

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri penerbangan merupakan sektor jasa yang terus berkembang. Perkembangannya terlihat sangat pesat, dapat dilihat dari peningkatan signifikan jumlah penumpang serta maskapai yang beroperasi sejak diberlakukannya regulasi terkait industri penerbangan (Warpani, 2002). Data Kementerian Perhubungan menunjukkan bahwa pada tahun 2022 terdapat 17 Badan Usaha Angkutan Udara Niaga Berjadwal yang beroperasi di Indonesia, terdiri atas 7 perusahaan yang melayani khusus penumpang, 7 perusahaan yang melayani penumpang dan kargo, serta 3 perusahaan yang berfokus pada layanan kargo. Selain itu, tercatat 53 perusahaan angkutan udara niaga tidak berjadwal, yang meliputi 24 perusahaan dengan layanan khusus penumpang, 26 perusahaan yang melayani penumpang dan kargo, serta 3 perusahaan khusus kargo. Di sisi lain, terdapat 39 perusahaan angkutan udara bukan niaga yang beroperasi, serta 56 perusahaan penerbangan asing yang melayani rute dari dan ke Indonesia (Direktorat Jenderal Perhubungan Udara, 2022). Sejalan dengan itu, data dari Badan Pusat Statistik (BPS) menunjukkan bahwa jumlah penumpang angkutan udara domestik pada Juli 2024 mengalami kenaikan 11,04% dibandingkan Juni 2024, dan jumlah penumpang internasional yang berangkat pada Juli 2025 turut meningkat sebesar 10,16% dibanding bulan sebelumnya.

Salah satu hal penting untuk memastikan pelayanan angkutan udara berjalan lancar adalah faktor *On Time Performance* (OTP). Makna dari OTP itu sendiri

merupakan kondisi ketika jadwal keberangkatan dan kedatangan pesawat terlaksana sesuai dengan waktu yang telah direncanakan (Astutianingrum, *et al.*, 2021). Berdasarkan data yang diterima oleh Direktorat Jenderal Perhubungan Udara (2024), total penerbangan rute domestik selama periode 19 Desember 2023 hingga 1 Januari 2024 adalah 26.942, dengan rata-rata persentase *On-Time Performance* (OTP) dari 13 maskapai penerbangan sebesar 81,05% (Kementerian Perhubungan Republik Indonesia, 2024).

Industri penerbangan merupakan salah satu sektor transportasi yang sangat bergantung pada ketepatan waktu (OTP). Salah satu masalah yang paling sering terjadi dalam operasional penerbangan adalah *delay*. Jurnal Pengaruh *Delay Flight* dan *Flight Cancellation* Terhadap Kepuasan Penumpang, menyatakan bahwa keterlambatan penerbangan menyebabkan kerugian finansial, kehilangan koneksi penerbangan, gangguan jadwal penerbangan lanjutan, dan penurunan kepercayaan pelanggan terhadap maskapai (Fadli & Fatmayanti, 2023). Menurut Undang-undang Nomor 1 tahun 2009 tentang penerbangan pasal 1 ayat 30 menyebutkan bahwa keterlambatan adalah terjadinya perbedaan waktu antara waktu keberangkatan atau kedatangan yang dijadwalkan dengan realisasi waktu keberangkatan atau kedatangan yaitu pada saat pesawat *block off* meninggalkan tempat parkir pesawat (*apron*) atau pada saat pesawat *block on* dan parkir di *apron* bandara tujuan.

Kepuasan merupakan perasaan senang atau kecewa seseorang yang muncul setelah membandingkan persepsi kinerja atau hasil dari produk maupun jasa sesuai dengan harapan mereka (Kotler & Keller, 2020). Di Indonesia, pengaturan terkait kompensasi keterlambatan telah diatur melalui Peraturan Menteri Perhubungan

Nomor 89 Tahun 2015 sehingga menunjukkan bahwa isu delay merupakan aspek penting dalam pelayanan penerbangan. Keberadaan regulasi yang tegas membuat maskapai tidak dapat mengabaikan tanggung jawab atas terjadinya keterlambatan penerbangan (Agafta & Adianto, 2017). Penumpang memperoleh perlindungan hukum serta hak atas kompensasi yang telah diatur dalam Undang-Undang Nomor 8 Tahun 1999 tentang Perlindungan Konsumen dan Undang-Undang Nomor 1 Tahun 2009 tentang Penerbangan (Sutrisno & Anugrah, 2021). Untuk itu, diperlukan suatu metode analisis yang mampu mengolah data operasional penerbangan secara efektif sehingga menghasilkan informasi prediktif yang akurat.

Yogyakarta *International Airport* (YIA) sebagai salah satu bandara Internasional yang dikelola PT Angkasa Pura Indonesia di bawah Regional IV memiliki tingkat aktivitas penerbangan yang cukup tinggi. Keterlambatan penerbangan di YIA dapat disebabkan oleh berbagai faktor teknis maskapai. Pola keterlambatan tersebut bersifat kompleks dan sulit diprediksi secara manual.

Permasalahan klasifikasi pada analisis data penerbangan dapat diselesaikan dengan *K-Nearest Neighbor*, *Decision Tree*, *Random Forest*, dan *Support Vector Machine*. Metode-metode tersebut termasuk dalam *supervised learning*. Model dibangun menggunakan data berlabel untuk mempelajari pola tertentu sehingga mampu melakukan pengelompokan atau prediksi terhadap data baru (Feibrianti & Najah, 2020). Klasifikasi termasuk dalam metode *supervised learning*, yaitu data berlabel digunakan untuk melatih model yang kemudian digunakan memprediksi kelas data baru. Akurasi model klasifikasi menjadi aspek penting dalam implementasi operasional, termasuk pada prediksi delay penerbangan (*School of Information System*, Binus University, 2025).

Metode klasifikasi yang umum digunakan, yaitu *Decision Tree*, *Naive Bayes*, *K-Nearest Neighbor* (KNN), *Neural Network*, dan *Support Vector Machine* (SVM). SVM dikenal memiliki kemampuan generalisasi yang baik karena mencari margin pemisah terbesar antar kelas (Gunn, 1998). SVM banyak digunakan dalam penelitian klasifikasi karena kemampuannya untuk menemukan *hyperplane* dengan margin maksimal sehingga memiliki kemampuan generalisasi yang baik (Cortes & Vapnik, 1995).

SVM merupakan salah satu metode klasifikasi yang awalnya dikembangkan untuk permasalahan klasifikasi dua kelas, namun dapat diperluas untuk menangani klasifikasi multikelas dengan membangun beberapa model klasifikasi biner menurut pendekatan tertentu seperti *one-vs-rest* dan *one-vs-one*. Pendekatan ini memungkinkan SVM yang pada dasarnya bersifat klasifikasi biner dapat digunakan untuk mengklasifikasikan data dengan lebih dari dua kategori, sebagaimana telah diterapkan pada penelitian sebelumnya dalam klasifikasi data pasien penyakit tiroid (Tantika, 2022).

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah SVM. Pengklasifikasian suatu status penerbangan meliputi, penerbangan mengalami *delay* ringan, *delay* berat, atau tidak berdasarkan variabel asal bandara, operator (maskapai penerbangan), *ground time*, *runway in use*, *taxi-out*. Variabel respon yang digunakan terdiri lebih dari dua kategori sehingga permasalahan yang dianalisis merupakan klasifikasi multikelas. Sehingga SVM diterapkan menggunakan pendekatan *one-vs-rest* untuk permasalahan multikelas. Metode ini akan diuraikan menjadi beberapa model klasifikasi biner. Didukung oleh berbagai studi yang membuktikan efektivitas penggunaan metode SVM dalam permasalahan klasifikasi

transportasi, metode ini dipilih untuk memprediksi ketepatan waktu penerbangan di Bandara Internasional Yogyakarta.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah penelitian ini disusun berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan yaitu:

1. Bagaimana memodelkan klasifikasi ketepatan waktu penerbangan (*on-time* atau *delay*) di Yogyakarta *International Airport* (YIA) menggunakan metode SVM?
2. Bagaimana kemampuan model SVM dalam mengklasifikasikan masing-masing kelas ketepatan waktu penerbangan?
3. Seberapa baik kinerja model SVM dalam memprediksi keterlambatan penerbangan berdasarkan variabel yang telah ditentukan?
4. Variabel apa saja yang memberikan kontribusi terhadap hasil klasifikasi ketepatan ketepatan waktu penerbangan berdasarkan analisis *SHapley Additive exPlanations* (SHAP)?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Penelitian hanya menggunakan data operasional penerbangan Bandara Internasional Yogyakarta.
2. Variabel yang digunakan dalam pemodelan terbatas pada: asal bandara, operator (maskapai penerbangan), *ground time*, *runway in use*, *taxi-out*.
3. Status keterlambatan (*delay*) diklasifikasikan menjadi multiklasifikasi sebagai: *delay* ringan, *delay* berat dan *on time*.

4. Metode klasifikasi yang digunakan adalah SVM dengan pendekatan *one-vs-rest*.
5. Interpretasi kontribusi variabel terhadap hasil klasifikasi dilakukan menggunakan metode *SHapley Additive exPlanations* (SHAP).

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Membangun model klasifikasi keterlambatan penerbangan di YIA menggunakan metode SVM dengan skema pendekatan *one-vs-rest*.
2. Menganalisis kemampuan model SVM dalam mengklasifikasikan setiap kelas ketepatan waktu penerbangan berdasarkan hasil confusion matrix.
3. Mengevaluasi performa model SVM dalam memprediksi ketepatan waktu penerbangan berdasarkan metrik evaluasi seperti akurasi.
4. Mengidentifikasi kontribusi masing-masing variabel terhadap hasil klasifikasi ketepatan waktu penerbangan menggunakan metode *SHapley Additive exPlanations* (SHAP).