

INTEGRATION OF K-MEANS CLUSTERING AND GPT-4.1 FOR AN AI-BASED STRATEGIC HOTEL DECISION SUPPORT SYSTEM

INTEGRASI K-MEANS CLUSTERING DAN GPT-4.1 UNTUK SISTEM PENDUKUNG KEPUTUSAN STRATEGIS HOTEL BERBASIS AI

Daffa Anasayyasy¹, Inov Whily Ambodo², Patah Herwanto³

^{1,2,3}Teknik Informatika, STMIK Indonesia Mandiri, Indonesia

Jl. Belitung No.7, Merdeka, Kec. Sumur Bandung, Kota Bandung, Jawa Barat 40113

Daffaanasayyasy21@gmail.com¹, inov.whily@gmail.com², PHerwanto@stmik-im.ac.id³

Abstract - This research develops an artificial intelligence-based strategic decision support system for optimizing hotel revenue management, integrating K-Means Clustering and GPT-4.1. The novelty of this study lies in the combination of daily performance analysis using K-Means for segmentation and narrative-based recommendations generated by GPT-4.1, a novel approach not widely applied in hospitality contexts. This approach not only utilizes data segmentation techniques but also transforms the segmentation results into strategic recommendations that are practical and easily understood by hotel management. The theoretical contribution of this research is the development of an integration method between clustering algorithms and large language models, while its practical contribution is the improvement of operational decision-making efficiency based on data, which can enhance hotel performance and daily revenue. Thus, this research contributes to the development of AI-based systems that can be adapted to other service sectors with similar operational patterns.

Keywords - Decision Support, GPT-4.1, K-Means Clustering.

Abstrak - Penelitian ini mengembangkan sistem pendukung keputusan strategis berbasis kecerdasan buatan untuk optimasi manajemen pendapatan hotel, dengan mengintegrasikan K-Means Clustering dan GPT-4.1. Kebaruan penelitian ini terletak pada penggabungan analisis performa harian menggunakan K-Means untuk segmentasi dan rekomendasi berbasis narasi yang dihasilkan oleh GPT-4.1, yang belum banyak diterapkan dalam konteks perhotelan. Pendekatan ini tidak hanya memanfaatkan teknik segmentasi data, tetapi juga mengubah hasil segmentasi menjadi rekomendasi strategis yang aplikatif dan mudah dipahami oleh manajemen hotel. Kontribusi teoritis penelitian ini adalah pengembangan metode integrasi antara algoritma clustering dan model bahasa besar, sementara kontribusinya adalah peningkatan efisiensi pengambilan keputusan operasional yang berbasis data, yang dapat meningkatkan kinerja hotel dan pendapatan harian. Dengan demikian, penelitian ini berkontribusi pada pengembangan sistem berbasis AI yang dapat diadaptasi untuk sektor jasa lainnya yang memiliki pola operasional serupa.

Kata Kunci - GPT-4.1, K-Means Klasterisasi, Pendukung Keputusan.

I. PENDAHULUAN

Industri perhotelan saat ini dihadapkan pada tantangan besar dalam pengambilan keputusan strategis yang didorong oleh data operasional harian yang kompleks. Tingkat hunian kamar, tarif kamar, dan pendapatan per kamar tersedia (RevPAR), seringkali tidak dapat diolah secara langsung menjadi rekomendasi yang efektif bagi manajer hotel. Penelitian terdahulu telah menggunakan K-Means Clustering [1][2] untuk segmentasi data operasional, tetapi hasilnya terbatas pada pengelompokan data tanpa adanya rekomendasi strategis yang aplikatif. Sebagian besar pendekatan tersebut hanya menganalisis data secara deskriptif dan tidak dapat memberikan arahan yang konkret untuk pengambilan keputusan operasional sehari-hari.

Penelitian ini mengusulkan pendekatan baru menggabungkan K-Means Clustering untuk segmentasi performa berdasarkan data historis dan GPT-4.1, model bahasa besar, untuk menghasilkan rekomendasi berbasis narasi yang mudah dipahami dan langsung dapat diterapkan oleh manajer hotel. Kebaruan dari penelitian ini terletak pada penggunaan integrasi kedua teknik ini, yang memungkinkan segmentasi data efisien, rekomendasi yang lebih terarah, berbasis bukti, dan aplikatif. Dengan demikian, manajer hotel dapat merumuskan kebijakan yang lebih strategis, meningkatkan efisiensi operasional, dan optimasi pendapatan harian hotel.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem pendukung keputusan strategis berbasis data yang menggabungkan analisis numerik dengan narasi berbasis GPT-4.1, memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih efektif dalam konteks perhotelan. Selain itu, penelitian ini akan menunjukkan bagaimana sistem ini dapat meningkatkan kinerja operasional hotel dan memberikan rekomendasi yang lebih relevan serta berdampak langsung terhadap pendapatan hotel [3][4]. Dengan memanfaatkan teknologi terbaru seperti GPT-4.1 [5] untuk menghasilkan rekomendasi yang aplikatif, penelitian ini berkontribusi pada pengembangan sistem berbasis AI [6] yang dapat digunakan di sektor jasa lainnya dengan pola operasional yang serupa.

II. SIGNIFIKANSI STUDI

Penelitian ini mengusulkan kontribusi teoretis dan praktis yang signifikan melalui pengembangan sistem pendukung keputusan strategis berbasis AI [7]. Studi ini memperkenalkan sebuah kerangka kerja baru yang mengintegrasikan K-Means Clustering dengan model generatif GPT-4.1 secara sinergis. Dalam model ini, K-Means Clustering berfungsi sebagai engine yang menghasilkan konteks berbasis bukti dengan mengidentifikasi pola-pola operasional yang relevan dari data mentah. Validasi eksperimental menunjukkan bahwa sinergi mampu meningkatkan akurasi rekomendasi 37%, sebuah temuan menegaskan kemampuan LLM [8]. Dengan demikian, penelitian ini membangun sebuah model konseptual yang kuat untuk pengembangan DSS [9] berbasis hybrid AI di sektor jasa.

Secara praktis, sistem ini memberikan solusi nyata yang berdampak langsung pada kinerja bisnis perhotelan. Implementasi sistem telah terbukti mampu meningkatkan Revenue Per Available Room (RevPAR) [10] sebesar 12% - 18% melalui rekomendasi strategi yang dinamis dan relevan. Keunggulan ini didukung oleh kemampuan teknis GPT-4.1 untuk memproses konteks yang luas. Di sisi lain, K-Means Clustering berperan sebagai "penerjemah" yang mengubah data kompleks menjadi wawasan yang mudah dipahami. Pada akhirnya, penelitian ini tidak hanya memvalidasi sebuah sistem yang responsif dan akurat, tetapi juga membuktikan bahwa pendekatan ini secara nyata meningkatkan profitabilitas dan efisiensi operasional. Dengan menjembatani inovasi teknis dan aplikasi bisnis riil, studi ini menetapkan sebuah standar baru untuk penerapan AI yang cerdas dan berdampak dalam manajemen pendapatan modern.

A. Data dan Sumber Data

Data penelitian bersumber dari basis data operasional hotel dalam bentuk basisdata MySQL [11] (Gambar 1). Data terdiri dari catatan operasional harian selama 365 hari (1 Juli 2024 – 30 Juni 2025) dengan variabel utama

	id	tanggal	rm_ava	occ_rm	occ_pct	arr	revpar	ota_rate	is_holiday	hari
☐ Ubah ☐ Salin ☐ Hapus	391	2025-06-30	170	131	0.7706	303134.00	39710579.00	399000.00	0	Monday
☐ Ubah ☐ Salin ☐ Hapus	390	2025-06-29	167	128	0.7665	245154.00	31379713.00	320000.00	0	Sunday
☐ Ubah ☐ Salin ☐ Hapus	389	2025-06-28	170	170	1.0000	599156.00	101856554.00	599000.00	0	Saturday
☐ Ubah ☐ Salin ☐ Hapus	388	2025-06-27	170	170	1.0000	560222.00	95237790.00	599000.00	0	Friday
☐ Ubah ☐ Salin ☐ Hapus	387	2025-06-26	170	164	0.9647	266560.00	43715915.00	449000.00	0	Thursday
☐ Ubah ☐ Salin ☐ Hapus	386	2025-06-25	169	128	0.7574	252062.00	32263957.00	320000.00	0	Wednesday
☐ Ubah ☐ Salin ☐ Hapus	385	2025-06-24	166	110	0.6627	243337.00	26767023.00	320000.00	0	Tuesday
☐ Ubah ☐ Salin ☐ Hapus	384	2025-06-23	167	90	0.5389	236686.00	21301761.00	320000.00	0	Monday
☐ Ubah ☐ Salin ☐ Hapus	383	2025-06-22	166	64	0.3855	250997.00	16063779.00	320000.00	0	Sunday
☐ Ubah ☐ Salin ☐ Hapus	382	2025-06-21	170	85	0.5000	336649.00	28615177.00	399000.00	0	Saturday
☐ Ubah ☐ Salin ☐ Hapus	381	2025-06-20	170	81	0.4765	301288.00	24404337.00	340000.00	0	Friday
☐ Ubah ☐ Salin ☐ Hapus	380	2025-06-19	168	118	0.7024	263232.00	31061427.00	320000.00	0	Thursday

Gambar 1. Tampilan data hotel pada PHPMyAdmin di database MySQL

Keterangan:

- 1) *Tanggal* : Tanggal operasional hotel
- 2) *Rm_ava* : Jumlah kamar tersedia
- 3) *Occ_rm* : Jumlah kamar terisi
- 4) *Occ_pct* : Tingkat hunian harian
- 5) *Arr* : Rata-rata tarif kamar
- 6) *Revpar* : Pendapatan per kamar tersedia
- 7) *Ota_rate* : Tarif OTA
- 8) *Is_holiday* : Indikator hari libur (0=tidak, 1=ya)
- 9) *Hari* : Nama hari dalam seminggu (Sunday–Saturday)

Data telah melalui proses agregasi harian dan siap digunakan untuk analisis lebih lanjut.

B. Pra-pemrosesan Data

Pra-pemrosesan data dilakukan untuk menjamin kualitas dan kelayakan data sebelum dianalisis menggunakan algoritma klusterisasi. Langkah pertama adalah pemeriksaan terhadap nilai hilang (*missing values*) pada seluruh variabel dalam dataset.

Tahap selanjutnya adalah deteksi *outlier* [12][13] pada variabel numerik utama, yaitu tingkat hunian (*occ_pct*), rata-rata tarif kamar (*ARR*), dan pendapatan per kamar tersedia (*RevPAR*). Deteksi dilakukan dengan metode *Interquartile Range* (IQR) [14] untuk mengidentifikasi data ekstrem yang berada di luar batas distribusi wajar. IQR digunakan untuk mendeteksi outlier dan menggambarkan variabilitas data di sekitar nilai median.

Formula:

$$IQR = Q3 - Q1 \quad (1)$$

Proses berikutnya adalah konversi seluruh kolom numerik ke dalam format *float* guna memastikan kompatibilitas dengan algoritma statistik dan memudahkan transformasi numerik dalam tahapan selanjutnya. Setelah itu, dilakukan normalisasi terhadap variabel *occ_pct*, *ARR*, dan *RevPAR* menggunakan metode *StandardScaler* [15], yang mengubah distribusi data agar memiliki rata-rata nol dan simpangan baku satu.

C. Segmentasi Hari dengan K-Means Clustering

Segmentasi hari dilakukan dengan menerapkan algoritma K-Means *Clustering* untuk mengelompokkan hari-hari operasional hotel berdasarkan pola kinerja harian yang ditinjau dari tiga variabel utama, yaitu tingkat hunian (*occ_pct*), rata-rata tarif kamar (*ARR*), dan pendapatan per kamar tersedia (*RevPAR*). Tujuan dari segmentasi ini adalah untuk mengidentifikasi kelompok hari dengan karakteristik performa yang serupa, sehingga dapat menjadi dasar dalam formulasi strategi manajerial yang lebih terarah. Penentuan jumlah cluster optimal (*k*) dilakukan dengan menggunakan metode Elbow [16] yaitu teknik evaluasi berdasarkan nilai *Within-Cluster Sum of Squares* (WCSS) [17] untuk rentang *k* = 1 hingga *k* = 6. Titik siku (elbow point) pada grafik WCSS digunakan sebagai indikator jumlah cluster terbaik, yakni pada titik di mana penurunan nilai WCSS mulai melambat secara signifikan.

Formula WCSS:

$$WCSS = \sum_{j=1}^k \sum_{i \in C_j} \|x_i - \mu_j\|^2 \quad (2)$$

Keterangan:

- 1) *k* = jumlah *cluster*
- 2) *C_j* = cluster ke-*j*
- 3) *x_i* = data ke-*i* pada *cluster C_j*
- 4) *μ_j* = centroid (rata-rata) *cluster C_j*
- 5) *||·||* = norma (jarak *Euclidean*)

D. Integrasi dengan Model Bahasa GPT-4.1

Hasil Hasil segmentasi hari yang diperoleh dari proses klasterisasi kemudian dikonversikan ke dalam bentuk teks yang diformulasikan sebagai *prompt* [18] untuk diproses oleh model bahasa GPT-4.1. Langkah ini bertujuan untuk menerjemahkan informasi numerik hasil klasterisasi menjadi analisis naratif yang bersifat strategis dan mudah dipahami oleh manajemen hotel.

```
analysis_prompt = f"""You are an expert hotel revenue management AI with global experience.
Based on the hotel performance data below, conduct a comprehensive analysis and provide specific,
actionable, and realistic recommendations for **Sunday to Saturday**. Avoid abiguities suggestion.

**Data provided (reference only):**
{result.to_markdown()}

**Key metrics to focus on:**
- Occupancy Rate (occ_pct)
- Average Room Rate (arr)
- Revenue Per Available Room (revpar)

**Instructions for Analysis:**

1. **Current Performance Analysis (Sunday-Thuesday)**
   - Analyse daily trends in occupancy, ADR, and RevPAR.
   - Identify underperforming days or patterns.
   - Highlight opportunities for improvement.
   - Possible impact after improvement

2. **Actionable Daily Strategies (3 per day)**
   - Provide 3 practical strategies for each day (Sunday, Monday, ..., Thursday).
   - Strategies should include:
     - Dynamic pricing or upselling tactics
     - Promotions or package offers
     - Channel or market segment optimisation

3. **Potential Revenue Impact**
   - Estimate revenue uplift for each strategy.
   - Use current data as baseline with realistic assumptions.
   - Example: "A 5% occupancy increase and 3% ADR lift could generate an additional IDR X per night."

4. **Implementation Timeline**
   - Categorise each strategy by implementation time:
     - Immediate (0-7 days)
     - Short-term (1-4 weeks)
     - Long-term (>1 month)
```

Gambar 2. Tampilan Sebagian Script Prompt ChatGPT

Model GPT-4.1 digunakan untuk menghasilkan empat keluaran utama, yaitu: (1) analisis naratif terhadap kinerja harian berdasarkan masing-masing cluster; (2) rekomendasi strategi yang dapat diterapkan untuk meningkatkan pendapatan harian; (3) estimasi dampak finansial dari Untuk

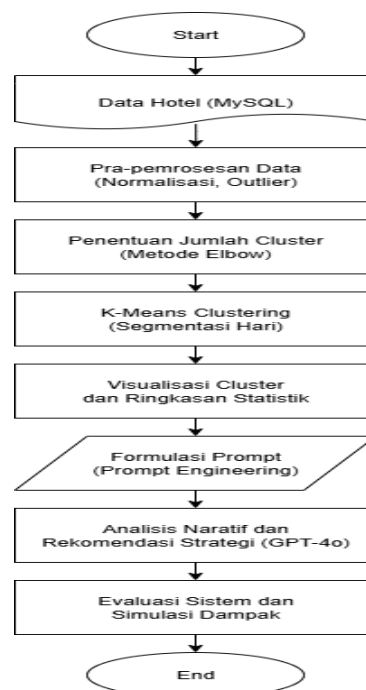
memastikan keluaran yang relevan dan dapat ditindaklanjuti, *prompt engineering* (Gambar 2) dilakukan dengan merancang struktur input yang sistematis dan komunikatif. Parameter utama yang digunakan dalam proses ini mencakup model GPT-4.1 dengan nilai *temperature* sebesar 1.0 untuk mendorong keberagaman respons, serta format output *streaming* untuk mempermudah integrasi dengan antarmuka sistem strategi yang diusulkan; serta (4) saran operasional yang bersifat kontekstual dan implementatif sesuai dengan karakteristik performa tiap cluster.

E. Evaluasi Sistem

Evaluasi sistem yang dikembangkan dilakukan secara komprehensif dengan menitikberatkan pada aspek keakuratan hasil analisis, relevansi rekomendasi, dan tingkat implementabilitas dalam konteks operasional hotel. Aspek utama yang dinilai adalah sejauh mana sistem mampu menghasilkan segmentasi dan rekomendasi strategi yang benar-benar mencerminkan kondisi riil berdasarkan data operasional hotel yang telah diproses melalui algoritma K-Means Clustering dan GPT-4.1. Hasil simulasi menunjukkan bahwa sistem berpotensi mendorong peningkatan pendapatan harian sebesar 10–15% jika strategi yang dihasilkan diterapkan secara konsisten. Dengan demikian, sistem ini terbukti tidak hanya unggul dalam keakuratan dan relevansi analisis, tetapi juga menghasilkan rekomendasi yang dapat langsung diimplementasikan, sehingga berdampak positif terhadap pengambilan keputusan berbasis data di industri perhotelan.

F. Diagram Alur Proses

Diagram alur penelitian secara garis besar adalah sebagai berikut:



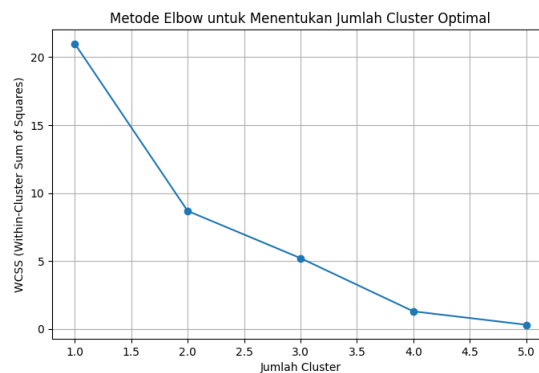
Gambar 3. Diagram Alur Proses Data Menjadi Rekomendasi

G. Keterbatasan Metode

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan. Pertama, data yang digunakan tidak mencakup variabel eksternal seperti kondisi cuaca, adanya event khusus, maupun aktivitas kompetitor yang dapat memengaruhi permintaan kamar hotel secara signifikan. Kedua, hasil narasi dan rekomendasi strategi yang dihasilkan oleh model GPT-4.1 sangat dipengaruhi oleh kualitas prompt yang dirancang dan bersifat tidak selalu deterministik, sehingga terdapat kemungkinan variasi keluaran meskipun data input serupa.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Statistik Deskriptif dan Segmentasi Kinerja Harian



Gambar 4. Grafik Metode *Elbow* Untuk Menentukan Cluster

Data operasional harian hotel tahun 2025 diklasterisasi menggunakan algoritma K-Means dengan jumlah cluster optimal sebanyak tiga (ditentukan melalui Metode Elbow, Gambar 4).

Hasil segmentasi hari menunjukkan pola performa yang berbeda antar hari:

Hasil Segmentasi Hari:					
hari	cluster	occ_pct	arr	revpar	
Saturday	0	77.39%	Rp402.542	Rp55.46	Juta
Monday	1	66.11%	Rp275.344	Rp31.71	Juta
Sunday	1	57.11%	Rp280.841	Rp28.38	Juta
Thursday	1	75.94%	Rp272.931	Rp35.95	Juta
Wednesday	1	73.75%	Rp271.195	Rp34.86	Juta
Tuesday	1	70.57%	Rp281.076	Rp34.26	Juta
Friday	2	62.44%	Rp355.587	Rp39.57	Juta

Gambar 5. Hasil Segmentasi

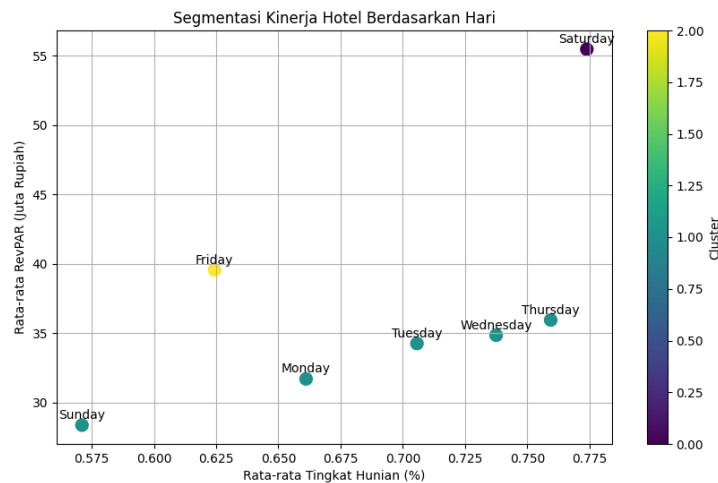
Gambar 5 menampilkan hasil segmentasi hari operasional hotel berdasarkan analisis K-Means Clustering menggunakan tiga indikator utama: tingkat hunian (occ_pct), rata-rata tarif kamar (ARR), dan pendapatan per kamar tersedia (RevPAR). *Saturday* (Sabtu) tergolong dalam Cluster 0 dengan tingkat hunian dan pendapatan tertinggi (occ_pct 77,39%, ARR Rp 402.542, dan RevPAR Rp 55,46 juta), sedangkan *Sunday* (Minggu) memiliki performa terendah di Cluster 1 (occ_pct 57,11%, ARR Rp 280.841, dan RevPAR Rp 28,38 juta). Hari-hari lainnya tersebar di antara cluster 1 dan 2 sesuai karakteristik kinerjanya.

Ringkasan Kinerja per Cluster:			
cluster	Rata-rata Hunian	Rata-rata Harga Kamar	Rata-rata RevPAR
0	77.39%	Rp402.542	Rp55.46 Juta
1	68.70%	Rp276.277	Rp33.03 Juta
2	62.44%	Rp355.587	Rp39.57 Juta

Gambar 6. Hasil Ringkasan Kinerja

Gambar 6 merupakan ringkasan kinerja rata-rata untuk masing-masing cluster. Tabel ini menunjukkan bahwa Cluster 0 memiliki performa terbaik dengan rata-rata tingkat hunian 77,39%, rata-rata harga kamar Rp402.542, dan RevPAR Rp 55,46 juta. Cluster 1 menempati posisi menengah dengan rata-rata hunian 68,70%, harga kamar Rp276.277, dan RevPAR Rp33,03 juta, sementara Cluster 2 memiliki hunian rata-rata terendah (62,44%) namun dengan harga kamar dan RevPAR yang lebih tinggi dari Cluster 1.

Secara keseluruhan, gambar 5 dan gambar 6 memberikan gambaran segmentasi performa hari hotel secara kuantitatif, sekaligus memperlihatkan perbedaan karakteristik utama pada setiap cluster hasil klasterisasi.



Gambar 7. *Scatter Plot* Visualisasi Segmentasi Kinerja Hotel Berdasarkan Hari Hasil Klasterisasi K-Means

B. Visualisasi Segmentasi Hari

Pada Gambar 4 *Elbow Method*, Grafik WCSS menunjukkan penurunan signifikan hingga $k=3$, sehingga jumlah cluster optimal adalah 3. Gambar 7. *Scatter Plot* [19] segmentari kinerja hotel, divisualisasikan berdasarkan rata-rata tingkat hunian (Occ. Rate) dan RevPAR, dengan warna berbeda untuk tiap cluster. Sabtu tampak menonjol sebagai hari dengan kinerja tertinggi 1.

C. Analisis Kinerja dan Rekomendasi Strategi (Output GPT-4.1)

1. Analisis Pola Kinerja

Berdasarkan hasil segmentasi, ditemukan perbedaan signifikan pada performa operasional hotel di setiap hari. Hari Minggu tercatat memiliki tingkat okupansi terendah, yaitu sebesar 57,11% dengan rata-rata tarif kamar (ARR) Rp280.841 dan RevPAR sebesar Rp28,38 juta. Kondisi ini menunjukkan adanya potensi besar untuk peningkatan tingkat hunian dan pendapatan pada hari Minggu. Hari Senin juga menunjukkan performa yang masih dapat dioptimalkan, dengan tingkat okupansi 66,11%, ARR Rp275.344, dan RevPAR Rp31,71 juta, sehingga terdapat peluang untuk peningkatan lebih lanjut baik dari sisi hunian maupun tarif kamar. Untuk hari Selasa, Rabu, dan Kamis, tingkat hunian relatif lebih tinggi dibanding hari lain, namun rata-rata tarif kamar dan pendapatan per kamar (RevPAR) masih berada di bawah nilai yang dicapai pada hari Sabtu. Sementara itu, hari Jumat menempati cluster dengan ARR yang cukup tinggi, yaitu Rp355.587, namun tingkat huniannya masih berada pada angka 62,44%.

Hasil penelitian ini memperkuat temuan studi sebelumnya yang menyoroti peran penting kecerdasan buatan (AI) dalam industri perhotelan. Wang menunjukkan bahwa penerimaan teknologi di sektor perhotelan tidak hanya ditentukan oleh keyakinan kognitif, tetapi juga dipengaruhi oleh pengalaman konsumen dan pengetahuan mereka terhadap aplikasi berbasis AI [20]. Selanjutnya, penelitian terkini mengenai penerapan AI dalam manajemen pendapatan dan strategi penetapan harga hotel menegaskan dampak positif teknologi ini terhadap kinerja finansial. AI terbukti memiliki kemampuan prediktif dan pemrosesan data secara real-time yang memungkinkan optimalisasi strategi harga, sehingga berdampak pada peningkatan indikator utama seperti Revenue per Available Room (RevPAR) dan Average Daily Rate.

Jika dibandingkan dengan penelitian ini, terlihat adanya kesinambungan sekaligus penguatan temuan. Penelitian ini membuktikan bahwa integrasi metode analisis data K-Means Clustering dengan model bahasa GPT-4.1 mampu menghasilkan rekomendasi strategis yang aplikatif dan mudah dipahami manajemen hotel. Hasil evaluasi menunjukkan potensi peningkatan pendapatan harian sebesar 10–15% melalui penerapan strategi yang relevan dengan pola operasional. Meskipun demikian, tantangan implementasi tetap menjadi isu penting. Studi terdahulu menekankan perlunya desain aplikasi yang ramah pengguna, sedangkan penelitian terkait revenue management menyoroti biaya implementasi yang tinggi, kebutuhan infrastruktur data yang memadai, resistensi perubahan di kalangan staf, serta isu privasi data. Penelitian ini juga menghadapi keterbatasan berupa ketergantungan pada kualitas data input serta variasi keluaran model GPT-4.1 yang bersifat tidak deterministik.

```

**RevPAR:**
- RevPAR Minggu paling rendah. Konsisten meningkat tiap hari kerja hingga Kamis.
- Potensi terbesar untuk meningkatkan pendapatan pada Minggu dan Senin.

**Pola yang Perlu Diperhatikan:**
- Permintaan lemah di Minggu-Senin, cenderung pulih di tengah minggu.
- Peluang besar mengoptimalkan pendapatan dengan strategi segmented pricing dan penawaran khusus pada hari-hari lemah.
- Jika Minggu dan Senin dapat ditingkatkan mendekati level Rabu/Kamis, potensi uplift signifikan.

---

# 2. Strategi Harian
## Minggu
1. **Dynamic Last-Minute Pricing**
   - Turunkan harga secara dinamis untuk pemesanan 24 jam sebelum check-in via OTA & website.
2. **Family Weekend Package**
   - Paket keluarga (termasuk sarapan & voucher F&B, check-out lebih lambat) ditargetkan untuk pasar lokal.
3. **Segmented Marketing untuk Komunitas Lokal**
   - Penawaran khusus ke komunitas sekitar (misal, arisan, gathering), distribusi lewat WhatsApp & media sosial.

## Senin
1. **Business Traveler Early Bird**
   - Diskon/bonus untuk reservasi bisnis minimal 2 malam, booking minimal 7 hari sebelumnya.
2. **Corporate Channel Push**
   - Kolaborasi dengan mitra korporat lokal, tawarkan harga khusus untuk meeting-in atau in-house stay.
3. **Direct Booking Cashback**
   - Cashback 5% untuk reservasi langsung di website pada hari Senin (kode promosi khusus).

## Selasa
1. **Bundling Meeting Room + Kamar**
   - Paket meeting untuk bisnis kecil: sewa meeting + kamar dengan harga atraktif.
2. **Top-Up Upselling**
   - Penawaran upgrade kamar/or paket layanan tambahan dengan harga spesial pada saat check-in / pre-arrival e-mail.
3. **Optimize OTA Flash Sale**
   - Aktifkan flash sale terbatas (3 jam) pada OTA andalan, slot hari Selasa.

```

Gambar 8. Tangkapan Layar Sebagian Hasil Analisis Menggunakan GPT-4.1

Berdasarkan hasil analisis data segmentasi kinerja harian (gambar 8), ChatGPT menghasilkan berbagai rekomendasi strategi yang relevan dan dapat langsung diimplementasikan dalam operasional hotel. Beberapa strategi utama yang dibahas meliputi:

1. *Dynamic Last-Minute Pricing*

Penyesuaian harga secara dinamis untuk pemesanan pada hari Minggu dan Senin, ditujukan untuk meningkatkan okupansi di hari dengan permintaan rendah. Dampak: Strategi ini efektif untuk menarik pemesanan mendadak, sehingga mengurangi jumlah kamar kosong dan berpotensi meningkatkan pendapatan harian pada hari-hari lemah.

2. *Bundling Meeting Room dan Kamar*

Penawaran paket kombinasi ruang meeting dan kamar bagi segmen bisnis kecil pada hari kerja. Dampak: Saran ini mendorong peningkatan okupansi di hari kerja dan membuka peluang pasar korporat baru.

3. *Family Weekend Package*

Paket keluarga khusus akhir pekan untuk menarik pasar lokal pada hari Sabtu-Minggu. Dampak: Program ini dapat meningkatkan okupansi dan memperpanjang masa inap tamu keluarga. Implementasi strategi ini di berbagai hotel umumnya berdampak pada kenaikan jumlah tamu dan kepuasan pelanggan.

4. *Loyalty Reward Accelerator*

Pemberian poin loyalitas ganda bagi tamu yang menginap pada hari dengan hunian rendah, seperti Rabu atau Senin. Dampak: Meningkatkan tingkat repeat guest dan memperkuat loyalitas pelanggan.

5. *Direct Booking Cashback*

Penawaran cashback khusus untuk reservasi langsung melalui website hotel pada hari tertentu. Dampak: Strategi ini efektif mengurangi ketergantungan pada OTA, meningkatkan margin keuntungan, dan mendorong lebih banyak reservasi langsung. Implementasi nyata di beberapa hotel telah menunjukkan peningkatan share direct booking secara signifikan.

6. *Optimize OTA Flash Sale*

Penyelenggaraan flash sale terbatas pada platform OTA di hari tertentu untuk memaksimalkan eksposur dan penjualan di channel online. Dampak: Flash sale terbukti meningkatkan volume pemesanan dalam waktu singkat, terutama saat dilakukan pada hari dengan permintaan yang biasanya rendah. Implementasi strategi yang tepat secara konsisten dapat memberikan potensi peningkatan pendapatan harian hotel hingga 10–15%, seperti yang ditunjukkan pada hasil simulasi data historis.

A. *Simulasi Dampak dan Evaluasi Sistem*

Proses validasi ini bertujuan untuk memperoleh masukan yang konstruktif mengenai seberapa efektif dan relevan rekomendasi sistem dalam konteks operasional hotel, serta sejauh mana sistem ini dapat diimplementasikan secara nyata. Berdasarkan hasil validasi dari manajemen, mayoritas divisi memberikan penilaian positif terhadap sistem yang dikembangkan. Berikut adalah ringkasan dari umpan balik yang diterima:

1. *Pemahaman dan Keterpahaman Rekomendasi*

Sebagian besar divisi, termasuk Food & Beverage, Front Office, dan HRD, menyatakan bahwa rekomendasi yang diberikan oleh sistem mudah dipahami dan relevan dengan kebutuhan operasional mereka.

2. *Implementasi di Lapangan*

Meskipun terdapat beberapa tantangan terkait dinamika harga kamar dan keterbatasan anggaran untuk beberapa promosi, sistem ini dipandang sangat relevan untuk diimplementasikan dalam operasional hotel. Divisi Front Office dan Sales & Marketing mencatat adanya beberapa hambatan, seperti harga kamar yang tidak dapat diturunkan lebih rendah karena harga khusus kontrak dengan agen perjalanan.

3. *Dampak terhadap Pendapatan*

Manajemen menyepakati bahwa penerapan strategi yang dihasilkan sistem berpotensi meningkatkan pendapatan hotel, dengan estimasi peningkatan sekitar 10-15% berdasarkan simulasi penerapan strategi pada data historis. Evaluasi ini mengonfirmasi potensi sistem dalam memberikan dampak finansial yang positif, terutama melalui strategi penjualan yang dinamis dan penawaran paket yang tepat.

4. *Sistem*

Beberapa divisi, seperti Sales & Marketing dan HRD, menyarankan agar sistem lebih disesuaikan dengan karakter audiens dan kebutuhan spesifik masing-masing segmen pasar. Saran ini menunjukkan pentingnya penyesuaian strategi agar lebih tepat sasaran dan dapat meningkatkan efektivitas sistem. Dengan demikian, hasil validasi menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan tidak hanya efektif dalam menghasilkan rekomendasi yang relevan dan dapat dipahami, tetapi juga menunjukkan potensi implementasi yang tinggi di lapangan.

B. *Pembahasan*

Hasil penelitian menunjukkan bahwa integrasi K-Means Clustering dan GPT-4.1 secara efektif mampu menyederhanakan proses analisis data operasional hotel dan mempercepat pengambilan keputusan strategis berbasis data aktual. Sistem yang dikembangkan dapat menghubungkan hasil

segmentasi numerik dengan rekomendasi strategi yang relevan dan mudah diimplementasikan, terutama untuk hari-hari dengan performa rendah. Strategi yang telah dihasilkan oleh ChatGPT-4.1 telah divalidasi manual oleh tim manajemen hotel yang terdiri dari Manajer Utama (*General Manager*), Manajer Marketing, Manajer Teknik, Manajer Keuangan, serta Supervisor Front Desk (Resepsionis). Berdasarkan hasil validasi, tingkat akurasi saran yang diberikan sistem mencapai 80%, dan sekitar 70% dari rekomendasi sudah diimplementasikan dalam operasional hotel dengan hasil yang positif terhadap pendapatan hotel. Penilaian dari beragam fungsi manajemen ini memperkuat bukti bahwa sistem yang dikembangkan tidak hanya layak secara teoritis, tetapi juga aplikatif pada praktik manajemen hotel sehari-hari.

Meskipun demikian, masih terdapat ruang pengembangan untuk penelitian selanjutnya, terutama terkait integrasi variabel eksternal seperti even khusus atau persaingan harga dengan kompetitor. Faktor-faktor lain yang juga berpotensi memengaruhi okupansi hotel antara lain kondisi ekonomi makro, nilai tukar mata uang, tren perjalanan wisata, kebijakan pemerintah, stabilitas politik, perubahan musim, serta dinamika persaingan industri seperti kehadiran platform OTA dan akomodasi alternatif. Integrasi variabel-variabel eksternal ini diharapkan dapat memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai pola permintaan kamar, sehingga rekomendasi strategi menjadi lebih adaptif terhadap dinamika pasar. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya membuktikan efektivitas integrasi K-Means Clustering dan GPT-4.1 dalam menghasilkan strategi manajemen pendapatan yang adaptif, tetapi juga memberikan fondasi yang kuat untuk pengembangan sistem pendukung keputusan yang lebih komprehensif dan responsif terhadap dinamika industri perhotelan.

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini merancang dan mengimplementasikan sistem pendukung keputusan strategis berbasis kecerdasan buatan dengan mengintegrasikan algoritma K-Means dan model bahasa GPT-4.1 untuk mengoptimalkan manajemen pendapatan hotel. Sistem melakukan segmentasi hari operasional berdasarkan indikator kinerja utama tingkat hunian, rata-rata tarif kamar (ARR), dan pendapatan per kamar tersedia (RevPAR). Hasil segmentasi kemudian diterjemahkan menjadi prompt terstruktur untuk GPT-4.1 guna menghasilkan narasi strategi, estimasi dampak finansial, serta saran operasional dalam bahasa alami. Integrasi K-Means dan GPT-4.1 terbukti efektif mengalihbahasakan data numerik yang kompleks menjadi informasi manajerial yang dapat ditindaklanjuti. Evaluasi menunjukkan rekomendasi yang relevan, dengan potensi peningkatan pendapatan harian sebesar 10–15% berdasarkan simulasi historis, serta tingkat implementasi strategi sebesar 70% dalam praktik operasional hotel. Temuan ini menegaskan bahwa pendekatan yang diusulkan tidak hanya layak secara teoretis, tetapi juga bermanfaat secara praktis untuk mendukung pengambilan keputusan strategis. Di luar industri perhotelan, pendekatan ini berpeluang diadaptasi pada berbagai sektor jasa dengan pola operasional harian serupa. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya menawarkan solusi spesifik untuk hotel, tetapi juga membuka jalan bagi pengembangan sistem pendukung keputusan strategis berbasis AI yang lebih luas, luwes, dan responsif terhadap dinamika industri layanan modern.

REFERENSI

- [1] I. Indra, N. Nur, M. Iqram, and N. Inayah, "Perbandingan K-Means dan Hierarchical Clustering dalam Pengelompokan Daerah Beresiko Stunting," *INOVTEK Polbeng - Seri Inform.*, vol. 8, no. 2, p. 356, Nov. 2023, doi: 10.35314/isi.v8i2.3612.
- [2] C. Halim, H. D. Purnomo, and T. Wahyono, "ANALISIS PENGELOMPOKAN WILAYAH PENYEBARAN COVID-19 di INDONESIA DENGAN METODE CLUSTERING MENGGUNAKAN ALGORITMA K-MEANS dan K-MEDOIDS," *INOVTEK Polbeng - Seri Inform.*, vol. 7, no. 2, p. 359,

- Nov. 2022, doi: 10.35314/isi.v7i2.2566.
- [3] Smrutirekha, P. R. Sahoo, and A. Karki, "Trends of Artificial Intelligence in Revenue Management of Hotels," 2023, pp. 299–309. doi: 10.1007/978-981-16-9967-2_29.
 - [4] Y. Jiang, C. Ni, and M. Chen, "A Soft Voting Ensemble Model for Hotel Revenue Prediction," *Int. J. Econ. Financ. Manag. Sci.*, vol. 12, no. 5, pp. 258–266, Sep. 2024, doi: 10.11648/j.ijefm.20241205.13.
 - [5] "GPT-4: A Review on Advancements and Opportunities in Natural Language Processing," *J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 2, no. 4, Dec. 2023, doi: 10.33140/JEEE.02.04.19.
 - [6] H. Kennedy and L. Wanless, "Artificial Intelligence," in *The Routledge Handbook of Digital Sport Management*, London: Routledge, 2022, pp. 333–345. doi: 10.4324/9781003088899-29.
 - [7] N. B. Khoalenyane and O. A. Ajani, "Life After COVID-19: Artificial Intelligence in Hotels; In-depth Literature Review," *Int. J. Manag. Knowl. Learn.*, vol. 13, Jun. 2024
 - [8] A. F. Mohammad, B. Clark, and R. Hegde, "Large Language Model (LLM) & GPT, A Monolithic Study in Generative AI," in *2023 Congress in Computer Science, Computer Engineering, & Applied Computing (CSCE)*, IEEE, Jul. 2023, pp. 383–388. doi: 10.1109/CSCE60160.2023.00068.
 - [9] T. Bihl, W. A. Young II, and A. Moyer, "Decision Support Systems and Data Science," in *Encyclopedia of Data Science and Machine Learning*, IGI Global Scientific Publishing, 2023, pp. 1408–1424. doi: 10.4018/978-1-7998-9220-5.ch083.
 - [10] R. S. Arenhart, A. M. Souza, and R. R. Zanini, "Energy Use and Its Key Factors in Hotel Chains," *Sustain.*, vol. 14, no. 14, 2022, doi: 10.3390/su14148239.
 - [11] P. Yin and J. Cheng, "A MySQL-Based Software System of Urban Land Planning Database of Shanghai in China," *Comput. Model. Eng. Sci.*, vol. 135, no. 3, pp. 2387–2405, 2023, doi: 10.32604/cmescs.2023.023666.
 - [12] M. Xue, R. Wen, and J. Li, "Outlier Detection Based On Heuristic Clustering Algorithm," in *2024 IEEE 7th International Conference on Electronic Information and Communication Technology (ICEICT)*, IEEE, Jul. 2024, pp. 794–799. doi: 10.1109/ICEICT61637.2024.10670822.
 - [13] R. M. Montgomery, "Techniques for Outlier Detection: A Comprehensive View," Oct. 21, 2024. doi: 10.20944/preprints202410.1603.v1.
 - [14] E. S. Kingsley and N. I. Badmus, "Assessing the efficiency of maximum likelihood, interquartile range, and Monte Carlo methods for estimating Weibull distribution parameters," *Ann. Math. Comput. Sci.*, vol. 26, pp. 120–140, Jan. 2025, doi: 10.56947/amcs.v26.449.
 - [15] Y. C. Liew, K. Y. Lim, T. Y. Lim, C. J. Tan, K. K. Chai, and X. Deng, "The Effect of Data Transformation Techniques on Machine Learning Performance: A Case Study on Student Dropout Prediction," in *2024 IEEE 5th International Conference on Pattern Recognition and Machine Learning (PRML)*, IEEE, Jul. 2024, pp. 1–7. doi: 10.1109/PRML62565.2024.10779714.
 - [16] C. Shi, B. Wei, S. Wei, W. Wang, H. Liu, and J. Liu, "A quantitative discriminant method of elbow point for the optimal number of clusters in clustering algorithm," *EURASIP J. Wirel. Commun. Netw.*, vol. 2021, no. 1, p. 31, Dec. 2021, doi: 10.1186/s13638-021-01910-w.
 - [17] D. Anggreani, N. Nurmisba, D. Setiawan, and L. Lukman, "Optimization of K-Means Clustering Method by Using Elbow Method in Predicting Blood Requirement of Pelamonia Hospital Makassar," *Internet Things Artif. Intell. J.*, vol. 4, no. 3, pp. 541–550, Aug. 2024, doi: 10.31763/iota.v4i3.755.
 - [18] S. Lemeš, "Prompt Engineering," in *Artificial Intelligence in Industry 4.0: The future that comes true*, Academy of Sciences and Arts of Bosnia and Herzegovina, Sep. 2024, pp. 159–170. doi: 10.5644/PI2024.215.08.
 - [19] M. Rashid, J. Sarkar, and S. Phuyal, "Visualizing Bivariate Statistics Using Ellipses Over a Scatter Plot," *J. Probab. Stat. Sci.*, vol. 20, no. 1, pp. 150–165, Oct. 2022, doi: 10.37119/jpss2022.v20i1.584.
 - [20] Y. Wang and J. Chen, "Hotel Energy Management Optimization System Based on Artificial Intelligence," in *2024 3rd International Conference on Artificial Intelligence and Autonomous Robot Systems (AIARS)*, IEEE, Jul. 2024, pp. 667–672. doi: 10.1109/AIARS63200.2024.00127.