar representasi yang dihasilkan tetap akurat dan relevan.

Berdasarkan permasalahan tersebut, diperlukan analisis terhadap performa model *embedding* dalam proses *retrieval*. Tujuannya untuk mengidentifikasi model yang menghasilkan kinerja *retrieval* terbaik dalam merepresentasikan data pada domain pariwisata. Evaluasi difokuskan pada kemampuan model dalam mengambil dokumen yang relevan terhadap *query* pengguna. Sebagai analisis pendukung, penelitian ini juga mengkaji pengaruh kualitas hasil *retrieval* terhadap jawaban generatif yang dihasilkan oleh LLM. Hal ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana relevansi dokumen yang diperoleh dapat memengaruhi kualitas keakuratan respons yang dihasilkan oleh model.

3.2 Analisis Data

Dataset yang digunakan dalam penelitian ini berupa data informasi objek wisata Kabupaten Sumedang yang berfungsi sebagai basis pengetahuan dalam pendekatan *Retrieval Augmented Generation*. Data diperoleh dari DISPARBUDPORA Kabupaten Sumedang serta sumber publik terkait sebagai data pendukung. Proses pengumpulan data dilakukan pada rentang waktu 27 Oktober 2025 hingga 3 November 2025. Pada tahap awal, data yang diperoleh berada dalam bentuk *file Excel* yang berisi informasi terstruktur mengenai objek wisata. Dataset tersebut terdiri dari beberapa atribut, antara lain nama objek wisata, jenis wisata, alamat atau lokasi, kecamatan, jam operasional, harga tiket, total kunjungan, serta deskripsi objek wisata. Data ini bersifat terstruktur karena setiap informasi tersimpan dalam kolom-kolom tertentu. Namun demikian, untuk mendukung proses *retrieval* pada pendekatan RAG, data tersebut akan diubah ke dalam bentuk naratif. Berikut merupakan contoh data awal yang digunakan:

Tabel 2. Dataset Awal Objek Wisata

No	Nama Wisata	Jenis	Lokasi	Jam Operasional	Harga Tiket	Kunjungan	Deskripsi
1	Cipanas Cileungsi	Wisata Alam	Dusun Cileungsi Desa Cilangkap Kecamatan Buahdua	09.00–17.00	weekday : 10000 weekend : 12000	76889	Tempat wisata di Sumedang berikutnya adalah pemandian air panas Cileungsi yang ada di Desa Cilangkap. Pemandian air panas ini sangat populer bagi masyarakat sekitar, tidak heran kalau pemandian ini selalu ramai oleh wisatawan, terutama saat liburan atau akhir pekan.
2	Jatinangor National Flower Park	Wisata Buatan	Hegarnahan, Kec. Jatinangor, Kabupaten Sumedang	09.00–17.00	weekday : 30000 weekend : 40000	23984	Jans Park Jatinangor atau Jatinangor National Flower Park merupakan salah satu destinasi wisata baru di Jatinangor Kabupaten Sumedang atau lebih tepatnya di Jatinangor Nasional Park, Desa Cileles, Kecamatan Jatinangor, Kabupaten

No	Nama Wisata	Jenis	Lokasi	Jam Operasional	Harga Tiket	Kunjungan	Deskripsi
							Sumedang, Jawa Barat. Tempat wisata ini baru saja dibuka pada tanggal 18 November 2022. Memiliki luas 7.5 hektar Jatinangor National Park (Jans Park) juga menyuguhkan pemandangan menakjubkan pegunungan Manglayang sebagai kelebihan. Jatinangor National Flower Park menyajikan berbagai koleksi bunga dan juga memiliki banyak spot foto instagramable yang cocok bagi mereka yang suka berfoto. Selain itu Jans Park juga menyediakan fasilitas lengkap mulai dari Mushola, Food Court, Area Parkir, Toilet, Wahana dan lainnya.
3	Keraton Sumedang	Wisata Budaya	Kelurahan Regol Wetan Kecamatan Sumedang Selatan	09.00–17.00	weekday : Gratis weekend : Gratis	10636	Keraton Sumedang Larang/Museum Parbu Geusan terletak di tengah kota Sumedang, 50 meter dari Alun-alun ke sebelah selatan, berdampingan dengan Gedung Bengkok atau Gedung Negara dan berhadapan dengan Gedung-gedung Pemerintah.

Dalam penelitian ini, data dari *file Excel* kemudian ditransformasikan menjadi dokumen teks yang berisi informasi deskriptif mengenai masing-masing objek wisata. Proses ini dilakukan dengan menggabungkan beberapa atribut menjadi satu kesatuan teks yang lebih kontekstual. Hasil transformasi ini selanjutnya digunakan sebagai *input* dalam proses *preprocessing* sebelum dilakukan *embedding*. Dataset yang digunakan terdiri dari 75 objek wisata dengan konten berupa teks naratif yang

menjelaskan karakteristik dan informasi terkait masing-masing lokasi wisata. Data tersebut bersifat tidak terstruktur setelah proses transformasi, sehingga memerlukan tahapan *preprocessing* sebelum digunakan dalam model. Setelah melalui proses tersebut, data direpresentasikan ke dalam bentuk vektor menggunakan model *embedding* dan disimpan dalam *vector database* untuk mendukung proses *retrieval*.

Berikut ini merupakan contoh perubahan data dari bentuk terstruktur menjadi teks naratif yang digunakan dalam penelitian:

Tabel 3. Data Hasil Perubahan

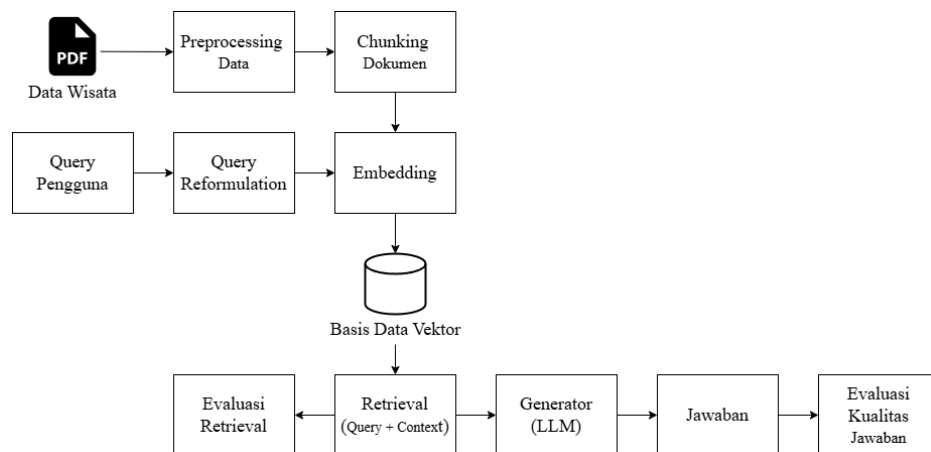
No	Nama Wisata	Konten
1	Cipanas Cileungsing	<p>Pemandian air panas Cileungsing yang ada di Desa Cilangkap merupakan pemandian air panas yang sangat populer bagi masyarakat sekitar, tidak heran kalau pemandian ini selalu ramai oleh wisatawan, terutama saat liburan atau akhir pekan.</p> <p>Selain untuk mandi, pemandian air panas ini juga sangat bermanfaat untuk kesehatan. Selain itu setelah anda habis menikmati pemandian air panas maka wisatawan bisa bersantai di taman yang telah disediakan untuk bermain dengan keluarga anda ataupun sekedar duduk santai menikmati udara segar. Lokasi wisata ini terletak di Desa Cilangkap, Kecamatan Buahdua, Kabupaten Sumedang, Jawa Barat, Indonesia.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Tiket masuk: weekday: Rp 10.000 weekend: Rp 12.000 2. Alamat: Dusun Cileungsing Desa Cilangkap Kecamatan Buahdua 3. Jenis: Wisata Alam 4. Jam Operasional: 09.00 sd 17.00 WIB 5. Kecamatan: Buahdua 6. Total Kunjungan Tahun 2023: 76.889

No	Nama Wisata	Konten
2	Keraton Sumedang	<p>Keraton Sumedang Larang/Museum Prabu Geusan Ulun Museum Prabu Geusan Ulun terletak di tengah kota Sumedang, 50 meter dari Alun-alun ke sebelah selatan, berdampingan dengan Gedung Bengkok atau Gedung Negara dan berhadapan dengan Gedung-gedung Pemerintah. Museum Prabu Geusan Ulun dikelilingi tembok/dinding yang tingginya 2,5 meter, dibuat pada tanggal 16 Agustus 1797. Luas halaman Museum seluas 1,88 ha, dengan dihiasi taman-taman dan ditanami pohon-pohon langka.</p> <p>Di dalam kompleks terdapat bangunan-bangunan yang cukup tua, yaitu Gedung Srimangati (dibangun 1706), Gedung Bumi Kaler (1850), dan Gedung Gendeng (1850). Selain itu, terdapat tiga gedung lainnya yang relatif baru, yaitu Gedung Gamelan (1973), Gedung Pusaka (1990), dan Gedung Kereta Naga Paksi (1996).</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Tiket masuk: Gratis 2. Alamat: Kelurahan Regol Wetan Kecamatan Sumedang Selatan 3. Jenis: Wisata Budaya 4. Jam Operasional: 09.00 - 17.00 5. Kecamatan: Sumedang Selatan 6. Total Kunjungan Tahun 2023: 23.106
3	Jatinangor National Flower Park	<p>Jans Park Jatinangor atau Jatinangor National Flower Park merupakan salah satu destinasi wisata baru di Jatinangor Kabupaten Sumedang atau lebih tepatnya di Jatinangor Nasional Park, Desa Cileles, Kecamatan Jatinangor, Kabupaten Sumedang, Jawa Barat. Tempat wisata ini baru saja dibuka pada tanggal 18 November 2022. Memiliki luas 7.5 hektar Jatinangor National Park (Jans Park) juga menyuguhkan pemandangan menakjubkan pegunungan Manglayang sebagai kelebihannya.</p> <p>Jatinangor National Flower Park menyajikan berbagai koleksi bunga dan juga memiliki banyak spot foto instagramable yang cocok bagi mereka yang suka berfoto. Selain itu Jans Park juga menyediakan fasilitas lengkap mulai dari Mushola, Food Court, Area Parkir, Toilet, Wahana dan lainnya.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Tiket masuk:

No	Nama Wisata	Konten
		weekday: Rp 30.000 weekend: Rp 40.000 2. Alamat: Hegarmanah, Kec. Jatinangor, Kabupaten Sumedang, Jawa Barat 45363 3. Jenis: Wisata Buatan 4. Jam Operasional: 09.00 sd 17.00 WIB 5. Kecamatan: Jatinangor 6. Total Kunjungan Tahun 2023: 23.984

3.3 Arsitektur Model

Arsitektur model dalam penelitian ini dirancang untuk mendukung proses evaluasi performa *retrieval* dalam pendekatan RAG. *Prototype chatbot* digunakan sebagai media eksperimen untuk menganalisis kinerja model *embedding* dalam proses *retrieval*. Perancangan arsitektur ini tidak hanya berfokus pada proses pengambilan informasi, tetapi juga mencakup integrasi antara tahapan pemrosesan data, pencarian informasi, hingga generasi jawaban. Dengan demikian, arsitektur yang dirancang mampu merepresentasikan alur kerja RAG secara menyeluruh dalam satu kesatuan proses. Arsitektur ini menggambarkan alur pemrosesan data mulai dari dokumen hingga menghasilkan jawaban berdasarkan query pengguna secara terstruktur dan sistematis.



Gambar 2. Arsitektur Model

Proses diawali dengan data dokumen dalam format PDF yang berisi informasi objek wisata Kabupaten Sumedang. Dokumen tersebut kemudian melalui tahap *preprocessing* untuk membersihkan teks dari elemen yang tidak relevan, seperti karakter khusus, simbol, atau format yang tidak diperlukan. Setelah itu, dokumen dipecah menjadi bagian-bagian kecil melalui proses *chunking* agar setiap bagian memiliki konteks yang lebih spesifik dan mudah diproses. Proses *chunking* ini juga bertujuan untuk meningkatkan efektivitas pencarian informasi pada tahap *retrieval*. Setiap *chunk* yang dihasilkan selanjutnya diubah menjadi representasi vektor menggunakan model *embedding*. Representasi vektor tersebut kemudian disimpan dalam *vector database* untuk digunakan dalam proses pencarian informasi berdasarkan kemiripan semantik.

Query pengguna yang diberikan tidak langsung digunakan dalam proses *retrieval*, melainkan diproses terlebih dahulu melalui tahap *query reformulation*. Tahap ini bertujuan untuk mengubah *query* menjadi pertanyaan yang lebih jelas, lengkap, dan dapat dipahami secara mandiri tanpa bergantung pada konteks percakapan sebelumnya [24]. Proses ini menjadi penting terutama pada skenario percakapan *multi-turn*, di mana *query* yang diberikan pengguna seringkali bersifat singkat atau ambigu sehingga dapat menurunkan akurasi pencarian informasi.

Setelah proses reformulasi dilakukan, dilakukan evaluasi untuk memastikan bahwa hasil reformulasi memiliki kesesuaian makna dengan *query* yang diharapkan. Evaluasi ini dilakukan dengan menghitung tingkat kesamaan semantik menggunakan metode *cosine similarity* berdasarkan representasi vektor. Representasi vektor tersebut dihasilkan menggunakan model *embedding*, yaitu *Jina Embeddings v3* dan *BGE-M3*. Nilai *cosine similarity* yang tinggi menunjukkan bahwa hasil reformulasi memiliki kesesuaian makna yang baik terhadap *ground truth*. Selanjutnya, hasil reformulasi *query* yang telah divalidasi akan digunakan untuk digunakan dalam proses *retrieval*.

Proses *retrieval* kemudian dilakukan dengan mencari dokumen yang memiliki tingkat kemiripan tertinggi terhadap *query* berdasarkan kesamaan representasi vektor. Proses ini menggunakan *cosine similarity*, untuk menentukan kedekatan semantik antara *query* dan dokumen dalam ruang vektor. Dokumen-dokumen

dengan nilai kemiripan tertinggi akan dipilih sebagai hasil *retrieval*. Hasil tersebut kemudian digunakan sebagai konteks tambahan dalam proses generasi jawaban oleh LLM. Dengan memanfaatkan konteks yang relevan dari hasil *retrieval*, model diharapkan dapat menghasilkan jawaban yang lebih akurat dan sesuai dengan informasi yang tersedia dalam basis data pengetahuan. Pendekatan ini juga membantu mengurangi kemungkinan terjadinya *hallucination* pada LLM karena jawaban didasarkan pada sumber informasi yang nyata.

Selain itu, pendekatan RAG yang digunakan juga dilengkapi dengan tahap evaluasi untuk mengukur performa *retrieval* serta kualitas jawaban yang dihasilkan. Evaluasi *retrieval* dilakukan menggunakan metrik seperti *Precision@k*, *Recall@k*, dan *Mean Reciprocal Rank* (MRR) untuk menilai tingkat relevansi dokumen yang berhasil diperoleh pada proses *retrieval*. Metrik-metrik tersebut memberikan gambaran mengenai kemampuan model *embedding* dalam menemukan dokumen yang sesuai dengan query pengguna. Sementara itu, evaluasi kualitas jawaban dilakukan menggunakan metrik *faithfulness* dan *answer relevancy* yang diimplementasikan melalui framework RAGAS (Retrieval Augmented Generation Assessment). Metrik *faithfulness* digunakan untuk mengukur sejauh mana jawaban yang dihasilkan didasarkan pada konteks hasil *retrieval*, sedangkan *answer relevancy* digunakan untuk menilai kesesuaian jawaban terhadap *query* yang diberikan. Dengan kombinasi evaluasi tersebut, performa pendekatan RAG dapat dianalisis secara komprehensif baik dari sisi kualitas pencarian informasi maupun kualitas jawaban yang dihasilkan.

3.4 Analisis Preprocessing Data

Tahap *preprocessing* data dilakukan untuk mempersiapkan data sebelum digunakan dalam proses *embedding* dan *retrieval*. Proses ini bertujuan untuk meningkatkan kualitas data, mengurangi *noise*, serta memastikan konsistensi format teks agar dapat diproses secara optimal oleh model. Data yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari dokumen berformat PDF yang berisi informasi objek wisata Kabupaten Sumedang. Dokumen PDF yang digunakan memiliki struktur teks yang tidak sepenuhnya seragam. Oleh karena itu, diperlukan

serangkaian proses pembersihan untuk menyesuaikan struktur data agar lebih terorganisir dan sesuai agar sesuai dengan proses *retrieval* pada pendekatan RAG.

Tahap *preprocessing* dalam penelitian ini meliputi proses ekstraksi teks, *text cleaning*, dan *chunking*. Ketiga proses tersebut dilakukan secara berurutan untuk menghasilkan data yang siap digunakan dalam proses *embedding*.

3.4.1 Ekstraksi Teks

Ekstraksi teks merupakan tahap awal dalam *preprocessing* yang bertujuan untuk mengambil konten teks dari dokumen PDF agar dapat diolah lebih lanjut oleh model. Proses ekstraksi dilakukan untuk mengubah dokumen PDF menjadi teks mentah. Hasil dari proses ini masih memiliki struktur yang belum teratur, seperti pemisahan baris yang tidak konsisten, penggunaan tanda baca yang seragam, serta adanya elemen-elemen tambahan yang tidak relevan. Oleh karena itu hasil ekstraksi tidak langsung digunakan dalam proses selanjutnya melainkan terlebih dahulu diproses pada tahap *text cleaning* untuk meningkatkan kualitas dan konsistensi data. Berikut ini merupakan contoh dari proses ekstraksi teks:

Tabel 4. Ekstraksi Teks

"Cipanas Cileungsing \nTempat wisata di Sumedang berikutnya adalah pemandian air panas Cileungsing yang ada di \nDesa Cilangkap. Pemandian air panas ini sangat populer bagi masyarakat sekitar, tidak heran \nkalaupun pemandian ini selalu ramai oleh wisatawan, terutama saat liburan atau akhir pekan. \nSelain untuk mandi, pemandian air panas ini juga sangat bermanfaat untuk kesehatan. \nSelain itu setelah anda habis menikmati pemandian air panas maka wisatawan bisa bersantai \ndi taman yang telah disediakan untuk bermain dengan keluarga anda ataupun sekedar duduk \nsantai menikmati udara segar. Lokasi wisata ini terletak di Desa Cilangkap, Kecamatan Buah \nBua, Kabupaten Sumedang, Jawa Barat, Indonesia. \n1. Tiket masuk : \nweekday: Rp 10.000 \nweekend: Rp 12.000 \n2. Alamat : Dusun Cileungsing Desa Cilangkap Kecamatan Buahdua \n3. Jenis : Wisata Alam \n4. Jam Operasional : 09.00 sd 17.00 WIB \n5. Kecamatan : Buahdua \n6. Total Kunjungan Tahun 2023 : 76.889\nJatinangor National Flower Park \nJans Park Jatinangor atau Jatinangor National Flower Park merupakan salah satu destinasi \nwisata baru di Jatinangor Kabupaten Sumedang atau lebih tepatnya di Jatinangor Nasional \nPark, Desa Cileles, Kecamatan Jatinangor, Kabupaten Sumedang, Jawa Barat. Tempat wisata \nnini baru saja dibuka pada tanggal 18 November 2022. Memiliki luas 7.5 hektar Jatinangor \nNational Park (Jans Park) juga menyuguhkan pemandangan menakjubkan pegunungan \nManglayang sebagai kelebihannya. \nJatinangor National Flower Park menyajikan berbagai koleksi bunga dan juga

memiliki \nbanyak spot foto instagramable yang cocok bagi mereka yang suka berfoto. Selain itu Jans \nPark juga menyediakan fasilitas lengkap mulai dari Mushola, Food Court, Area Parkir, Toilet, \nWahana dan lainnya. \n1. Tiket masuk : \nweekday: Rp 30.000 \nweekend: Rp 40.000 \n2. Alamat : Hegarmanah, Kec. Jatinangor, Kabupaten Sumedang, Jawa Barat 45363 \n3. Jenis : Wisata Buatan \n4. Jam Operasional : 09.00 sd 17.00 WIB \n5. Kecamatan : Jatinangor \n6. Total Kunjungan Tahun 2023 : 23.984"

3.4.2 Text Cleaning

Text Cleaning merupakan tahap *preprocessing* yang bertujuan untuk membersihkan dan menormalkan teks hasil ekstraksi dari dokumen PDF agar memiliki struktur yang lebih konsisten. Proses ini penting dilakukan karena hasil ekstraksi teks dari PDF umumnya masih mengandung berbagai *noise*. Kondisi tersebut dapat memengaruhi kualitas representasi teks pada tahap selanjutnya, khususnya dalam proses *embedding*. Oleh karena itu, dilakukan serangkaian proses pembersihan untuk memperbaiki struktur teks agar lebih rapi. Dengan demikian teks yang dihasilkan dari tahap ini menjadi lebih terstruktur dan siap digunakan pada proses berikutnya.

Pada penelitian ini, proses *text cleaning* dilakukan melalui beberapa tahapan utama yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas dan konsistensi teks. Tahapan tersebut meliputi normalisasi karakter untuk menyeragamkan representasi teks, perbaikan struktur kata, serta penghapusan karakter tersembunyi yang tidak memiliki makna semantik. Selain itu, dilakukan normalisasi pemisahan baris dan penyesuaian spasi untuk menghasilkan kalimat yang lebih utuh dan mudah dipahami. Dengan dilakukan tahapan-tahapan tersebut, teks yang dihasilkan menjadi lebih bersih dan siap digunakan pada proses selanjutnya. Berikut merupakan contoh teks yang sudah melalui proses *text cleaning*:

Tabel 5. Text Cleaning

"Cipanas Cileungsing Tempat wisata di Sumedang berikutnya adalah pemandian air panas Cileungsing yang ada di Desa Cilangkap. Pemandian air panas ini sangat populer bagi masyarakat sekitar, tidak heran kalau pemandian ini selalu ramai oleh wisatawan, terutama saat liburan atau akhir pekan. Selain untuk mandi, pemandian air panas ini juga sangat bermanfaat untuk kesehatan. Selain itu setelah anda habis menikmati pemandian air panas maka wisatawan bisa bersantai di taman yang telah disediakan untuk bermain dengan keluarga anda ataupun sekedar duduk santai menikmati udara segar. Lokasi

wisata ini terletak di Desa Cilangkap, Kecamatan Buah Bua, Kabupaten Sumedang, Jawa Barat, Indonesia. 1. Tiket masuk: weekday: Rp 10.000 weekend: Rp 12.000 2. Alamat: Dusun Cileungsing Desa Cilangkap Kecamatan Buahdua 3. Jenis: Wisata Alam 4. Jam Operasional: 09.00 sd 17.00 WIB 5. Kecamatan: Buahdua 6. Total Kunjungan Tahun 2023: 76.889 Jatinangor National Flower Park Jans Park Jatinangor atau Jatinangor National Flower Park merupakan salah satu destinasi wisata baru di Jatinangor Kabupaten Sumedang atau lebih tepatnya di Jatinangor Nasional Park, Desa Cileles, Kecamatan Jatinangor, Kabupaten Sumedang, Jawa Barat. Tempat wisata ini baru saja dibuka pada tanggal 18 November 2022. Memiliki luas 7.5 hektar Jatinangor National Park (Jans Park) juga menyuguhkan pemandangan menakjubkan pegunungan Manglayang sebagai kelebihanannya. Jatinangor National Flower Park menyajikan berbagai koleksi bunga dan juga memiliki banyak spot foto instagramable yang cocok bagi mereka yang suka berfoto. Selain itu Jans Park juga menyediakan fasilitas lengkap mulai dari Mushola, Food Court, Area Parkir, Toilet, Wahana dan lainnya. 1. Tiket masuk: weekday: Rp 30.000 weekend: Rp 40.000 2. Alamat: Hegarmanah, Kec. Jatinangor, Kabupaten Sumedang, Jawa Barat 45363 3. Jenis: Wisata Buatan 4. Jam Operasional: 09.00 sd 17.00 WIB 5. Kecamatan: Jatinangor 6. Total Kunjungan Tahun 2023: 23.984 "

3.4.3 Chunking

Chunking dokumen merupakan proses pemecahan teks menjadi bagian-bagian yang lebih kecil agar dapat diproses secara lebih efektif dalam model berbasis *retrieval*. Proses ini dilakukan karena dokumen asli memiliki panjang teks yang cukup besar dan memuat berbagai informasi dalam satu kesatuan Pada penelitian ini, *chunking* dilakukan dengan pendekatan berbasis konten, di mana setiap informasi mengenai objek wisata dipisahkan menjadi satu unit teks yang berdiri sendiri. Setiap *chunk* berisi informasi yang relatif utuh seperti deskripsi, lokasi, serta informasi pendukung lainnya. Pendekatan ini dipilih untuk menjaga keterkaitan konteks dalam setiap bagian teks yang dihasilkan. Selain itu, proses chunking juga bertujuan untuk menghasilkan representasi semantik yang lebih spesifik pada tahap *embedding*. Dengan membagi dokumen menjadi bagian yang lebih kecil, model dapat lebih mudah mengidentifikasi kesesuaian antara *query* dan dokumen yang relevan. Berikut merupakan contoh dari proses *chunking* dokumen:

Tabel 6. Chunking Dokumen

```
{  
  "content": "Cipanas Cileungsing Tempat wisata di Sumedang berikutnya adalah pemandian air panas Cileungsing yang ada di Desa Cilangkap. Pemandian air panas ini sangat populer bagi masyarakat sekitar, tidak heran kalau pemandian ini selalu ramai oleh wisatawan, terutama saat liburan atau akhir pekan. Selain untuk mandi, pemandian air panas ini juga sangat bermanfaat untuk kesehatan. Selain itu setelah anda habis menikmati pemandian air panas maka wisatawan bisa bersantai di taman yang telah disediakan untuk bermain dengan keluarga anda ataupun sekedar duduk santai menikmati udara segar. Lokasi wisata ini terletak di Desa Cilangkap, Kecamatan Buah Bua, Kabupaten Sumedang, Jawa Barat, Indonesia. 1. Tiket masuk: weekday: Rp 10.000 weekend: Rp 12.000 2. Alamat: Dusun Cileungsing Desa Cilangkap Kecamatan Buahdua 3. Jenis: Wisata Alam 4. Jam Operasional: 09.00 sd 17.00 WIB 5. Kecamatan: Buahdua 6. Total Kunjungan Tahun 2023: 76.889",  
  "nama_wisata": "Cipanas Cileungsing"  
},  
{  
  "content": "Jatinangor National Flower Park Jans Park Jatinangor atau Jatinangor National Flower Park merupakan salah satu destinasi wisata baru di Jatinangor Kabupaten Sumedang atau lebih tepatnya di Jatinangor Nasional Park, Desa Cileles, Kecamatan Jatinangor, Kabupaten Sumedang, Jawa Barat. Tempat wisata ini baru saja dibuka pada tanggal 18 November 2022. Memiliki luas 7.5 hektar Jatinangor National Park (Jans Park) juga menyuguhkan pemandangan menakjubkan pegunungan Manglayang sebagai kelebihannya. Jatinangor National Flower Park menyajikan berbagai koleksi bunga dan juga memiliki banyak spot foto instagramable yang cocok bagi mereka yang suka berfoto. Selain itu Jans Park juga menyediakan fasilitas lengkap mulai dari Mushola, Food Court, Area Parkir, Toilet, Wahana dan lainnya. 1. Tiket masuk: weekday: Rp 30.000 weekend: Rp 40.000 2. Alamat: Hegarmanah, Kec. Jatinangor, Kabupaten Sumedang, Jawa Barat 45363 3. Jenis: Wisata Buatan 4. Jam Operasional: 09.00 sd 17.00 WIB 5. Kecamatan: Jatinangor 6. Total Kunjungan Tahun 2023: 23.984",  
  "nama_wisata": "Jatinangor National Flower Park Jans Park Jatinangor"  
},
```

3.5 Query Reformulation

Query reformulation merupakan proses untuk mengubah atau menyusun ulang *query* yang diberikan oleh pengguna menjadi bentuk yang lebih jelas dan spesifik. Proses ini bertujuan untuk mengurangi ambiguitas serta meningkatkan kualitas pencarian informasi pada tahap *retrieval*. Dalam konteks RAG, kualitas *query* sangat memengaruhi relevansi dokumen yang dihasilkan. Pada penelitian ini, *query reformulation* digunakan untuk mengubah pertanyaan pengguna menjadi *standalone question*, yaitu pertanyaan yang dapat dipahami secara mandiri tanpa bergantung pada konteks sebelumnya. Pendekatan ini penting terutama dalam skenario percakapan, di mana *query* yang diberikan pengguna seringkali bersifat singkat, tidak lengkap, atau mengandung referensi implisit.

Proses reformulasi dilakukan dengan memanfaatkan LLM untuk memahami maksud dari *query* pengguna. LLM ini berperan dalam mengidentifikasi konteks serta informasi yang mungkin tidak dinyatakan secara eksplisit dalam *query* awal. Selanjutnya, *query* tersebut disusun kembali menjadi bentuk yang lebih jelas dan terstruktur. Proses ini bertujuan untuk mengurangi ambiguitas serta memperjelas kebutuhan informasi pengguna. Dengan demikian, *query* yang dihasilkan dapat meningkatkan kesesuaian antara *query* dan dokumen pada proses *retrieval*. Berikut ini merupakan contoh dari *query reformulation*:

Tabel 7. Query Reformulation

No	<i>Query</i>	<i>Ground Truth</i>	<i>Standalone Question</i>
1	Wisata sumedang yang ada pemandian air panas?	Daftar tempat wisata pemandian air panas di Sumedang?	Apa saja tempat wisata di Sumedang yang memiliki pemandian air panas?
2	Berapa tiket masuknya?	Harga tiket masuk pemandian air panas Cileungsing Sumedang?	Berapa harga tiket masuk untuk pemandian air panas di Cileungsing, Sumedang?

Untuk memastikan bahwa hasil *query reformulation* yang dihasilkan memiliki kualitas yang baik, dilakukan proses evaluasi dengan membandingkan hasil reformulasi terhadap *ground truth*. Evaluasi ini bertujuan untuk mengukur kesesuaian makna antara *query* hasil reformulasi dengan pertanyaan yang diharapkan. Metode yang digunakan dalam evaluasi ini adalah *cosine similarity*, yang menghitung tingkat kemiripan semantik antara dua representasi vektor. Representasi vektor diperoleh menggunakan model *embedding text-embedding-3-small*. Nilai *cosine similarity* berada pada rentang 0 hingga 1, di mana nilai yang mendekati 1 menunjukkan tingkat kesamaan makna yang tinggi. Dengan demikian, semakin tinggi nilai *cosine similarity* yang diperoleh, maka semakin baik kualitas *query reformulation* yang dihasilkan.

Berikut ini merupakan contoh perhitungan evaluasi *query reformulation* menggunakan model *Jina Embeddings v3*. Perhitungan *cosine similarity* untuk evaluasi *query reformulation* dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan (1).

Vektor *Query Reformulation* (A) = [-0.015625, -0.03068542, 0.03842163, ...]

Vektor *Ground Truth* (B) = [-0.00641632, -0.02908325, 0.04248047, ...]

1. Menghitung Perkalian Vektor A dan Vektor B

$$A \cdot B = (-0.015625 \times -0.00641632) + (-0.03068542 \times -0.02908325) + (0.03842163 \times 0.04248047) + \dots + (A_n \times B_n)$$

$$A \cdot B = 0.9064868634$$

2. Menghitung Panjang Vektor Query Reformulation

$$\|A\| = \sqrt{(-0.015625)^2 + (-0.03068542)^2 + (0.03842163)^2 + (A_n)^2}$$

$$\|A\| = 0.9996427509$$

3. Menghitung Panjang Vektor Ground Truth Query

$$\|B\| = \sqrt{(-0.00641632)^2 + (-0.02908325)^2 + (0.04248047)^2 + (A_n)^2}$$

$$\|B\| = 1.0001324694$$

4. Menghitung Cosine Similarity

$$\text{Cosine Similarity (A,B)} = \frac{A \cdot B}{\|A\| \|B\|} = 0.9066907120$$

3.6 Embedding dan Penyimpanan Vektor

Pada tahap ini, teks hasil *preprocessing* diubah menjadi representasi vektor menggunakan model *embedding*. Representasi ini memungkinkan teks diproses secara matematis sehingga tingkat kesamaan antar teks dapat diukur dalam ruang vektor. Proses *embedding* pada tahap ini difokuskan pada dokumen hasil *preprocessing* yang akan digunakan sebagai sumber informasi dalam model RAG. Vektor yang dihasilkan kemudian disimpan dalam *vector database* untuk mendukung proses pencarian berbasis kemiripan. Penyimpanan ini memungkinkan proses *retrieval* dilakukan berdasarkan kedekatan antar vektor.

3.6.1 Representasi Vektor

Penelitian ini menggunakan dua model *embedding*, yaitu *Jina Embeddings v3* dan *BGE-M3*. Kedua model tersebut dipilih karena memiliki kemampuan dalam merepresentasikan teks secara semantik serta mendukung berbagai jenis teks dalam skala yang luas. Pemilihan dua model ini juga bertujuan untuk membandingkan performa masing-masing dalam proses *retrieval*. Setiap model digunakan untuk menghasilkan representasi vektor dari dokumen yang telah melalui tahap *preprocessing*. Dengan demikian, perbedaan karakteristik dari model *embedding* tersebut dapat dianalisis lebih lanjut dalam penelitian ini.

Pada tahap ini, setiap *chunk* dokumen diubah menjadi vektor numerik menggunakan model *embedding*. Proses ini dilakukan untuk mentransformasikan teks menjadi bentuk yang dapat diolah secara matematis oleh model. Representasi vektor yang dihasilkan mencerminkan makna semantik dari teks yang diproses. Teks yang memiliki makna serupa akan memiliki posisi yang berdekatan dalam ruang vektor. Hasil dari proses ini berupa sekumpulan vektor yang merepresentasikan dokumen dan disimpan dalam *vector database* untuk digunakan pada tahap *retrieval*. Berikut ini merupakan contoh dari representasi vektor dokumen:

1. Jina Embeddings v3

Tabel 8. Jina Embeddings v3

Content	Embedding
"Cipanas Cileungsing Tempat wisata di Sumedang berikutnya adalah pemandian air panas Cileungsing yang ada di Desa Cilangkap. Pemandian air panas ini sangat populer bagi masyarakat sekitar, tidak heran kalau pemandian ini selalu ramai oleh wisatawan, terutama saat liburan atau akhir pekan. Selain untuk mandi, pemandian air panas ini juga sangat bermanfaat untuk kesehatan. Selain itu setelah anda habis menikmati pemandian air panas maka wisatawan bisa bersantai di taman yang telah disediakan untuk bermain dengan keluarga anda ataupun sekedar duduk santai menikmati udara segar. Lokasi wisata ini terletak di Desa Cilangkap, Kecamatan Buah Bua, Kabupaten Sumedang, Jawa Barat, Indonesia. 1. Tiket masuk: <i>weekday</i> : Rp 10.000 <i>weekend</i> : Rp 12.000 2. Alamat: Dusun Cileungsing Desa Cilangkap Kecamatan Buahdua 3. Jenis: Wisata Alam 4. Jam Operasional: 09.00 sd 17.00 WIB 5. Kecamatan: Buahdua 6. Total Kunjungan Tahun 2023: 76.889"	[-0.10041637, 0.010307397, 0.06805906, 0.022184625, 0.020042121, -0.04558296, -0.13596115, 0.0385755, -0.097082995, 0.06367879, 0.027843617, 0.014694826, -0.009118195, 0.020011583, -0.0990511, -0.11751507, -0.037699126, 0.087996684, 0.0135256825, -0.018427312, -0.070330806, 0.02006823, -0.052023996, 0.025773164, 0.082317084, 0.042476203, ..., 0.0044005243, 0.026991779, -0.0040712277, -0.008037974, -0.007144724, -0.016009228, 0.01573763, -0.029203963, -0.00012849463, -0.022266317, -0.0186709, 0.013077373, 0.008590841, -0.0138448095, 0.031242335, 0.00074922235, -0.045821715, -0.010067217, 0.02513868, 0.008973942, -0.0014342888, -0.013770651, -0.03339947, 0.020350995, 0.030683653, -0.016690947, 0.04973097, 0.0037940193, 0.016388904, -0.031219793, 0.0025051283, -0.015700258, -0.026805878, 0.0058352477, -0.032289024, 0.02814988]

2. BGE-M3

Tabel 9. BGE-M3

Content	Embedding
"Cipanas Cileungsing Tempat wisata di Sumedang berikutnya adalah pemandian air panas Cileungsing yang ada di Desa Cilangkap. Pemandian air panas ini sangat populer bagi masyarakat sekitar, tidak heran kalau pemandian ini selalu ramai oleh wisatawan, terutama saat liburan atau akhir pekan. Selain untuk mandi,	[-0.011772711, 0.043758664, -0.05787241, 0.019632539, -0.004173197, -0.075734116, 0.0017472574, -0.04420499, -0.042629622, -0.017802099, 0.0006384033, -0.012644426, -0.011973168, -0.04096269, 0.028982988, -0.018358923, -0.0038051112, 0.0036344605, 0.03898058, -

Content	Embedding
pemandian air panas ini juga sangat bermanfaat untuk kesehatan. Selain itu setelah anda habis menikmati pemandian air panas maka wisatawan bisa bersantai di taman yang telah disediakan untuk bermain dengan keluarga anda ataupun sekedar duduk santai menikmati udara segar. Lokasi wisata ini terletak di Desa Cilangkap, Kecamatan Buah Bua, Kabupaten Sumedang, Jawa Barat, Indonesia. 1. Tiket masuk: <i>weekday</i> : Rp 10.000 <i>weekend</i> : Rp 12.000 2. Alamat: Dusun Cileungsing Desa Cilangkap Kecamatan Buahdua 3. Jenis: Wisata Alam 4. Jam Operasional: 09.00 sd 17.00 WIB 5. Kecamatan: Buahdua 6. Total Kunjungan Tahun 2023: 76.889"	[0.020858746, 0.018424448, 0.015567815, -0.007986996, -0.00059013907, 0.02103841, 0.026443016, -0.041464213, -0.0081695, -0.018304516, 0.024319885, ..., 0.036099195, 0.0056636934, 0.01828917, 0.015922528, -0.009760899, -0.027993929, 0.01920716, 0.031015169, -0.028393898, 0.034504812, -0.019778611, -0.032280345, -0.017834544, 0.05464257, -0.0103513785, -0.051791668, -0.06561725, 0.046229687, -0.0263671, -0.0024031522, 0.03829109, -0.021698387, 0.030019585, 0.015453336, 0.0002720705, 0.03250562, -0.024220275, -0.023830136, 0.027556116, 0.011346568]

3.6.2 Penyimpanan pada Vector Database

Vektor yang dihasilkan dari proses *embedding* selanjutnya disimpan dalam *vector database* untuk mendukung proses *retrieval*. Pada penelitian ini, digunakan *Supabase* sebagai platform penyimpanan yang berbasis *PostgreSQL* dan mendukung pengelolaan data vektor melalui ekstensi *pgvector*. Setiap *chunk* dokumen yang telah diubah menjadi vektor disimpan bersamaan dengan informasi teks aslinya sebagai metadata. Struktur penyimpanan ini memungkinkan model untuk melakukan pencarian berbasis kemiripan vektor. Selain itu, penyimpanan metadata juga berperan dalam menampilkan kembali isi dokumen yang relevan setelah proses *retrieval* dilakukan. Dengan demikian, model tidak hanya dapat menemukan vektor yang paling dekat, tetapi juga mengembalikan informasi teks yang sesuai dengan *query* yang diberikan.

3.7 Retrieval Dokumen

Retrieval dokumen merupakan proses untuk mengambil sejumlah dokumen paling relevan terhadap *query* pengguna dari *vector database*. Pada pendekatan RAG, tahap ini memiliki peran penting karena kualitas dokumen yang diambil akan

dijadikan sumber untuk LLM membuat jawaban. Dalam penelitian ini, proses *retrieval* dilakukan dengan membandingkan representasi vektor antara *query* dan dokumen yang telah disimpan dalam *vector database*. *Query* yang telah melalui tahap reformulasi diubah menjadi vektor menggunakan model *embedding* yang sama dengan dokumen. Selanjutnya, model akan menghitung tingkat kemiripan antara vektor *query* dan vektor dokumen untuk menentukan dokumen yang paling relevan.

3.7.1 Representasi Query

Pada tahap ini, *query* hasil reformulasi diubah menjadi representasi vektor menggunakan model *embedding* yang sama dengan yang digunakan pada dokumen. Penggunaan model *embedding* yang sama bertujuan untuk memastikan bahwa *query* dan dokumen berada dalam ruang vektor yang sebanding. Dengan representasi tersebut, model dapat membandingkan makna semantik antara *query* dan dokumen secara lebih akurat. Proses ini memungkinkan model untuk mengidentifikasi tingkat kesesuaian antara *query* dan dokumen berdasarkan representasi vektornya. Hasil dari tahap ini adalah vektor *query* yang akan digunakan dalam proses perhitungan kemiripan. Berikut merupakan contoh representasi vektor *query* menggunakan model *Jina Embeddings v3*:

Tabel 10. Representasi Query

<i>Query</i>	<i>Embedding</i>
Apa saja tempat wisata di Sumedang yang memiliki pemandian air panas?	-0.0459679, 0.013275113, 0.084570974, -0.02694785, 0.014137878, -0.09694168, -0.14574884, 0.031096866, -0.034794006, 0.032018576, ..., 0.046877395, -0.002225926, -0.0063618077, -0.024377432, -0.001575122, -0.02391776, -0.017949492, 0.017138626, -0.038370464, 0.025587805

3.7.2 Perhitungan Cosine Similarity

Untuk mengukur tingkat kemiripan antara *query* dan dokumen, penelitian ini menggunakan metode *cosine similarity*. Metode ini menghitung kesamaan antara dua vektor berdasarkan sudut yang terbentuk di antara keduanya dalam ruang

berdimensi tinggi. *Cosine similarity* digunakan karena mampu mengukur kesamaan semantik tanpa dipengaruhi oleh panjang vektor.

Perhitungan *cosine similarity* antara vektor query dan vektor dokumen dirumuskan pada persamaan (2.1). Berikut merupakan contoh proses perhitungan *cosine similarity* menggunakan representasi vektor yang dihasilkan oleh model *Jina Embeddings v3*:

$$\text{Vektor Query (A)} = [-0.0459679, 0.013275113, 0.084570974, \dots]$$

$$\text{Vektor Dokumen (B)} = [-0.10041637, 0.010307397, 0.06805906, \dots]$$

1. Menghitung Perkalian Vektor A dan Vektor B

$$A \cdot B = (-0.0459679 \times -0.10041637) + (0.013275113 \times 0.010307397) + (0.084570974 \times 0.06805906) + \dots + (A_n \times B_n)$$

$$A \cdot B = 0.739723022364459$$

2. Menghitung Panjang Vektor Query

$$\|A\| = \sqrt{(-0.0459679)^2 + (0.013275113)^2 + (0.084570974)^2 + (A_n)^2}$$

$$\|A\| = 1.0000000926351547$$

3. Menghitung Panjang Vektor Dokumen

$$\|B\| = \sqrt{(-0.10041637)^2 + (0.010307397)^2 + (0.06805906)^2 + (B_n)^2}$$

$$\|B\| = 0.9999999148047272$$

4. Menghitung Cosine Similarity

$$\text{Cosine Similarity (A,B)} = \frac{A \cdot B}{\|A\| \|B\|} = 0.739723016861013$$

3.7.3 Pengambilan Dokumen Relevan

Berdasarkan hasil perhitungan *cosine similarity*, model akan mengurutkan dokumen dari nilai kemiripan tertinggi ke terendah. Selanjutnya, proses pemilihan dokumen dilakukan dengan menggunakan kombinasi pendekatan *Top-K* dan *threshold similarity*. Pendekatan *Top-K* digunakan untuk mengambil sejumlah dokumen dengan nilai kemiripan tertinggi terhadap *query*. Namun, untuk memastikan bahwa dokumen yang diambil benar-benar relevan, diterapkan batas

minimum nilai kemiripan. Dokumen hanya akan dipilih jika memiliki nilai *similarity* yang melebihi batas *threshold* yang telah ditentukan. Dengan kombinasi ini, model tidak hanya mempertimbangkan peringkat dokumen, tetapi juga kualitas kemiripan antara *query* dan dokumen. Pendekatan ini bertujuan untuk mengurangi kemungkinan terambilnya dokumen yang kurang relevan meskipun berada dalam peringkat teratas. Dokumen yang memenuhi kriteria tersebut kemudian digunakan sebagai konteks dalam proses generasi jawaban oleh model.

3.8 Pembentukan Jawaban

Pada tahap ini, model menghasilkan jawaban berdasarkan *query* pengguna dan dokumen yang telah diperoleh dari proses *retrieval*. Proses ini merupakan bagian dari pendekatan RAG, di mana model generatif memanfaatkan informasi eksternal sebagai konteks dalam menghasilkan jawaban. Dengan adanya konteks tambahan, model tidak hanya bergantung pada pengetahuan internal, tetapi juga pada informasi yang relevan dari dokumen yang ditemukan. Dalam penelitian ini, jawaban dihasilkan dengan menggabungkan *query* hasil reformulasi dan dokumen hasil *retrieval* sebagai input ke dalam LLM. Dokumen yang telah dipilih berdasarkan nilai similariti tertinggi digunakan sebagai konteks untuk membantu model memahami informasi yang relevan.

Proses ini memungkinkan model untuk menghasilkan jawaban yang lebih akurat dan sesuai dengan kebutuhan pengguna. Kualitas jawaban yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh relevansi dokumen hasil *retrieval*. Semakin relevan dokumen yang digunakan sebagai konteks, maka semakin tinggi kemungkinan model menghasilkan jawaban yang tepat. Oleh karena itu, tahap *retrieval* memiliki peran penting dalam menentukan kualitas akhir dari jawaban yang dihasilkan oleh model. Berikut ini merupakan contoh dari generasi jawaban oleh LLM:

Tabel 11. Respons LLM

“Wisata di Sumedang yang memiliki pemandian air panas adalah Pemandian Air Panas Cileungsing. Lokasi ini terletak di Desa Cilangkap, Kecamatan Buahdua, Kabupaten Sumedang, Jawa Barat, Indonesia. Pemandian ini populer di kalangan masyarakat dan wisatawan, terutama saat liburan atau akhir pekan. Selain mandi, pemandian ini juga bermanfaat untuk kesehatan.”
--

3.9 Skenario Pengujian

Skenario pengujian dilakukan untuk mengevaluasi performa *retrieval* dan serta kualitas jawaban yang dihasilkan terhadap *query* pengguna. Pengujian ini bertujuan untuk membandingkan kinerja dua model *embedding* yang digunakan, yaitu *Jina Embeddings v3* dan BGE-M3. Selain itu, pengujian juga dilakukan untuk melihat pengaruh hasil *retrieval* terhadap kualitas jawaban yang dihasilkan oleh LLM. Evaluasi ini dilakukan menggunakan beberapa metrik yang sesuai dengan masing-masing tahapan dalam pengujian. Dengan adanya skenario pengujian ini diharapkan dapat diperoleh gambaran yang jelas mengenai performa model khususnya pada bagian *retrieval* dan generasi jawaban.

3.9.1 Dataset Pengujian

Dataset yang digunakan dalam penelitian ini berupa kumpulan data teks yang berisi informasi mengenai destinasi wisata di Kabupaten Sumedang. Data tersebut mencakup berbagai atribut seperti nama wisata, deskripsi, lokasi, harga tiket, serta informasi pendukung lainnya. Dataset ini kemudian melalui tahap *preprocessing* sebelum digunakan dalam proses *embedding* dan *retrieval*. Selain itu, disiapkan pula sejumlah *query* uji yang merepresentasikan kebutuhan informasi pengguna. *Query* tersebut digunakan untuk menguji kemampuan model dalam menentukan dokumen yang relevan. Berikut ini merupakan contoh *query* yang akan digunakan dalam proses pengujian *retrieval*:

Tabel 12. Dataset Pengujian

Query	Dokumen Relevan
Wisata sumedang yang ada pemandian air panas?	["Cipanas Cileungsing"]
Berapa harga tiketnya?	["Cipanas Cileungsing"]

3.9.2 Skenario Pengujian Retrieval

Pengujian pada tahap *retrieval* dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan model dalam menemukan dokumen yang relevan terhadap *query*. Pada tahap ini, *query* yang telah direpresentasikan dalam bentuk vektor dibandingkan dengan vektor dokumen menggunakan metode *cosine similarity*. Model kemudian mengambil sejumlah dokumen dengan nilai *similarity* tertinggi yang memenuhi

batas minimum *similarity*. Pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil *retrieval* dari dua model *embedding* yang berbeda, yaitu *Jina Embeddings v3* dan BGE-M3. Hasil dari tahap ini akan dievaluasi menggunakan *Precision@k*, *Recall@k*, dan MRR.

3.9.3 Skenario Pengujian Pembentukan Jawaban

Pengujian pada tahap pembentukan jawaban dilakukan untuk mengevaluasi kualitas jawaban yang dihasilkan oleh model, berdasarkan dokumen hasil *retrieval*. Pada tahap ini, dokumen yang telah diperoleh dari hasil *retrieval* digunakan sebagai konteks untuk menghasilkan jawaban. Kualitas jawaban kemudian dievaluasi berdasarkan relevansi terhadap *query* serta kesesuaian dengan konteks dokumen. Evaluasi dilakukan menggunakan RAGAS yang berfokus pada penilaian kualitas jawaban generatif. Dengan demikian, pengujian ini bertujuan untuk melihat hubungan antara kualitas *retrieval* dan kualitas jawaban yang dihasilkan.

3.9.4 Parameter Pengujian

Beberapa parameter digunakan dalam proses pengujian untuk memastikan konsistensi hasil yang diperoleh. Parameter tersebut meliputi *query* atau pertanyaan uji, daftar dokumen yang relevan, jumlah dokumen yang diambil, nilai ambang batas *similarity*, serta model *embedding* yang digunakan. Selain itu parameter model generatif juga diperhatikan untuk menjaga konsistensi dalam proses generasi jawaban. Pengaturan parameter ini bertujuan untuk memastikan bahwa perbandingan antar model *embedding* dilakukan secara adil. Dengan demikian, hasil pengujian dapat merepresentasikan performa model secara objektif. Berikut merupakan contoh parameter yang digunakan dalam proses pengujian:

Tabel 13. Parameter Pengujian

No	Parameter	Nilai	Deskripsi
1	<i>Query</i>	Di Sumedang, wisata apa saja yang memiliki pemandian air panas?	Pertanyaan yang digunakan untuk menguji proses <i>retrieval</i> dan jawaban yang dihasilkan
2	Dokumen Relevan	["Cipanas Cileungsing"]	Dokumen yang dianggap relevan terhadap <i>query</i> sebagai acuan evaluasi

No	Parameter	Nilai	Deskripsi
3	<i>Top-K</i>	5	Jumlah dokumen teratas yang diambil berdasarkan nilai <i>similarity</i>
4	<i>Threshold Similarity</i>	0,5	Nilai minimum <i>similarity</i> untuk menentukan apakah dokumen dianggap relevan
5	Model <i>Embedding</i>	<i>Jina Embeddings v3</i>	Model yang digunakan untuk menghasilkan vektor (<i>Jina Embeddings v3</i> dan BGE-M3)
6	Model Generatif	<i>GPT-4o mini</i>	Model LLM yang digunakan untuk menghasilkan jawaban

3.10 Evaluasi Model

Evaluasi model dilakukan untuk mengukur performa dari setiap tahapan dalam pendekatan RAG yang dikembangkan. Pada penelitian ini, evaluasi difokuskan pada dua aspek utama, yaitu performa *retrieval* dan kualitas jawaban generatif. Evaluasi *retrieval* bertujuan untuk menilai kemampuan model dalam menemukan dokumen yang relevan terhadap *query*, sedangkan evaluasi generasi jawaban bertujuan untuk menilai kualitas respons yang dihasilkan oleh model. Untuk mengukur performa *retrieval*, digunakan metrik *Precision@K*, *Recall@K*, dan MRR. Ketiga metrik ini dipilih karena mampu memberikan gambaran yang komprehensif terkait ketepatan, kelengkapan, serta posisi dokumen relevan dalam hasil pencarian. Sementara itu, evaluasi terhadap kualitas jawaban dilakukan menggunakan RAGAS. Dengan kombinasi evaluasi ini, penelitian dapat menilai kinerja model secara menyeluruh.

3.10.1 Evaluasi Retrieval

Evaluasi pada tahap *retrieval* dilakukan untuk mengukur kemampuan model dalam menemukan dokumen yang relevan terhadap *query*. Pada penelitian ini, digunakan tiga metrik evaluasi, yaitu *Precision@K*, *Recall@K*, dan MRR. Berikut merupakan contoh proses perhitungan evaluasi *retrieval* yang dihasilkan oleh model *Jina Embeddings v3*:

Tabel 14. Evaluasi Retrieval

Query	Dokumen Relevan	Retrieved Documents	Similarity
Di Sumedang, wisata apa saja yang memiliki pemandian air panas?	["Cipanas Cileungsing"]	"Cipanas Cileungsing"	0.739723016861013
		"Cipacet"	0.61263960599899
		"Pesona Jatigede"	0.609870076179504
		"Samalengoh Camp"	0.608270878339193
		"Buricak Burinong"	0.600523638662862

1. Perhitungan *Precision@K*

Precision@K digunakan untuk mengukur proporsi dokumen relevan yang terdapat dalam K dokumen teratas hasil *retrieval*. Perhitungan *Precision@K* dirumuskan pada persamaan (2.2). Karena model mengambil 5 dokumen teratas (*Top-5*), dan terdapat 1 dokumen yang relevan, maka:

$$Precision@5 = \frac{1}{5} = 0,2$$

Nilai tersebut menunjukkan bahwa dari lima dokumen yang diambil oleh model, hanya satu dokumen yang relevan terhadap *query* yang diberikan.

2. Perhitungan *Recall@K*

Recall@K digunakan untuk mengukur seberapa banyak dokumen relevan yang berhasil ditemukan oleh model dalam K dokumen teratas dibandingkan dengan seluruh dokumen relevan yang tersedia. Perhitungan *Recall@K* dirumuskan pada persamaan (2.3). Berdasarkan data, diketahui bahwa total dokumen relevan adalah 1, dan model berhasil menemukan 1 dokumen relevan dalam 5 dokumen teratas. Maka, nilai *Recall@5* dapat dihitung sebagai berikut:

$$Recall@5 = \frac{1}{1} = 1$$

Nilai *Recall@5* sebesar 1 menunjukkan bahwa model berhasil menemukan seluruh dokumen yang relevan terhadap *query* dalam hasil *retrieval*.

3. Perhitungan MRR

Mean Reciprocal Rank (MRR) merupakan metrik yang digunakan untuk mengukur posisi dokumen relevan pertama dalam hasil *retrieval*. Metrik ini berfokus pada seberapa cepat model menemukan dokumen yang relevan terhadap

query. Perhitungan MRR dirumuskan pada persamaan (2.4). Misalkan digunakan dua contoh *query* sebagai berikut:

Tabel 15. Perhitungan MRR

No	Query	Posisi Dokumen Relevan
1	Di Sumedang, wisata apa saja yang memiliki pemandian air panas?	1
2	Berapa harga tiket masuk untuk pemandian air panas di Cileungsing, Sumedang?	2

Berdasarkan data, dokumen relevan pertama ditemukan pada posisi ke-1. Maka nilai *reciprocal rank* dapat dihitung sebagai berikut:

$$RR_1 = \frac{1}{1} = 1$$

$$RR_2 = \frac{1}{2} = 0,5$$

Karena contoh ini menggunakan dua *query*, maka nilai MRR, yaitu:

$$MRR = \frac{1 + 0,5}{2} = 0,75$$

Nilai MRR sebesar 0.75 menunjukkan bahwa secara rata-rata dokumen relevan muncul pada posisi yang cukup atas dalam hasil *retrieval*, meskipun tidak selalu berada pada posisi pertama.

3.10.2 Evaluasi Respons LLM

Selain evaluasi pada tahap *retrieval*, penelitian ini juga melakukan evaluasi terhadap kualitas jawaban yang dihasilkan oleh model. Evaluasi ini bertujuan untuk menilai sejauh mana jawaban yang dihasilkan relevan terhadap *query* serta sesuai dengan konteks dokumen yang digunakan. Dengan demikian, evaluasi tidak hanya berfokus pada kemampuan model dalam menemukan informasi, tetapi juga dalam menyajikan jawaban yang akurat dan kontekstual. Pada penelitian ini, evaluasi jawaban dilakukan menggunakan metode *Retrieval Augmented Generation Assessment*. Metode ini digunakan untuk menilai kualitas jawaban berdasarkan beberapa metrik, di antaranya *faithfulness* dan *answer relevancy*. *Faithfulness*

digunakan untuk mengukur kesesuaian jawaban dengan informasi yang terdapat dalam dokumen sumber, sedangkan *answer relevancy* digunakan untuk menilai tingkat kesesuaian jawaban terhadap pertanyaan pengguna. Berikut merupakan contoh hasil evaluasi generasi jawaban yang dihasilkan oleh model:

Tabel 16. Evaluasi Respons LLM

Komponen	Deskripsi
Query	Di Sumedang, wisata apa saja yang memiliki pemandian air panas?
Jawaban Model	“Wisata di Sumedang yang memiliki pemandian air panas adalah Pemandian Air Panas Cileungsing. Lokasi ini terletak di Desa Cilangkap, Kecamatan Buahdua, Kabupaten Sumedang, Jawa Barat, Indonesia. Pemandian ini populer di kalangan masyarakat dan wisatawan, terutama saat liburan atau akhir pekan. Selain mandi, pemandian ini juga bermanfaat untuk kesehatan.”
<i>Faithfulness</i>	1
<i>Answer Relevancy</i>	0,9395

Berdasarkan hasil tersebut, nilai *faithfulness* sebesar 1 menunjukkan bahwa jawaban yang dihasilkan sepenuhnya sesuai dengan informasi yang terdapat dalam dokumen sumber. Sementara itu, nilai *answer relevancy* sebesar 0.9395 menunjukkan bahwa jawaban memiliki tingkat kesesuaian yang sangat tinggi terhadap pertanyaan yang diberikan.