

Deteksi Anomali Pendaratan Pesawat di Bandara Sultan Syarif Kasim II Menggunakan Algoritma *KMeans*, *Gaussian Matrix Mixture* (GMM), dan *Balanced Iterative Reducing and Clustering using Hierarchies* (Birch) Berdasarkan Data ADS-B

*Diajukan Sebagai Syarat untuk Menyelesaikan
Pendidikan Program Strata-1
pada Jurusan Teknik Informatika*



Oleh:

Taswiyah Marsyah Noor
NIM: 09021282126050

**Jurusan Teknik Informatika
FAKULTAS ILMU KOMPUTER UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2024**

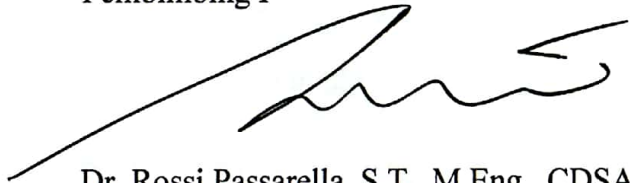
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**Clustering Pendaratan Pesawat di Bandara Sultan Syarif Kasim
II Menggunakan Algoritma *KMeans*, *Gaussian Matrix Mixture*
(GMM), dan *Balanced Iterative Reducing and Clustering using*
Hierarchies (Birch) Berdasarkan Data ADS-B**

Oleh :
Taswiyah Marsyah Noor
NIM : 09021282126050

Palembang, 7 November 2024

Pembimbing I



Dr. Rossi Passarella, S.T., M.Eng., CDSA
NIP 197811062010121004

Pembimbing II



Osvari Arsalan, M.T.
NIP 198806282018031001

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Informatika



Hadipurnawan Satria, M.Sc, Ph.D.
NIP 198004182020121001

TANDA LULUS SIDANG SKRIPSI

Pada hari Jum'at tanggal 1 November 2024 telah dilaksanakan ujian komprehensif skripsi oleh Jurusan Teknik Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya

Nama : Taswiyah Marsyah Noor

NIM : 09021282126050

Judul : Clustering Pendaratan Pesawat di Bandara Sultan Syarif Kasim II Menggunakan Algoritma *KMeans*, *Gaussian Matrix Mixture (GMM)*, dan *Balanced Iterative Reducing and Clustering using Hierarchies (Birch)* Berdasarkan Data ADS-B

Dan dinyatakan **LULUS**.

1. Ketua Penguji

Desty Rodiah, S.Kom., M.T.
198912212020122011



2. Penguji

Dian Palupi Rini, M.Kom., Ph.D.
NIP 197802232006042002



3. Pembimbing I

Dr. Rossi Passarella, S.T., M.Eng., CDSA
NIP 197811062010121004



4. Pembimbing II

Osvari Arsalan, M.T.
NIP 198806282018031001



Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Informatika



Hadipurnawan Satria, M.Sc, Ph.D.
NIP. 198004182020121001

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Taswiyah Marsyah Noor
NIM : 09021282126050
Program Studi : Teknik Informatika
Judul Skripsi : Clustering Pendaratan Pesawat di Bandara Sultan Syarif Kasim II Menggunakan Algoritma *KMeans*, *Gaussian Matrix Mixture* (GMM), dan *Balanced Iterative Reducing and Clustering using Hierarchies* (Birch) Berdasarkan Data ADS-B

Hasil pengecekan *Software* (iThenricate/Turnitin): 3%

Menyatakan bahwa laporan proyek saya merupakan hasil karya sendiri dan bukan hasil penjiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam laporan proyek ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian Pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya dan tidak ada paksaan oleh siapapun.



Palembang, 25 Oktober 2024



Taswiyah Marsyah Noor
NIM. 09021282126050

Motto:

- **Teruslah berproses**
- *If it happens, it happens*
- **Fokus pada perbaikan, bukan penyesalan**

Kupersembahkan karya tulis ini kepada:

- **Keluarga Besar**
- **Teman Seperjuangan**
- **Fakultas Ilmu Komputer**
- **Universitas Sriwijaya**

ABSTRACT

Accidents in commercial aviation in Indonesia have increased to 30% of total transport users by 2023. One important factor to reduce the risk of accidents and financial losses is compliance with landing procedures. The main objective of this analysis is to raise awareness of the importance of complying with these rules to minimise the risk of accidents and losses. Clustering techniques were applied for data analysis, using kmeans, GMM, and BIRCH methods. Based on the evaluation conducted using the silhouette score, Davies-Bouldin index (DBI), and Calinski-Harabasz index (CHI), the GMM method proved to be the most stable in forming clusters. Anomaly analysis showed that 17.6% of the data were identified as anomalies based on the vertical velocity rule, while anomalies based on elevation accounted for only 0.8% of the total data. The limitations of this analysis lie in the small number of features analysed, namely vertical velocity and elevation, and the three-month data collection period. For future research, it is recommended to add more features, extend the data collection period, and use more algorithms to improve the accuracy and validity of the analysis.

Keywords: *KMeans, GMM, Birch, Silhouette Score, CHI, DBI, Anomaly, clustering, ADS-B, Landing, Sultan Syarif Kasim II.*

ABSTRAK

Kecelakaan dalam penerbangan komersial di Indonesia mengalami peningkatan hingga 30% dari total pengguna transportasi pada tahun 2023. Salah satu faktor penting untuk mengurangi risiko kecelakaan dan kerugian finansial adalah kepatuhan terhadap prosedur pendaratan. Tujuan utama dari analisis ini adalah meningkatkan kesadaran mengenai pentingnya mematuhi aturan tersebut guna meminimalkan risiko kecelakaan dan kerugian. Teknik clustering diterapkan untuk analisis data, menggunakan metode kmeans, GMM, dan BIRCH. Berdasarkan evaluasi yang dilakukan menggunakan skor siluet, indeks Davies-Bouldin (DBI), dan indeks Calinski-Harabasz (CHI), metode GMM terbukti paling stabil dalam membentuk kluster. Analisis anomali menunjukkan bahwa 17,6% data teridentifikasi sebagai anomali berdasarkan aturan kecepatan vertikal, sedangkan anomali berdasarkan elevasi hanya sebesar 0,8% dari total data. Keterbatasan analisis ini terletak pada sedikitnya jumlah fitur yang dianalisis, yaitu kecepatan vertikal dan elevasi, serta periode pengumpulan data yang hanya berlangsung selama tiga bulan. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan menambahkan lebih banyak fitur, memperpanjang periode pengumpulan data, serta menggunakan lebih banyak algoritma untuk meningkatkan akurasi dan validitas analisis.

Kata Kunci: KMeans, GMM, Birch, Silhouette Score, CHI, DBI, Anomali, *clustering*, ADS-B, *Landing*, Sultan Syarif Kasim II.

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat, kemudahan, dan kelancaran yang telah diberikan dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini. Dengan segala keterbatasan dan tantangan, Tugas Akhir ini akhirnya dapat terselesaikan sebagai bagian dari salah satu syarat untuk meraih gelar Strata-1 di Fakultas Ilmu Komputer, Program Studi Teknik Informatika, Universitas Sriwijaya.

Penyusunan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari dukungan dan bantuan berbagai pihak yang telah berkontribusi, baik secara langsung maupun tidak langsung. Untuk itu, pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah mendukung, membantu, dan memotivasi penulis dalam menyelesaikan proses perkuliahan serta penyusunan Tugas Akhir ini. Rasa terima kasih yang tulus ini penulis sampaikan kepada:

1. Kedua orang tua penulis, terutama ibu dan almarhum ayah tercinta, yang telah memberikan dukungan tanpa henti serta nasihat yang selalu membangkitkan semangat sepanjang perjalanan penulis dalam menempuh studi di Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Sriwijaya.
2. Bapak Prof. Dr. Erwin, S.Si., M.Si., selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.
3. Bapak Hadipurnawan Satria, M.Sc, Ph.D., selaku Ketua Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Sriwijaya.

4. Bapak Dr. Rossi Passarella, S.T., M.Eng., CDSA, dan Bapak Osvari Arsalan, M.T., selaku dosen pembimbing yang telah mengarahkan, menginspirasi, dan membimbing penulis dalam penyusunan Tugas Akhir ini. Atas semua arahan, dukungan, dan semangat yang diberikan, penulis sangat berterima kasih.
5. Ibu Novi Yusliani, M.T., selaku dosen pembimbing akademik, yang dengan penuh perhatian selalu memberikan dukungan dan semangat kepada penulis dalam segala urusan perkuliahan.
6. Aditya, yang dengan tulus memberikan masukan, semangat, dan pandangan yang berarti selama perkuliahan khususnya pada proses penyusunan Tugas Akhir ini.
7. Teman-teman penulis, Vannessa, Cinta, Salma, Rika, Alyora Nasywa, Joya, Auryan, dan Salsa, yang selalu memberikan semangat dan menjadi tempat berbagi cerita sepanjang masa perkuliahan.
8. Kepada Mbak Rika, Mbak Wiwin, serta seluruh staf Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya yang telah membantu mempermudah proses administrasi selama masa perkuliahan penulis.

Palembang, 7 November 2024

Penyusun,

DAFTAR ISI

Halaman

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	ii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iv
ABSTRACT	vi
ABSTRAK	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	I-1
1.1 Pendahuluan	I-1
1.2 Latar Belakang	I-1
1.3 Rumusan Masalah	I-3
1.4 Tujuan.....	I-4
1.5 Manfaat.....	I-4
1.6 Batasan Masalah.....	I-5
1.7 Sistematika Penulisan.....	I-5
1.8 Kesimpulan.....	I-6
BAB II KAJIAN LITERATUR	II-1
2.1 Pendahuluan	II-1
2.2 Landasan Teori	II-1
2.2.1 Bandara Sultan Syarif Kasim II	II-1
2.2.2 Fase Penerbangan.....	II-3
2.2.3 Marka Landasan Pacu	II-4
2.2.4 <i>Aim point Marking</i>	II-5
2.2.5 <i>Glide Path</i>	II-6
2.2.6 <i>Vertical speed</i>	II-7
2.2.7 Kecelakaan Pesawat Udara	II-7
2.2.8 Komite Nasional Kecelakaan Transportasi (KNKT).....	II-8
2.2.9 Website <i>flightradar24</i>	II-9

2.2.10	ADS-B.....	II-9
2.2.11	Analisis Data.....	II-10
2.2.12	<i>Clustering Data</i>	II-11
2.2.13	Metode Waterfall.....	II-19
2.3	Penelitian yang Relevan.....	II-21
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		III-1
3.1	Pendahuluan.....	III-1
3.2	Pengumpulan Data.....	III-1
3.2.1	Jenis Data.....	III-2
3.2.2	Sumber Data.....	III-2
3.2.3	Metode Pengumpulan Data.....	III-3
3.3	Tahapan Penelitian.....	III-3
3.3.1	Kerangka Kerja.....	III-4
3.3.2	Kriteria Pengujian.....	III-6
3.3.3	Format Data Pengujian.....	III-8
3.3.4	Alat yang Digunakan dalam Pelaksanaan Penelitian.....	III-9
3.3.5	Pengujian Penelitian.....	III-10
3.3.6	Analisis Hasil Pengujian dan Membuat Kesimpulan.....	III-11
3.4	Pengembangan Perangkat Lunak.....	III-12
3.5	Manajemen Proyek.....	III-13
3.6	Kesimpulan.....	III-16
BAB IV PENGEMBANGAN PERANGKAT LUNAK.....		IV-1
4.1	Pendahuluan.....	IV-1
4.2	Metode <i>Waterfall</i>	IV-1
4.2.1	<i>Fase Analysis</i>	IV-2
4.2.2	<i>Fase Design</i>	IV-4
4.2.3	<i>Development</i>	IV-34
4.2.4	<i>Fase Testing</i>	IV-41
4.2.5	<i>Maintenance</i>	IV-48
4.3	Kesimpulan.....	IV-49
BAB V HASIL DAN ANALISIS.....		V-1
5.1	Pendahuluan.....	V-1
5.2	Data info.....	V-2
5.3	Analisis dan Visualisasi Data.....	V-2

5.3.1	Hasil Pengujian Performa Kmeans	V-6
5.3.2	Hasil Pengujian Performa Birch	V-8
5.3.3	Hasil Pengujian Performa GMM	V-10
5.4	Kesimpulan.....	V-15
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....		VI-1
6.1	Kesimpulan.....	VI-1
6.2	Saran.....	VI-2
DAFTAR PUSTAKA		4
LAMPIRAN.....		8

DAFTAR TABEL

		Halaman
Tabel III-1	Format Tabel Pengujian.....	III-9
Tabel III-1	Schedule Proyek.....	III-15
Tabel IV-1	Kebutuhan Fungsional Perangkat Lunak.....	IV-2
Tabel IV-2	Kebutuhan Non-Fungsional Perangkat Lunak.....	IV-4
Tabel IV-3	Definisi Actor Pada Use case Diagram.....	IV-5
Tabel IV-4	Definisi Use case Diagram.....	IV-6
Tabel IV-5	Diagram Scenario Preprocessing Data.....	IV-8
Tabel IV-6	Diagram Scenario menggunakan Metode Clustering Kmeans.....	IV-9
Tabel IV-7	Diagram Scenario Menggunakan Metode Clustering GMM.....	IV-10
Tabel IV-8	Diagram Scenario menggunakan Metode Clustering Birch.....	IV-11
Tabel IV-9	Diagram Scenario visualisasi data abnormal.....	IV-12
Tabel IV-10	Implementasi Class.....	IV-32
Tabel V-1	Informasi Data.....	V-2
Tabel V-2	Jumlah Data Normal dan Abnormal berdasarkan Kecepatan Vertikal pada Kode Penerbangan.....	V-5
Tabel V-3	Jumlah Data Normal dan Abnormal berdasarkan Sudut Elevasi pada Kode Penerbangan.....	V-2
Tabel V-4	Jumlah Data Normal dan Abnormal pada Runway berdasarkan Kecepatan Vertikal.....	V-6
Tabel V-5	Jumlah Data Normal dan Abnormal pada Runway berdasarkan Sudut Elevasi.....	V-6
Tabel V-6	Skor Metode Evaluasi pada Klaster 1 Sampai 10 dengan Metode Kmeans.....	V-8
Tabel V-7	Skor Metode Evaluasi pada Klaster 1 sampai 10 dengan Metode Birch.....	V-10
Tabel V-8	Skor Metode Evaluasi pada Klaster 1 sampai 10 dengan Metode GMM.....	V-11
Tabel V-9	Data Distribusi untuk setiap Klaster dalam Hasil GMM...	V-13
Tabel V-10	Data Abnormal pada Masing-Masing Klaster.....	V-14
Tabel V-11	Distribusi Data Normal dan Tidak Normal untuk Setiap Klaster pada Hasil GMM Berdasarkan Evaluasi.....	V-15

DAFTAR GAMBAR

		Halaman
Gambar II-1	Letak Bandara SSK II.....	II-3
Gambar II-2	Letak Marka Landasan Pacu.....	II-4
Gambar II-3	Letak Aim point Markings Pada Bandara Sultan Syarif Kasim II.....	II-6
Gambar II-4	Glide Path.....	II-6
Gambar II-5	Struktur Algoritma Birch.....	II-15
Gambar III-1	Alur Pengumpulan Data Penelitian.....	III-2
Gambar III-2	Kerangka Kerja.....	III-5
Gambar III-3	Data Preprocessing dan Data Grouping.....	III-5
Gambar III-4	Wireframe Perangkat Lunak.....	III-13
Gambar IV-1	Use case Diagram.....	IV-5
Gambar IV-2	Activity Diagram Preprocessing Data.....	IV-15
Gambar IV-3	Activity Diagram menggunakan Metode Clustering Kmeans.....	IV-16
Gambar IV-4	Activity Diagram menggunakan Metode Clustering GMM.....	IV-17
Gambar IV-5	Activity Diagram menggunakan Metode Clustering Birch.....	IV-18
Gambar IV-6	Activity Diagram Visualisasi Data Abnormal.....	IV-20
Gambar IV-7	Sequence Diagram Preprocessing Data.....	IV-23
Gambar IV-8	Sequence Diagram menggunakan Metode Clustering Kmeans.....	IV-25
Gambar IV-9	Sequence Diagram menggunakan Metode Clustering GMM.....	IV-25
Gambar IV-10	Sequence Diagram menggunakan Metode Clustering Birch.....	IV-26
Gambar IV-11	Sequence Diagram Visualisasi Data Abnormal.....	IV-28
Gambar IV-12	Class Diagram.....	IV-29
Gambar IV-13	Wireframe Halaman Menu.....	IV-30
Gambar IV-14	Wireframe Halaman Preprocessing and Modelling Process.....	IV-31
Gambar IV-15	Wireframe Halaman Visualization Abnormality.....	IV-31
Gambar IV-16	Halaman Menu.....	IV-35
Gambar IV-17	Halaman Preprocessing.....	IV-36
Gambar IV-18	Halaman Tampil Data Mentah.....	IV-36
Gambar IV-19	Halaman Visualisasi Pemodelan.....	IV-37
Gambar IV-20	Halaman visualisasi data abnormal.....	IV-38
Gambar IV-21	Black Box Testing Pada Preprocessing.....	IV-39
Gambar IV-22	Black Box Testing Pada Metode Clustering Kmeans... ..	IV-41
Gambar IV-23	Black Box Testing pada Metode Clustering GMM.....	IV-42
Gambar IV-24	Black Box Testing pada Metode Clustering Birch.....	IV-43
Gambar IV-25	Black Box Testing pada Visualisasi Data Abnormal....	IV-45

Gambar V-1	Distribusi Label Abnormal Dan Normal Berdasarkan Kecepatan Vertical Dan Sudut Elevasi.....	V-3
Gambar V-2	Visualisasi Scatter plot Data Normal dan Abnormal berdasarkan Kecepatan Vertikal.....	V-4
Gambar V-3	Visualisasi Scatter plot Data Normal dan Abnormal berdasarkan Sudut Elevasi.....	V-4
Gambar V-4	Visualisasi Scatter plot Klaster 8 dengan Metode Kmeans.....	V-7
Gambar V-5	Visualisasi Scatter plot Klaster 4 dengan Metode Kmeans.....	V-8
Gambar V-6	Visualisasi Scatter plot Metode Birch.....	V-9
Gambar V-7	Visualisasi Scatter plot Klaster 8 dengan Metode Birch.....	V-10
Gambar V-8	Visualisasi Scatter plot Metode GMM.....	V-11
Gambar V-9	Visualisasi Scatter plot Klaster 8 dengan Metode GMM.....	V-12

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Hasil Cek Plagiat Turnitin
- Lampiran 2. *Source Code Class App*
- Lampiran 3. *Source Code Class DataPreprocessor*
- Lampiran 4. *Source Code Class KmeansClusteringApp*
- Lampiran 5. *Source Code Class BirchClusteringApp*
- Lampiran 6. *Source Code Class GMMClusteringApp*
- Lampiran 7. *Source Code Class AbnormalityVisualizationApp*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Pendahuluan

Pada bab ini akan berisi penjelasan yang mencakup gambaran umum dalam penyusunan yang sesuai dengan judul skripsi yaitu **Deteksi Anomali Pendaratan Pesawat di Bandara Sultan Syarif Kasim II Menggunakan Algoritma *KMeans*, *Gaussian Matrix Mixture (GMM)*, dan *Balanced Iterative Reducing and Clustering using Hierarchies (Birch)* Berdasarkan Data ADS-B**. Bab ini akan memuat beberapa pembahasan mengenai rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, metode penelitian yang digunakan, dan sistematika penulisan skripsi.

1.2 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara kepulauan yang terpisahkan oleh perairan. Pada jaman dahulu masyarakat Indonesia masih menggunakan kapal untuk bepergian dari satu pulau ke pulau lainnya. Saat ini, dengan kemajuan teknologi yang pesat, penduduk Indonesia memiliki akses ke berbagai sarana transportasi yang beragam untuk keperluan perjalanan. Salah satu transportasi yang sering digunakan masyarakat Indonesia adalah pesawat terbang. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS), tahun 2023 bahwa angka tersebut meningkat dari tahun 2022 yaitu tercatat 80,14 atau sekitar 30 persen juta penumpang pesawat di Indonesia. (Badan Pusat Statistika, 2023).

Kecelakaan transportasi merupakan salah satu risiko yang harus dihadapi

dalam penggunaan transportasi. Menurut (Lucyana et al., 2022) dalam dunia penerbangan kecelakaan didefinisikan menjadi dua jenis yaitu kecelakaan (*accident*) dan kejadian (*incident*). Kedua peristiwa tersebut dapat dibedakan berdasarkan tingkat keparahan kerugian pada manusia, luka-luka, dan dampak lainnya. Dalam konteks penerbangan, kecelakaan (*accident*) dapat dijelaskan sebagai suatu insiden yang tidak terduga yang terkait dengan pengoperasian pesawat, yang dapat menimbulkan kerugian pada manusia dan fasilitas. Sementara itu, kejadian (*incident*) merujuk pada peristiwa yang terkait dengan operasi pesawat tetapi tidak menghasilkan korban. Dengan kata lain, kejadian adalah suatu peristiwa selain dari kecelakaan yang dapat mempengaruhi keselamatan operasional pesawat (Saputra, 2017).

Berdasarkan laporan Komite Nasional Keselamatan Transportasi (KNKT), terdapat 134 kasus kecelakaan pesawat terbang yang terjadi di Indonesia pada periode tahun 2019-2023. Dari total jumlah tersebut, tidak terdapat kasus *incident*, sementara untuk *accident* tercatat sebanyak 54 kejadian, atau setara dengan 40,30%. Adapun kasus *serious accident* mencapai 80 kejadian, atau sebesar 59,70% (Komite Nasional Keselamatan Transportasi, 2023).

Faktor-faktor yang umumnya menjadi penyebab kecelakaan pesawat sering disebut sebagai 5-M, yang mencakup *Man* (Personel), *Machine* (Mesin), *Media* (Lingkungan), *Mission* (Tugas), dan *Management* (Manajemen). (*The International Civil Aviation Organization*, 2018).

Pada penelitian akan menganalisis proses pendaratan pesawat khususnya pada Bandara Sultan Syarif Kasim II. Analisis akan difokuskan pada evaluasi sudut

pendaratan pesawat yang telah ditetapkan oleh ICAO. Tujuan utama adalah memastikan kesesuaian sudut pendaratan pesawat dengan aturan yang telah ditetapkan oleh ICAO, serta memeriksa kepatuhan terhadap aturan kecepatan vertikal saat melakukan proses pendaratan. Sehingga diharapkan nantinya hasil dari penelitian ini dapat menjadi bahan evaluasi bagi maskapai untuk meningkatkan keselamatan dan mencegah terjadinya potensi kecelakaan yang dapat menimbulkan kerugian ekonomis atau non-ekonomis bagi perusahaan atau organisasi.

1.3 Rumusan Masalah

Dalam sub bab ini, terdapat rangkaian pernyataan yang telah direncanakan oleh untuk membahas dan meneliti perincian permasalahan. Tujuannya yaitu agar fokus penelitian dapat memiliki pembatasan yang jelas, memandu dalam pengembangan topik, serta membentuk batasan-batasan pembahasan yang akan menjadi pedoman dalam pelaksanaan penelitian. Berikut pernyataan mengenai rincian permasalahan pada penelitian:

1. Apakah sudut pendaratan dan kecepatan vertikal pesawat di Bandara Sultan Syarif Kasim II telah sesuai dengan ketentuan yang ditetapkan oleh ICAO, dan sejauh mana kepatuhan terhadap aturan tersebut oleh maskapai penerbangan?
2. Bagaimana pengelolaan data *Automatic Dependent Surveillance-Broadcast* (ADS-B) landing pesawat terbang agar dapat dianalisis dengan baik?
3. Bagaimana data dapat dikelompokkan menjadi normal dan abnormal berdasarkan kecepatan vertikal (*vertical speed*) dan sudut elevasi

(elevation)?

1.4 Tujuan

Dalam sub-bab tujuan, terkandung informasi mengenai hasil yang menjadi tujuan yang diinginkan dari penyusunan tugas akhir dan penelitian yang tengah dilaksanakan. Sub bab ini berfungsi sebagai wadah untuk menggambarkan dengan jelas dan terperinci mengenai pencapaian yang diharapkan dari keseluruhan karya tulis dan upaya penelitian yang akan dilakukan. Berikut adalah aspek-aspek yang akan menjadi sasaran atau target dalam penelitian:

1. Mengelola, menganalisis, dan menarik kesimpulan dari data ADS-B landing pesawat pada bandara Sultan Syarif Kasim II.
2. Mengetahui atribut dan fitur yang digunakan untuk membedakan kategori normal dan tidak normal.
3. Memastikan bahwa hasil *clustering* dapat diinterpretasikan secara berguna.
4. Menentukan apakah ada kebijakan atau tindakan tertentu yang harus diambil berdasarkan hasil *clustering* tersebut.

1.5 Manfaat

Pada sub bab ini, terdapat uraian mengenai harapan yang ingin dicapai oleh melalui hasil kegiatan penelitian yang telah dilaksanakan, sekaligus menyoroti kontribusi positif atau manfaat yang diantisipasi dapat diperoleh dari temuan penelitian tersebut. berikut adalah beberapa manfaat yang diharapkan dalam penelitian:

1. Menambah pengetahuan dalam melakukan proses *clustering* pada data

pesawat terbang berdasarkan sudut pendaratan dan kecepatan vertikal.

2. Sebagai bahan referensi yang dapat dijadikan peneliti lain untuk mengembangkan terkait dengan penelitian ini.
3. Sebagai bahan evaluasi bagi maskapai untuk meningkatkan lagi performa keselamatan dan mengikuti aturan yang sudah ditetapkan.

1.6 Batasan Masalah

Dalam penguraian batasan masalah ini akan menyampaikan beberapa pernyataan yang mencakup pembatasan-pembatasan yang bertujuan untuk merumuskan fokus penelitian secara lebih spesifik dan merinci parameter lingkup yang akan digunakan dalam rangka penelitian ini. Berikut merupakan sejumlah batasan masalah dalam konteks penelitian ini:

1. Data yang dipakai dalam penelitian ini yaitu data ADS-B pesawat terbang yang didapatkan melalui API www.flightradar24.com.
2. Parameter yang digunakan dalam proses *clustering* adalah marka *aim point*, sudut pendarat pesawat terbang dan kecepatan vertikal.

1.7 Sistematika Penulisan

Sub bab ini akan memuat pengaturan mengenai tata letak penulisan dalam karya tulis penelitian, yang melibatkan susunan dan lokasi yang digunakan dalam penyusunannya. Adapun sistematika penulisan dalam laporan skripsi adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Dalam bab ini berisikan tentang pendahuluan, latar belakang, tujuan, manfaat, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

BAB II KAJIAN LITERATUR

Bab ini berisikan uraian singkat tentang pendahuluan kajian literatur, landasan teori dan kesimpulan.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tahapan-tahapan yang dilakukan dalam penelitian dalam bentuk kerangka kerja dan juga menjelaskan manajemen proyek yang digunakan untuk melakukan penelitian.

BAB V PENGEMBANGAN PERANGKAT LUNAK

Bab ini berisi uraian singkat tentang pendahuluan, metode yang digunakan dalam pembuatan aplikasi, manajemen proyek, dan kesimpulan.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini menjelaskan kesimpulan hingga saran terhadap penyusunan laporan.

1.8 Kesimpulan

Seperti yang telah disampaikan bahwa kecelakaan pada penggunaan transportasi adalah salah satu resiko yang harus dihadapi pengguna atau penumpang dari transportasi tersebut. Namun, kecelakaan transportasi dapat diminimalisir untuk mengurangi kerugian baik dari korban jiwa ataupun fasilitas. Melalui penelitian ini diharapkan dapat memberikan evaluasi terhadap maskapai penerbangan agar lebih berhati-hati dan mengikuti aturan protokol yang telah ditetapkan agar tidak terjadi kejadian yang tidak diinginkan. Selain itu hasil dari

penelitian ini juga dapat meningkatkan kesadaran kepada masyarakat tentang pentingnya keselamatan pada pesawat terbang.

DAFTAR PUSTAKA

- Angkasapura II. (2018). Sultan Syarif Kasim II.
- Ajhari, A. A., Putra, G., & Negara, K. (2022). *Aircraft Flight Movement Anomaly Detection using Automatic Dependent Surveillance-Broadcast*. www.joiv.org/index.php/joiv
- Caliński, T., & Harabasz, J. (1974). A dendrite method for klasteranalysis. *Communications in Statistics*, 3(1), 1–27. <https://doi.org/10.1080/03610927408827101>
- Code7700. (2019). *aim point vs touchdown point*
- Du, H. Z., & Li, Y. Bin. (2010). An improved BIRCH clustering algorithm and application in thermal power. *Proceedings - 2010 International Conference on Web Information Systems and Mining, WISM 2010, 1*, 53–56. <https://doi.org/10.1109/WISM.2010.123>
- Firman Ashari, I., Dwi Nugroho, E., Baraku, R., Yanda, I. N., & Liwardana, R. (2023). Analysis of Elbow, Silhouette, Davies-Bouldin, Calinski-Harabasz, and Rand-Index Evaluation on K-Means Algorithm for Classifying Flood-Affected Areas in Jakarta. In *Journal of Applied Informatics and Computing (JAIC)* (Vol. 7, Issue 1). <http://jurnal.polibatam.ac.id/index.php/JAIC>
- Flightradar24. (2023). *About Flightradar24*.
- Ghazal, T. M., Hussain, M. Z., Said, R. A., Nadeem, A., Hasan, M. K., Ahmad, M., Khan, M. A., & Naseem, M. T. (2021). Performances of k-means clustering algorithm with different distance metrics. *Intelligent Automation and Soft Computing*, 30(2), 735–742. <https://doi.org/10.32604/iasc.2021.019067>
- Ho, C.-H., Fellow, D. D. E., & Romero, P. (2009). *Increasing Airport Operation Safety Based On Updated Or Enhanced Airport Pavement Markings: A Case Study*.
- Zhuang, X., Huang, J., Potamianos, G., & Johnson, M. H. (2009). *Acoustic Fall Detection Using Gaussian Mixture Models And Gmm Supervectors*. IEEE.
- Ikotun, A. M., Ezugwu, A. E., Abualigah, L., Abuhaija, B., & Heming, J. (2023). K-means clustering algorithms: A comprehensive review, variants analysis, and advances in the era of big data. *Information Sciences*, 622, 178–210. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ins.2022.11.139>

- Jajuga, K., Batóg, J., Walesiak, M., & Theory, A. (2020). *Studies in Classification, Data Analysis, and Knowledge Organization Classification and Data Analysis*. <http://www.springer.com/series/1564>
- KNKT. (2023). Capaian kinerja KNKT tahun 2023.
- Kodinariya, T., & Makwana, P. (2013). Review on Determining of Klasterin K-means Clustering. *International Journal of Advance Research in Computer Science and Management Studies*, 1, 90–95.
- Liu, Y., Li, Z., Xiong, H., Gao, X., & Wu, J. (2010). Understanding of internal clustering validation measures. *Proceedings - IEEE International Conference on Data Mining, ICDM*, 911–916. <https://doi.org/10.1109/ICDM.2010.35>
- Lorbeer, B., Kosareva, A., Deva, B., Softić, D., Ruppel, P., & Küpper, A. (2018). Variations on the Clustering Algorithm BIRCH. *Big Data Research*, 11, 44–53. <https://doi.org/10.1016/j.bdr.2017.09.002>
- Lucyana, N., Passarella, R., Kurniawan, D., Sari, P., & Buchari, M. A. (2022). Analisis Penyebab Kecelakaan Pesawat Di Indonesia Menggunakan Metode K-Means. 7(2), 89.
- Mughnyanti, M., Efendi, S., & Zarlis, M. (2020). Analysis of determining centroid clustering x-means algorithm with davies-bouldin index evaluation. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 725(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/725/1/012128>
- Murugaiyan, D. (2012). *International Journal of Information Technology and Business Management Waterfallvs V-MODEL Vs AGILE: A COMPARATIVE STUDY ON SDLC*. 2(1). www.jitbm.com
- Ni, A. ', Retno, D., Saputro, S., Program,), Matematika, S., Matematika, F., Ilmu, D., & Alam, P. (2022). *Algoritme Partitioning Around Medoid (Pam) Dengan Calinski-Harabasz Index Untuk Clustering Data Outlier (Partitioning Around Medoid (PAM) Algorithm with Calinski-Harabasz Index for Clustering Data Outlier)*. <https://magestic.unej.ac.id/>
- Nurhayati, Y., & Susanti. (2014). *Implementasi Automatic Dependent Surveillance Broadcast (ADS-B) di Indonesia*.
- Pakan, W. (2008). *Faktor Penyebab Kecelakaan Penerbangan Di Indonesia Tahun 2000 - 2006*.
- Pargaonkar, S. (2023). A Comprehensive Research Analysis of Software Development Life Cycle (SDLC) Agile & Waterfall Model Advantages, Disadvantages, and Application Suitability in Software Quality Engineering.

International Journal of Scientific and Research Publications, 13(8), 120–124. <https://doi.org/10.29322/ijsrp.13.08.2023.p14015>

Ramadhani, F., Zarlis, M., & Suwilo, S. (2020). Improve BIRCH algorithm for big data clustering. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 725(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/725/1/012090>

Ramadhona, Rispianda, & Wahyuning, C. S. (2014). *Rancangan Sistem Informasi Investigasi Kecelakaan Pada Knkt (Komite Nasional Keselamatan Transportasi)*. 174.

Reynolds, D. (2009). *Gaussian Mixture Models* *.

Reynolds, N. B. (2007). *An Investigation into Landing Approach Visual Illusions*.

Saputra, A. D. (2017). Studi Analisis Penyebab *Runway* Excursion di Indonesia Berdasarkan Data Komite Nasional Keselamatan Transportasi (KNKT) Tahun 2007-2016. *WARTA ARDHIA*, 43(2), 93–104. <https://doi.org/10.25104/wa.v43i2.305.93-104>

Saputra, A. D., Priyanto, S., Bhinnety, M., Sipil, J. T., & Lingkungan, D. (2015). *Pengkajian Tingkat Beban Kerja Mental Pilot Pesawat Terbang Dalam Melaksanakan Tahap Fase Terbang (Phase Of Flight)*. 13(3), 181–189.

Shahapure, K. R., & Nicholas, C. (2020). Klasterquality analysis using *silhouette score*. *Proceedings - 2020 IEEE 7th International Conference on Data Science and Advanced Analytics, DSAA 2020*, 747–748. <https://doi.org/10.1109/DSAA49011.2020.00096>

Sheridan, K., Puranik, T. G., Mangortey, E., Pinon, O. J., Kirby, M., & Mavris, D. N. (2020). An application of *dbscan clustering* for flight anomaly detection during the approach phase. *AIAA Scitech 2020 Forum, 1 PartF*. <https://doi.org/10.2514/6.2020-1851>

Shutaywi, M., & Kachouie, N. N. (2021). Silhouette analysis for performance evaluation in machine learning with applications to *clustering*. *Entropy*, 23(6). <https://doi.org/10.3390/e23060759>

Sinaga, K. P., & Yang, M.-S. (2020). Unsupervised K-Means *Clustering* Algorithm. *IEEE Access*, 8, 80716–80727. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2988796>

Skybrary. (2021). *Vertical speed indicator*

Song, J.-H., Oh, K.-R., Kim, I., Kim, I., Moon, S.-M., Kim, K.-T., & Lee, J.-Y. (2008). Prototype design of traffic information service-broadcast server using

the ADS-B test-bed. *2008 International Conference on Control, Automation and Systems*, 1583–1586. <https://doi.org/10.1109/ICCAS.2008.4694485>

Sutanto Priyo, H. (2001). *SUTANTO PRIYO HASTONO: Analisis Data*.

Tarihoran, A. A. (2020). *Pelaksanaan Angkutan Sewa Khusus Terhadap Jasa Angkutan Taksi Online Di Bandar Udara Sultan Syarif Kasim Ii Pekanbaru Pada Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 17 Tahun 2019 Tentang Angkutan Sewa Khusus*.

'THORIQ, M. D. B., & 'Passarella, R. (2022). *Analisis Data Kecelakaan Pesawat Terbang Komersial Menggunakan Metode Exploratory Data Analysis*.

Wang, R., Zhou, J., Jiang, H., Han, S., Wang, L., Wang, D., & Chen, Y. (2021). A General Transfer Learning-based Gaussian Mixture Model for *Clustering*. *International Journal of Fuzzy Systems*, 23(3), 776–793. <https://doi.org/10.1007/s40815-020-01016-3>

Wang, X., & Xu, Y. (2019). An improved index for *clustering* validation based on Silhouette index and Calinski-Harabasz index. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 569(5). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/569/5/052024>

Xiao, J., Lu, J., & Li, X. (2017). Davies Bouldin Index based hierarchical initialization K-means. *Intelligent Data Analysis*, 21, 1327–1338. <https://doi.org/10.3233/IDA-163129>

Yunus, M., Tuhepaly, R. S. S., & Fitriadhy, A. (2021). *Feasibility Analysis of Runway, Taxiway and Apron Dimensions of Torea Airport in Fakfak Regency, West Papua Province*.

Zhang, T., Ramakrishnan, R., & Livny, M. (1996). BIRCH: an efficient data *clustering* method for very large databases. *SIGMOD Rec.*, 25(2), 103–114. <https://doi.org/10.1145/235968.233324>

Zhang, Y., Li, M., Wang, S., Dai, S., Luo, L., Zhu, E., Xu, H., Zhu, X., Yao, C., & Zhou, H. (2021). Gaussian mixture model *clustering* with incomplete data. *ACM Transactions on Multimedia Computing, Communications and Applications*, 17(1s). <https://doi.org/10.1145/3408318>