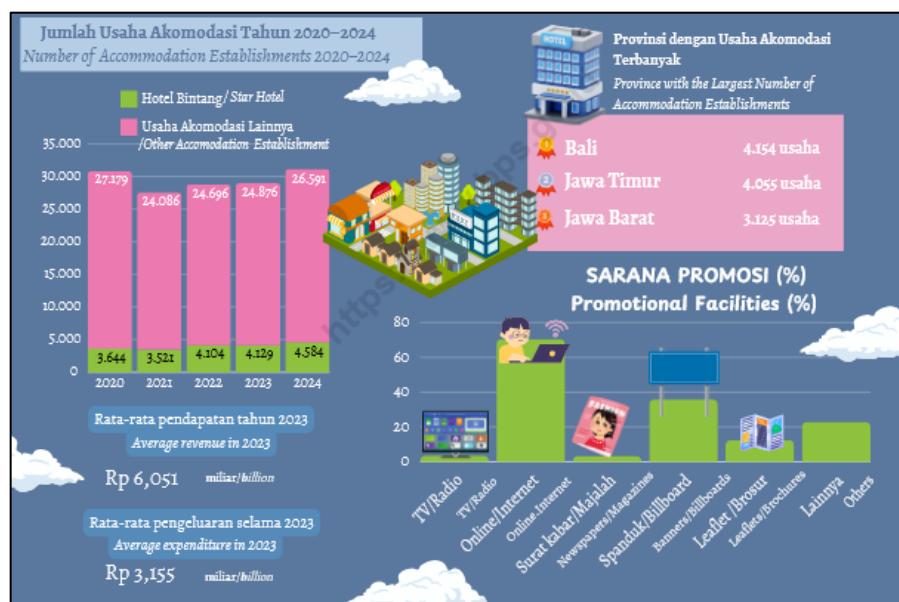


BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

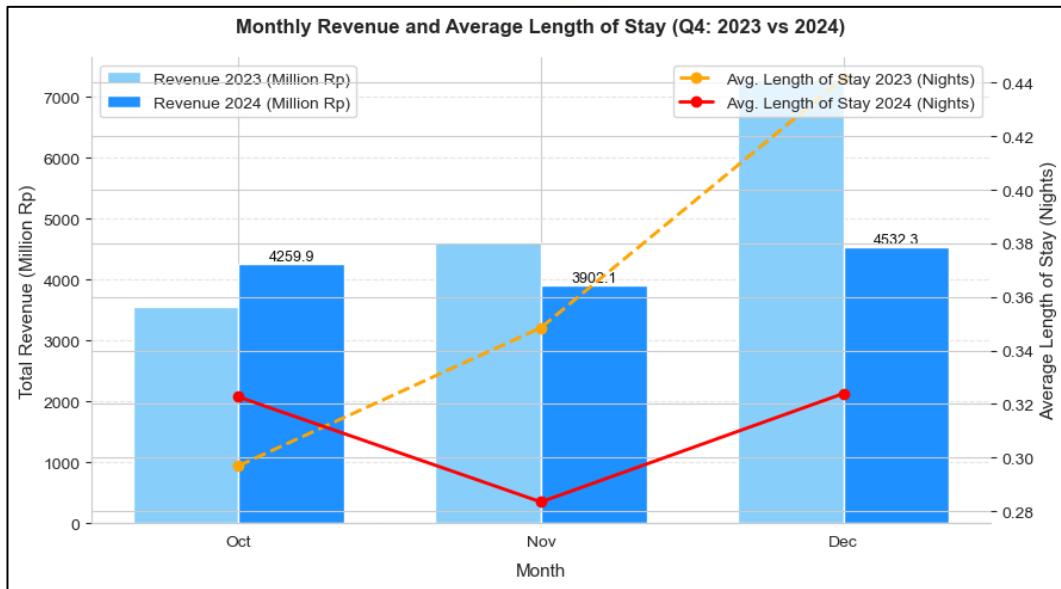
Industri perhotelan merupakan salah satu pilar ekonomi strategis dalam mendukung pertumbuhan pariwisata nasional Indonesia, yang berkontribusi signifikan terhadap peningkatan devisa negara melalui pendapatan dari wisatawan domestik dan mancanegara, serta berperan vital dalam penyerapan tenaga kerja dan pembangunan ekonomi daerah [1]. Kontribusi ini semakin nyata seiring dengan pemulihan sektor yang mencatat kedatangan 7,5 juta wisatawan mancanegara, meningkat hingga 40% dibandingkan tahun sebelumnya, dengan pemasukan sektor pariwisata yang turut tumbuh 35% hingga mencapai 10,5 miliar dolar Amerika. Tren positif ini berlanjut pada tahun 2023, dengan jumlah wisatawan yang meningkat menjadi 9,2 juta orang dan total pendapatan mencapai 12,8 miliar dolar Amerika [2]. Kenaikan jumlah wisatawan dan pendapatan pariwisata menunjukkan bahwa industri perhotelan di Indonesia terus mengalami pertumbuhan yang positif seiring pulihnya sektor pariwisata nasional [3].



Gambar 1. 1 Jumlah Usaha Akomodasi Tahun 2020-2024

Sumber: [4]

Pertumbuhan pesat industri pariwisata mendorong sektor perhotelan untuk menyediakan berbagai layanan pendukung. Salah satu layanan utamanya adalah penyediaan akomodasi di berbagai wilayah Indonesia, yang menunjukkan meningkatnya kebutuhan akan penginapan berkualitas guna memenuhi tingginya permintaan wisata [5]. Berdasarkan gambar 1.1 diatas menunjukkan bahwa jumlah usaha akomodasi hotel mengalami tren pemulihan dengan total 4.584 usaha pada tahun 2024, meningkat dari 3.584 usaha pada tahun 2020, di mana hotel bintang mendominasi dengan peningkatan dari 1.790 menjadi 2.179 usaha selama periode tersebut. Konsentrasi pariwisata terbesar berada di Bali dengan 4.154 usaha, Jawa Timur dengan 4.055 usaha, dan Jawa Barat dengan 3.125 usaha [4]. Peningkatan jumlah layanan akomodasi ini menandakan adanya peningkatan permintaan terhadap layanan penginapan, investasi di sektor perhotelan, serta perbaikan tingkat okupansi yang mendorong stabilitas dan daya saing industri ini di pasar domestik maupun internasional [6]. Pertumbuhan pesat ini juga membawa tantangan baru bagi pengelola hotel, khususnya dalam hal pengelolaan data operasional dan perumusan strategi bisnis yang tepat untuk mempertahankan daya saing di tengah persaingan yang semakin ketat.



Gambar 1. 2 Data Internal Hotel XYZ

Berdasarkan Gambar 1.2, data internal Hotel XYZ menunjukkan adanya fluktuasi antara total *revenue* dan rata-rata lama menginap tamu (*average length of*

stay) selama kuartal IV tahun 2024 jika dibandingkan dengan periode yang sama pada tahun 2023. Meskipun periode Oktober hingga Desember umumnya termasuk dalam kategori *high season*, total *revenue* pada November 2024 tercatat sebesar Rp 3.902.100.000, lebih rendah sekitar 15% dibandingkan November 2023 yang mencapai sekitar Rp 4.600.000.000. Penurunan ini terjadi seiring dengan menurunnya rata-rata lama menginap tamu pada tahun 2024, sehingga kontribusi pendapatan per tamu pada bulan November menjadi lebih rendah dibandingkan tahun sebelumnya. Kondisi tersebut menunjukkan adanya perubahan kinerja pendapatan pada bulan November 2024, yang berdampak pada stabilitas *revenue* bulanan meskipun berada dalam periode permintaan tinggi.

Tabel 1. 1 Permasalahan dan Dampak

No.	Permasalahan	Dampak
1	Penurunan <i>revenue</i> November dari Rp 4,6 miliar (2023) menjadi Rp 3,9 miliar (2024) meskipun <i>high season</i> .	Kinerja penjualan dan strategi pemasaran kurang optimal sehingga target pendapatan tidak tercapai dan berpotensi mengganggu realisasi rencana bisnis tahunan.
2	Rata-rata lama menginap tamu (<i>length of stay</i>) pada 2024 lebih rendah dibanding 2023	Efektivitas pengelolaan kamar dan pendapatan per tamu menurun, sehingga berdampak pada produktivitas operasional dan kontribusi terhadap total <i>revenue</i> hotel.
3	Fluktuasi pola pendapatan dan okupansi antar bulan sepanjang 2024	Hotel sulit melakukan perencanaan operasional dan proyeksi anggaran karena ketidakpastian kinerja

Kondisi yang tergambar pada Gambar 1.2 tersebut diperkuat oleh data dalam Tabel 1.1, yang merinci tiga permasalahan utama beserta dampaknya terhadap kinerja Hotel XYZ. Pertama, penurunan total *revenue* pada November 2024 mengindikasikan bahwa strategi penjualan dan pemasaran belum berjalan optimal sehingga target pendapatan tidak tercapai. Kedua, rata-rata lama menginap tamu yang lebih rendah pada 2024 menurunkan efektivitas pengelolaan kamar dan pendapatan per tamu, yang pada akhirnya memengaruhi kontribusi terhadap total *revenue* hotel. Ketiga, fluktuasi pola pendapatan dan okupansi antarbulan sepanjang tahun menyebabkan kesulitan dalam perencanaan operasional serta proyeksi

anggaran karena ketidakpastian kinerja. Pada data pada tabel ini menegaskan bahwa fluktuasi lama menginap tamu memiliki dampak langsung terhadap performa pendapatan hotel dan efektivitas strategi operasional yang diterapkan selama tahun 2024.

Merespons tantangan tersebut, transformasi digital menjadi kebutuhan mendesak dalam industri perhotelan modern untuk mempertahankan daya saing dan meningkatkan efisiensi operasional [7]. Pergeseran dari sistem pengelolaan konvensional berbasis manual menuju sistem digital terintegrasi telah menjadi tren utama dalam industri perhotelan Indonesia. Sistem konvensional yang mengandalkan pencatatan manual dan pengambilan keputusan berdasarkan intuisi memiliki keterbatasan signifikan dalam hal kecepatan, akurasi, dan kemampuan analisis data historis. Sebaliknya, sistem digital modern memungkinkan otomasi proses operasional, integrasi data secara *real-time*, dan penggunaan analisis prediktif untuk meningkatkan kualitas pengambilan keputusan. Dalam konteks inilah pemanfaatan teknologi berbasis data, khususnya, telah menjadi solusi strategis untuk meningkatkan efisiensi operasional dan mendukung pengambilan keputusan yang lebih akurat [8]. Implementasi *Machine Learning* dalam industri perhotelan telah menunjukkan momentum yang signifikan dalam meningkatkan akurasi prediksi dan efisiensi operasional [9]. Pasar global *Machine Learning* dalam industri perhotelan diproyeksikan mencapai tingkat adopsi sebesar 60% hingga 70% karena dinilai mampu meningkatkan efisiensi operasional dan pengambilan keputusan, seiring dengan pertumbuhan penerapan teknologi berbasis *Machine Learning* yang meningkat hingga 270% secara global [10]. Penerapan ini bertujuan untuk meningkatkan daya saing, efisiensi operasional, serta menjadi dasar bagi optimalisasi manajemen hotel berbasis data [11]. Perkembangan ini menegaskan bahwa digitalisasi dan teknologi berperan penting dalam memperkuat pertumbuhan industri perhotelan [12]. Digitalisasi dapat membuka peluang besar bagi penerapan *Machine Learning* untuk mendukung peningkatan efisiensi dan pengambilan keputusan yang lebih akurat dalam operasional.

Secara teoritis, *Machine Learning* memungkinkan sistem komputer untuk belajar dari data dan membuat prediksi atau keputusan tanpa pemrograman eksplisit

untuk setiap tugas. Dalam konteks prediksi perhotelan, pendekatan *Machine Learning* menjadi sangat relevan karena mampu mempelajari pola kompleks dari data historis untuk menghasilkan prediksi yang akurat dan adaptif dibandingkan metode statistik konvensional [13]. Prinsip dasar *Machine Learning* adalah memanfaatkan data untuk membangun model yang dapat mengidentifikasi hubungan *non-linear* antar variabel, sehingga meningkatkan kemampuan prediksi terhadap fenomena yang dipengaruhi oleh banyak faktor [14]. Teori ini sangat sesuai dengan karakteristik data hotel yang memiliki pola kompleks, *non-linear*, dan dipengaruhi oleh berbagai faktor musiman serta eksternal [15]. Selain itu, dalam konteks manajemen hotel, teori *demand forecasting* dan *revenue management* menjadi landasan penting untuk memahami bagaimana prediksi akurat terhadap lama menginap tamu dapat mendukung strategi penetapan harga dinamis (*dynamic pricing*) dan alokasi sumber daya yang optimal. *Dynamic pricing* merupakan strategi penetapan harga yang fleksibel berdasarkan permintaan *real-time*, kondisi pasar, dan pola pemesanan tamu, yang memungkinkan hotel untuk memaksimalkan pendapatan dengan menjual kamar pada harga optimal sesuai dengan fluktuasi permintaan [16]. Penerapan *Machine Learning* yang didukung oleh teori *revenue management* memberikan kerangka konseptual yang kuat dalam pengembangan model prediksi lama menginap yang akurat dan aplikatif dalam konteks bisnis perhotelan.

Keunggulan *Machine Learning* dalam industri perhotelan telah dibuktikan melalui berbagai penelitian. Studi yang mengadopsi *Machine Learning* pada hotel untuk klasifikasi sentimen tamu mencapai akurasi model sebesar 93,91%, dengan presisi 90,98%, *recall* 97,77%, serta nilai AUC 94,3% dan *f_measure* 94,18%, yang berkontribusi pada optimalisasi strategi pemasaran dan peningkatan personalisasi layanan akomodasi [17]. Keunggulan ini mengindikasikan bahwa *Machine Learning* telah menjadi alat yang esensial dalam menangani kompleksitas data perhotelan yang *non-linear* dan bervolume tinggi. Meskipun *Machine Learning* telah terbukti efektif, industri perhotelan Indonesia masih menghadapi tantangan kompleks terkait prediksi pola menginap tamu yang semakin tidak pasti [18].

Kondisi ini menegaskan perlunya penerapan *Machine Learning* untuk memprediksi pola okupansi secara lebih akurat.

Pada studi yang menerapkan lima algoritma *Machine Learning* (*bagged CART*, *bagged MARS*, *XGBoost*, *Random Forest*, *SVM*) untuk prediksi okupansi hotel harian menunjukkan bahwa meskipun *bagged CART* mencapai $R^2 > 0,50$, model tersebut masih tidak dapat mengalahkan model *ARDL* tradisional [19]. Kompleksitas prediksi ini memperlihatkan kebutuhan akan pendekatan analitik yang lebih canggih, sehingga mendorong penggunaan metode *Machine Learning* untuk meningkatkan akurasi dan efektivitas model prediksi di industri perhotelan [20]. Prediksi lama menginap yang tidak akurat akibat fluktuasi yang tidak terprediksi ini tidak hanya menjadi isu industri secara makro, tetapi juga dialami secara langsung oleh hotel-hotel yang ada di Indonesia. Ketidakakuratan prediksi ini berdampak serius pada performa operasional hotel, meliputi hilangnya peluang pendapatan akibat kesalahan alokasi kamar, inefisiensi dalam penjadwalan staf, pemborosan sumber daya pada periode *low season*, dan ketidakmampuan untuk mengoptimalkan strategi *dynamic pricing* yang seharusnya dapat memaksimalkan pendapatan pada periode *high season*.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, diperlukan pendekatan prediktif berbasis *Machine Learning* yang mampu menganalisis pola kompleks dari data historis untuk menghasilkan prediksi yang lebih akurat dan andal. Solusi ini harus mampu menangani karakteristik data hotel Indonesia yang memiliki variabilitas tinggi dan pola musiman yang kompleks. Algoritma seperti *Random Forest* dan *Gradient Boosting* menjadi pilihan yang tepat karena terbukti efektif dalam menangani data dengan kompleksitas tinggi [21]. *Random Forest* merupakan algoritma yang menggabungkan banyak pohon keputusan (*decision trees*) melalui teknik *bagging* untuk mengurangi varians dan meningkatkan generalisasi model, *Gradient Boosting* sendiri menggunakan teknik *boosting* yang membangun model secara sekvensial untuk mengurangi bias dan meningkatkan akurasi prediksi. Kedua algoritma ini telah menunjukkan superioritas dalam berbagai aplikasi prediksi perhotelan.

Kajian literatur mengungkapkan bahwa penerapan algoritma *Machine Learning* telah menunjukkan superioritas dalam berbagai aplikasi prediksi perhotelan [22]. Penelitian yang menerapkan metode *model comparison* terbukti memiliki potensi peningkatan akurasi prediksi hingga 25% dan efisiensi operasional yang signifikan. Penelitian lain menunjukkan bahwa algoritma *Random Forest* mencapai akurasi sebesar 87,3%, dengan *True Positive Rate* (TPR) 86% dan *True Negative Rate* (TNR) 89%, membuktikan bahwa *Random Forest* memiliki kinerja yang lebih unggul dibandingkan metode *single classifier* lainnya dalam menghasilkan prediksi yang lebih akurat dan seimbang [23]. Pada studi komparatif menunjukkan bahwa algoritma *Gradient Boosting* memberikan performa klasifikasi yang lebih baik dengan akurasi sebesar 83% dan nilai ROC AUC 0,89, dibandingkan *Random Forest* yang mencatat akurasi 81% dengan ROC AUC 0,87 [24]. Studi lain juga mengungkapkan bahwa algoritma *XGBoost* menghasilkan kinerja tertinggi dengan akurasi 84,78% dan nilai ROC-AUC 0,9410, sehingga terbukti paling efektif dalam mengolah pola data yang kompleks [25]. Pemilihan kedua algoritma *Random Forest* dan *Gradient Boosting* untuk penelitian ini juga didasarkan pada temuan-temuan yang mengindikasikan variasi performa algoritma yang bergantung pada konteks aplikasi dan karakteristik dataset menunjukkan potensi besar algoritma *Machine Learning* dalam meningkatkan akurasi prediksi.

Meskipun penerapan *Machine Learning* dalam industri perhotelan telah banyak diteliti, masih terdapat beberapa kesenjangan penelitian yang relevan dengan penelitian ini. Secara teoretis, kajian yang membahas pembangunan dan perbandingan model prediksi lama menginap tamu menggunakan algoritma *Random Forest* dan *Gradient Boosting* yang dikaitkan dengan konteks *revenue management* hotel di Indonesia masih terbatas. Secara empiris, sebagian besar penelitian sebelumnya berfokus pada pembatalan reservasi atau sentimen tamu, sementara studi yang menggunakan data transaksi riil hotel untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang memengaruhi lama menginap tamu masih jarang dilakukan. Dari sisi metodologis, penelitian terdahulu umumnya menggunakan metrik evaluasi yang terbatas, sehingga belum memberikan gambaran performa model yang komprehensif. Selain itu, dari sisi populasi, hotel lokal yang dikelola oleh

perusahaan Indonesia seperti Hotel XYZ masih jarang dijadikan objek penelitian, khususnya dalam penerapan hasil evaluasi model untuk menghasilkan rekomendasi keputusan bisnis yang mendukung manajemen operasional. Kesenjangan-kesenjangan tersebut menunjukkan perlunya penelitian ini dilakukan untuk membangun dan membandingkan model prediksi lama menginap, mengidentifikasi faktor-faktor yang berpengaruh, serta menerjemahkan hasil evaluasi model ke dalam rekomendasi keputusan bisnis yang aplikatif.

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan evaluasi komparatif kinerja algoritma *Machine Learning Random Forest* dan *Gradient Boosting* dalam memprediksi lama menginap tamu pada Hotel XYZ dengan memanfaatkan *dataset* historis transaksi reservasi periode 2023–2025. Evaluasi kinerja model dilakukan menggunakan metrik *Mean Absolute Error* (MAE), *Root Mean Squared Error* (RMSE), *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE), dan koefisien determinasi (R^2) guna memperoleh penilaian performa yang komprehensif dan objektif terhadap masing-masing algoritma. Pemilihan *Random Forest* dan *Gradient Boosting* didasarkan pada hasil kajian literatur yang menunjukkan bahwa kedua algoritma tersebut memiliki kemampuan yang baik dalam menangani data perhotelan yang bersifat kompleks, *non-linear*, serta dipengaruhi oleh pola musiman, sehingga relevan untuk dibandingkan kinerjanya dalam konteks prediksi lama menginap tamu. Melalui pendekatan *model comparison*, penelitian ini diharapkan dapat mengidentifikasi algoritma yang paling sesuai untuk menghasilkan model yang dapat mendukung efisiensi operasional hotel.

Urgensi penelitian ini berkaitan dengan meningkatnya kebutuhan industri perhotelan terhadap prediksi lama menginap yang akurat dalam menghadapi dinamika persaingan bisnis di era digital. Prediksi lama menginap yang andal dapat dimanfaatkan sebagai dasar *demand forecasting* untuk mendukung strategi *dynamic pricing* dan perencanaan alokasi sumber daya secara lebih presisi. Tanpa dukungan model prediksi yang akurat, hotel berpotensi mengalami ketidaktepatan dalam perencanaan operasional dan kehilangan peluang optimalisasi pendapatan. Oleh karena itu, penelitian ini diharapkan dapat membantu pengelola hotel dalam

memilih model prediksi yang paling sesuai untuk mendukung pengambilan keputusan operasional.

Kontribusi praktis dari penelitian ini adalah memberikan rekomendasi pemilihan algoritma *Machine Learning* yang optimal bagi manajemen Hotel XYZ dalam memprediksi lama menginap tamu, sehingga hasil prediksi dapat dimanfaatkan secara langsung untuk mendukung kebijakan operasional yang lebih efektif. Sementara itu, kontribusi teoretis penelitian ini adalah memperkaya literatur mengenai penerapan dan perbandingan kinerja algoritma *Machine Learning* dalam industri perhotelan Indonesia, khususnya dalam konteks prediksi lama menginap tamu, serta memberikan bukti empiris terkait performa *Random Forest* dan *Gradient Boosting* sebagai dasar pengembangan penelitian selanjutnya di bidang *Machine Learning* dan manajemen perhotelan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana membangun model prediksi lama menginap tamu menggunakan algoritma *Machine Learning Random Forest* dan *Gradient Boosting* berdasarkan data transaksi tamu Hotel XYZ?
2. Bagaimana mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi lama menginap tamu pada Hotel XYZ dengan menganalisis data transaksi tamu menggunakan teknik *Machine Learning*?
3. Bagaimana menerapkan hasil evaluasi model prediksi lama menginap tamu untuk menghasilkan rekomendasi keputusan bisnis yang mendukung manajemen operasional Hotel XYZ?

1.3 Batasan Masalah

Untuk menjaga dan mempertahankan fokus, analisis, dan etika penelitian, batasan masalah diterapkan secara ketat sebagai berikut:

1. Penelitian menggunakan data transaksi tamu Hotel XYZ, dengan periode tahun 2024, mengingat tahun 2025 belum berakhir sepenuhnya, sehingga

rekомендasi model hanya dapat diterapkan untuk proyeksi tahun 2026 dan seterusnya bagi pihak hotel serta perusahaan.

2. Pembandingan algoritma menggunakan *Random Forest* dan *Gradient Boosting* yang memiliki kecocokan dengan data, tanpa menerapkan algoritma lain seperti *Neural Network* atau *Support Vector Machine*, guna mendalami perbandingan metode *Machine Learning*.
3. Variabel yang digunakan pada data internal hotel, seperti jumlah tamu, jumlah malam menginap, jumlah *revenue* yang di dapatkan, *revenue* yang di dapatkan dari satu kamar, dan keuntungan dari satu kamar.
4. Menggunakan metrik regresi standar yaitu RMSE, MAE, MAPE dan R², tanpa metrik klasifikasi karena sifat prediksi kontinu.
5. Implementasi model dilakukan menggunakan bahasa pemrograman *python* dengan pustaka terkait untuk algoritma yang dipilih, tanpa penggunaan bahasa lain.
6. Hasil penelitian dibatasi pada rekomendasi model prediksi yang disampaikan kepada pihak hotel, guna mendukung pengambilan keputusan di masa mendatang, tanpa melibatkan pengembangan sistem operasional *real time*.

1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian

1.4.1 Tujuan Penelitian

Tujuan dan maksud dari adanya penelitian berikut ini adalah untuk:

1. Menghasilkan model prediksi lama menginap tamu pada Hotel XYZ menggunakan algoritma *Machine Learning Random Forest* dan *Gradient Boosting* berdasarkan data transaksi tamu.
2. Mengidentifikasi faktor-faktor utama yang berpengaruh terhadap lama menginap tamu melalui analisis data transaksi tamu menggunakan teknik *Machine Learning*.
3. Mengevaluasi performa model prediksi yang dibangun dan menerapkan hasil evaluasi tersebut untuk menghasilkan rekomendasi yang dapat digunakan dalam pengambilan keputusan bisnis oleh manajemen operasional Hotel XYZ.

1.4.2 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Memberikan kontribusi dalam pengembangan penelitian di bidang *Machine Learning* khususnya pada penerapan algoritma *Random Forest* dan *Gradient Boosting* dalam industri perhotelan.
2. Menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan prediksi perilaku tamu hotel.
3. Memberikan *insight* dan rekomendasi kepada Hotel XYZ mengenai faktor-faktor yang memengaruhi lama menginap tamu.
4. Menjadi dasar pengambilan keputusan dalam strategi pengelolaan operasional hotel.
5. Membantu perusahaan dalam mengoptimalkan sumber daya dan meningkatkan potensi pendapatan melalui prediksi yang lebih akurat.

1.5 Sistematika Penulisan

Skripsi ini disusun dalam lima bab utama yang saling berkaitan dan membentuk alur penelitian secara sistematis. Berikut penjelasan masing-masing bab:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan latar belakang yang menjadi dasar dilakukannya penelitian, diikuti oleh rumusan masalah yang dirancang untuk menjawab kebutuhan analisis dalam konteks industri perhotelan. Batasan masalah ditetapkan agar ruang lingkup penelitian tetap fokus dan terarah. Tujuan dan manfaat penelitian dijabarkan untuk menunjukkan kontribusi akademis dan praktis dari hasil yang diperoleh.

BAB II LANDASAN TEORI

Bab ini memuat kajian teori yang relevan dengan topik penelitian, prinsip kerja algoritma *Random Forest* dan *Gradient Boosting*, serta

studi-studi terdahulu yang mendukung pendekatan yang digunakan. Teori-teori ini menjadi landasan konseptual dalam membangun model prediksi dan membandingkan performa algoritma, sekaligus memperkuat posisi penelitian dalam ranah akademik dan aplikatif.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menguraikan metode yang digunakan untuk menjawab rumusan masalah, dimulai dari jenis dan sumber data yang digunakan, teknik pengumpulan dan pra-pemrosesan data, eksplorasi data awal, pembangunan model prediksi menggunakan algoritma *Random Forest* dan *Gradient Boosting*, hingga metode evaluasi performa model dengan metrik seperti RMSE, MAE, MAPE dan R².

BAB IV ANALISIS DAN HASIL PENELITIAN

Bab ini menyajikan hasil implementasi kedua algoritma, analisis performa masing-masing model berdasarkan metrik evaluasi, serta interpretasi terhadap variabel-variabel yang paling berpengaruh dalam menentukan lama menginap tamu. Pembahasan dilakukan secara komprehensif untuk mengaitkan hasil teknis dengan konteks bisnis Hotel XYZ.

BAB V SIMPULAN DAN SARAN

Bab terakhir berisi kesimpulan dari seluruh proses penelitian yang telah dilakukan, merangkum temuan utama dan menjawab rumusan masalah secara ringkas dan terukur. Selain itu, bab ini memberikan saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya, baik dari sisi teknis seperti eksplorasi algoritma lain maupun dari sisi praktis.