

**ANALISIS KECELAKAAN PENERBANGAN
DI INDONESIA MENGGUNAKAN METODE
*AGGLOMERATIVE HIERARCHICAL CLUSTERING***

**Berdasarkan Database Komite Nasional Keselamatan Transportasi (KNKT)
Tahun 1997-2020**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Strata 1**



Oleh

Gulfi Oktariani

09011381823118

**JURUSAN SISTEM KOMPUTER
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2022

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS KECELAKAAN PENERBANGAN DI INDONESIA MENGUNAKAN METODE *AGGLOMERATIVE HIERARCHICAL CLUSTERING*

Berdasarkan Database Komite Nasional Keselamatan Transportasi (KNKT)
Tahun 1997-2020

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Strata 1

Oleh :

GULFI OKTARIANI

09011381823118

Palembang, 28 Februari 2022

Mengetahui,

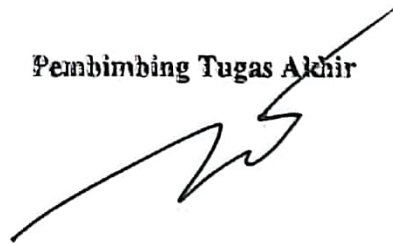
Ketua Jurusan Sistem Komputer



Dr. Ir. H. Sukemi, M.T

NIP. 196612032006041001

Pembimbing Tugas Akhir



Rossi Passarella, S.T., M.Eng

NIP. 197806112010121004

HALAMAN PERSETUJUAN

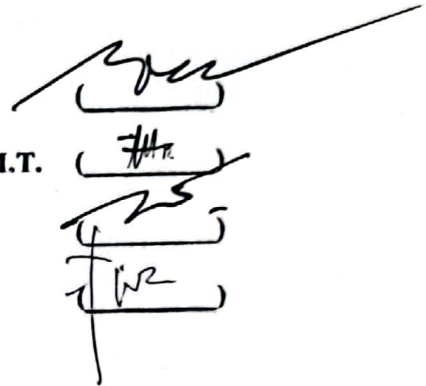
Telah diuji dan lulus pada :

Hari : Jumat

Tanggal : 25 Februari 2022

Tim Penguji :

1. Ketua : Dr. Ir. H. Sukemi, M.T.
2. Sekretaris : Muhammad Ali Buchari, S.Kom., M.T.
3. Pembimbing : Rossi Passarella, S.T., M.Eng.
4. Penguji : Firdaus, M.Kom.



Handwritten signatures of the examiners, each enclosed in a rectangular box. The signatures are: 1. Dr. Ir. H. Sukemi, M.T. (top), 2. Muhammad Ali Buchari, S.Kom., M.T. (middle), 3. Rossi Passarella, S.T., M.Eng. (bottom), and 4. Firdaus, M.Kom. (bottom-most).

Mengetahui,

Ketua Jurusan Sistem Komputer



Dr. Ir. H. Sukemi, M.T.

NIP. 196612032006041001

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Gulfi Oktariani

NIM : 09011381823118

Judul : Analisis Kecelakaan Penerbangan di Indonesia Menggunakan Metode *Agglomerative Hierarchical Clustering*

Hasil Pengecekan Software iThenticate/Turnitin : 7%

Menyatakan bahwa laporan tugas akhir saya merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan hasil penjiplakan / plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan / plagiat dalam laporan tugas akhir ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tidak dipaksakan.



Palembang, 28 Februari 2022



Gulfi Oktariani

HALAMAN PERSEMBAHAN

Tidak ada perjuangan yang sia-sia jika kamu terus berusaha dan kerja keras, tentunya dapat memberikan hasil yang maksimal untuk dirimu sendiri. Cobaan dan lika-liku selama perkuliahan menjadikan diri ini semakin kuat dan percaya diri untuk dapat melakukan yang terbaik di masa depan, nilai yang bagus tidak menjadi tolak ukur kesuksesan seseorang. Melainkan pengalaman serta percaya diri lah seseorang dapat berdiri tegak di tengah-tengah orang yang selalu meremehkannya. Satu hal terpenting dalam dunia perkuliahan yaitu ikut pengabdian ke masyarakat untuk melihat bagaimana kondisi nyata di lapangan, dari pengalaman itulah tentunya saya sangat bersyukur atas nikmat yang diberikan hingga saat ini, karena masih banyak orang di luar sana ingin berdiri seperti kita saat ini.

“Tidak perlu menjadi hebat, tapi perlu menjadi baik. Orang yang hebat belum tentu baik, tapi orang yang baik sudah tentu hebat.”

-Gulfi Oktariani-

KATA PENGANTAR



Alhamdulillah rabbil'alamin. Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, atas segala karunia dan berkat rahmat-nya penulis dapat menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir ini dengan judul "Analisis Kecelakaan Penerbangan di Indonesia Menggunakan Metode *Agglomerative Hierarchical Clustering*".

Dalam laporan penulisan menjelaskan mengenai implementasi metode *agglomerative hierarchical clustering* dalam kecelakaan penerbangan di Indonesia. Penulis berharap tulisan ini dapat bermanfaat bagi orang banyak, maupun penulis. Pada penyusunan laporan ini, penulis banyak mendapatkan saran serta bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan rasa syukur kepada Allah SWT dan terimakasih yang terhormat :

1. Allah SWT, yang tak henti-hentinya memberikan rahmat dan karunia-nya sehingga tugas akhir ini dapat berjalan dengan lancar.
2. Kedua orang tua beserta keluarga yang selalu mensupport dan pastinya selalu mendoakan yang terbaik, serta selalu memberikan semangat dan motivasi tiada hentinya.
3. Bapak Jaidan Jauhari, S.Pd. M.T selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.
4. Bapak Dr.Ir.H.Sukemi, M.T selaku Ketua Jurusan Sistem Komputer Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.
5. Bapak Rossi Passarella, S.T., M.Eng selaku Pembimbing Tugas Akhir Penulis yang telah berkenan meluangkan waktunya guna untuk membimbing dalam pembuatan tugas akhir, memberikan saram dan motivasi serta bimbingan terbaik untuk penulis dalam menyelesaikan tugas akhir.
6. Bapak Huda Ubaya, M.T selaku Pembimbing Akademik Jurusan Sistem Komputer.

7. Mbak Renny Virgasari selaku Admin Jurusan Sistem Komputer, yang telah hadir dalam hidup saya selama perkuliahan yang membantu dalam urusan administrasi, dan selalu memberi motivasi.
8. Mbak Sari selaku Admin Jurusan Sistem Komputer, yang sudah selalu membantu dalam proses administrasi.
9. Untuk diri saya sendiri yang sudah berjuang hingga saat ini dan mampu bertahan dari banyaknya cobaan yang datang dan pergi, tapi dengan percaya diri dan yakin maka jalan untuk mengapai titik kemenangan selalu dimudahkan. Terimakasih untuk diri sendiri yang selalu kuat menghadapi tantangan.
10. Kepada team research transportasi : Nadya Lucyana, M. Daffa Badran Thoriq, Meita Aryani, M. Dion Iqbal dan Surya AlFajri.
11. Kepada Ronnie Radhitiya Raffi dan Aji Salahudin Prima yang turut membantu ketika saya sedang membutuhkan bantuan.
12. Seluruh teman-teman Jurusan Sistem Komputer khususnya kelas unggulan angkatan 2018 yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun agar lebih baik lagi dikemudian hari.

Akhir kata dengan segala keterbatasan, penulis berharap semoga laporan ini menghasilkan sesuatu yang bermanfaat bagi kita semua, khususnya bagi mahasiswa Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya secara langsung ataupun tidak langsung sebagai sumbangan pikiran dalam peningkatan mutu pembelajaran.

Palembang, 28 Februari 2022



Penulis

ANALYSIS OF AVIATION ACCIDENTS IN INDONESIA USING AGGLOMERATIVE HIERARCHICAL CLUSTERING METHODS

Gulfi Oktariani (09011381823118)

Dept. Of Computer Engineering, Faculty of Computer Science, Sriwijaya University

Email: gulfioktariani19@gmail.com

Abstract

This research focuses on aviation accidents in Indonesia, based on KNKT data the main factor that causes the most dominant accidents is the human factor with a percentage of 67.12% starting from 2010-to 2016. This study aims to analyze the influence of pilots in human causal factors to find out the percentage of factors that affect accident data. The method used is the Agglomerative Hierarchical Clustering method with the average linkage technique as the best technique between single linkage and complete linkage techniques, to label data from variable total flight hours and pilot's license to determine both variables, whether the pilot has fulfilled the total flight hours in accordance with the pilot's license that has been established by the Civil Aviation Safety Regulation (CASR). The results showed that pilots who did not meet total flight hours based on a predetermined pilot's license made up only 1.3% of the 156 crash data analyzed. This means that the human factors caused by pilots are insignificant based on total flight hours and pilot's license in-flight accidents.

Keywords: Aviation Accidents, Agglomerative Hierarchical Clustering Methods, Pilot's License, Total Pilot Flight Hours, Causative Factors

Palembang, 28 February 2022

Acknowledged,

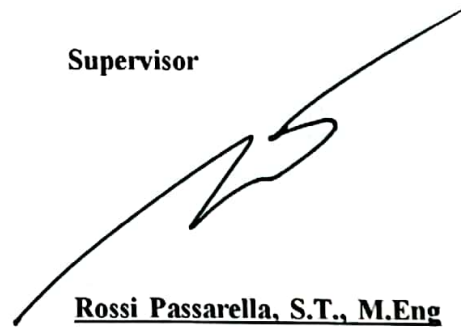
Head of Computer Systems Department

Supervisor



Dr. Ir. HRSukemi, M.T.

NIP. 196612032006041001



Rossi Passarella, S.T., M.Eng

NIP. 197806112010121004

**ANALISIS KECELAKAAN PENERBANGAN DI INDONESIA
MENGUNAKAN METODE *AGGLOMERATIVE HIRARCHICAL
CLUSTERING***

Gulfi Oktariani (09011381823118)

Jurusan Sistem Komputer, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Sriwijaya

Email : gulfioktariani19@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini berfokus pada kecelakaan penerbangan di Indonesia, berdasarkan data KNKT menyatakan bahwa faktor utama yang menjadi penyebab kecelakaan paling dominan yaitu faktor manusia dengan persentase 67.12% terhitung dari tahun 2010-2016. Tujuan penelitian ini melakukan analisis pengaruh pilot dalam faktor penyebab manusia, untuk mengetahui persentase faktor tersebut mempengaruhi data kecelakaan. Metode yang digunakan adalah metode *Agglomerative Hierarchical Clustering* dengan teknik *average linkage* sebagai teknik terbaik diantara teknik *single linkage* dan *complete linkage*, untuk melakukan label data dari variabel total jam terbang dan lisensi pilot untuk menentukan kedua variabel tersebut, apakah pilot telah memenuhi total jam terbang sesuai dengan lisensi pilot yang telah ditetapkan oleh *Civil Aviation Safety Regulation (CASR)*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pilot yang tidak memenuhi total jam terbang berdasarkan lisensi pilot yang telah ditetapkan hanya 1.3% dari 156 data kecelakaan yang dianalisis, yang artinya bahwa faktor manusia yang disebabkan oleh pilot tidak signifikan berdasarkan total jam terbang dan lisensi pilot dalam kecelakaan penerbangan.

Kata Kunci: Kecelakaan Penerbangan, Metode *Agglomerative Hierarchical Clustering*, Lisensi Pilot, Total Jam Terbang Pilot, Faktor Penyebab

Palembang, 28 Februari 2022

**Mengetahui,
Ketua Jurusan Sistem Komputer**



Dr. Ir. H. Sukemi, M.T.
NIP. 196612032006041001

Pembimbing Tugas Akhir

Rossi Passarella, S.T., M.Eng
NIP. 197806112010121004

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
1.6 Metodologi Penelitian.....	5
1.7 Sistematika Penulisan	6
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	8
2.1 Penelitian Terkait.....	8
2.2 Landasan Teori	10
2.2.1 Pengertian Kecelakaan.....	11
2.2.2 Pengertian Insiden	11
2.2.3 Kecelakaan Pesawat.....	12

2.2.4	Pembagian Lokasi Bandara Berdasarkan Operator	13
2.2.5	Pilot.....	16
2.2.6	Fase Penerbangan (Flight Phases)	19
2.2.7	Data Preprocessing	20
2.2.8	Exploratory Data Analysis (EDA).....	21
2.2.9	Clustering	21
2.2.10	Euclidean Distance	22
2.2.11	Metode Agglomerative Hierarchical Clustering	23
2.2.12	Pengujian Metode Clustering	28
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN		34
3.1	Pendahuluan	34
3.2	Kerangka Kerja.....	35
3.2.1	Studi Pustaka/Literatur.....	36
3.2.2	Pengumpulan Data.....	36
3.2.3	Data Preprocessing	36
3.2.4	Visualisasi Data (EDA).....	37
3.2.5	Metode Agglomerative Hierarchical	37
3.2.6	Pemilihan dan Evaluasi.....	38
3.2.7	Kesimpulan	38
3.3	Spesifikasi Perangkat Keras dan Perangkat Lunak	39
3.3.1	Perangkat Keras.....	39
3.3.2	Perangkat Lunak.....	39
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN		41
4.1	Pendahuluan	41
4.2	Data Preprocessing	41
4.2.1	Data Cleaning	41

4.2.2	Data Transformation.....	42
4.2.3	Data Reduction.....	43
4.3	Statistik Deskriptif.....	45
4.4	Visualisasi Data (EDA).....	46
4.5	Metode Agglomerative Hierarchical	48
4.5.1	Euclidean Distance	49
4.5.2	Single Linkage.....	50
4.5.3	Complete Linkage.....	52
4.5.4	Average Linkage	54
4.5.5	Uji Validasi Indeks	56
4.6	Pemilihan dan Evaluasi Metode	58
4.6.1	Average Linkage Lanjutan.....	58
4.6.2	Visualisasi Penyebaran Data	58
4.6.3	Distribusi Data Lisensi Pilot	61
4.6.4	Analisis Hasil Cluster	62
4.6.5	Analisis Data Cluster 4	64
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		67
5.1	Kesimpulan.....	67
5.2	Saran	68
DAFTAR PUSTAKA		69

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kecelakaan pesawat (Aircraft Accident Report,2010).....	11
Gambar 2.2 Insiden/kejadian pesawat (Aircraft Serious Incident Report,2011) .	12
Gambar 2.3 Bandara Angkasa Pura I	14
Gambar 2.4 Bandara Angkasa Pura II.....	15
Gambar 2.5 Pangkalan Udara Koops AU I	15
Gambar 2.6 Pangkalan Udara Koops AU II	16
Gambar 2.7 Pangkalan Udara Koops AU III.....	16
Gambar 2.8 Flowchart agglomerative hierarchical clustering.....	24
Gambar 2.9 Metode single linkage	25
Gambar 2.10 Metode complete linkage.....	26
Gambar 2.11 Metode average linkage.....	27
Gambar 3.1. Kerangka kerja dari penelitian	35
Gambar 4.1 Visualisasi label encoder lisensi pilot	43
Gambar 4.2 Data total jam terbang dan lisensi pilot	44
Gambar 4.3 Nilai data standardscaler.....	44
Gambar 4.4 Visualisasi data lisensi pilot.....	47
Gambar 4.5 Visualisasi total jam terbang berdasarkan lisensi pilot	47
Gambar 4.6 Visualisasi jumlah cluster menggunakan silhouette index	49
Gambar 4.7 Hasil dari matriks jarak euclidean.....	49
Gambar 4.8 Visualisasi distribusi data 4 cluster single linkage.....	51
Gambar 4.9 Visualisasi dendrogram metode single linkage	51
Gambar 4.10 Visualisasi distribusi data 4 cluster complete linkage.....	53
Gambar 4.11 Visualisasi dendrogram complete linkage	53
Gambar 4.12 Visualisasi distribusi data 4 cluster average linkage.....	55
Gambar 4.13 Visualisasi dendrogram average linkage	55
Gambar 4.14 Visualisasi penyebaran data cluster 1	59
Gambar 4.15 Visualisasi penyebaran dari cluster 2	60
Gambar 4.16 Visualisasi penyebaran dari cluster 3	60
Gambar 4.17 Visualisasi penyebaran dari cluster 4	61
Gambar 4.18 Distribusi data lisensi pilot	62

Gambar 4.19 Data cluster 4 average linkage	65
Gambar 4.20 Visualisasi data cluster 4 average linkage	66

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Spesifikasi dari perangkat lunak.....	39
Tabel 4.1 Data berdasarkan lisensi pilot.....	42
Tabel 4.2 Statistik deskriptif data	45
Tabel 4.3 Jumlah setiap cluster single linkage	50
Tabel 4.4 Jumlah setiap cluster complete linkage.....	52
Tabel 4.5 Jumlah setiap cluster average linkage.....	54
Tabel 4.6 Hasil index menggunakan silhouette index.....	56
Tabel 4.7 Hasil index menggunakan davies bouldin index.....	57
Tabel 4.8 Hasil index menggunakan calinski harabasz index	57
Tabel 4.9 Jumlah lisensi pilot dan rata-rata total jam terbang pilot.....	62

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Code program tahap data preparation.....	74
Lampiran 2. Code program tahap data cleaning	75
Lampiran 3. Code program tahap data transformation	76
Lampiran 4. Code program tahap data reduction.....	76
Lampiran 5. Code program tahap visualisasi data	77
Lampiran 6. Code program tahap metode agglomerative hierarchical	77
Lampiran 7. Code program tahap evaluasi model	80
Lampiran 8. Code program tahap pemilihan metode terbaik	81
Lampiran 9. Hasil penyebaran data cluster 1 metode average linkage	83
Lampiran 10. Hasil penyebaran data cluster 2 metode average linkage	84
Lampiran 11. Hasil penyebaran data cluster 3 metode average linkage	85
Lampiran 12. Hasil penyebaran data cluster 4 metode average linkage	86

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dengan tumbuhnya teknologi dari tahun ke tahun, membuat semua sektor di dunia memiliki perubahan yang signifikan terkhusus di sektor transportasi, sekarang ini alat transportasi udara yaitu pesawat, kini menjadi salah satu teknologi kecanggihannya di dunia transportasi. Pesawat udara dapat memudahkan manusia untuk melakukan aktifitas perjalanan antar provinsi hingga antar negara, pesawat udara juga mempunyai peran dan fungsi yang tentunya sangat berdampak bagi kehidupan manusia. Alat transportasi ini hampir dinomor satukan dalam dunia transportasi, karena efisiensi waktu yang relatif cepat dan dapat dilihat dari segi faktor keselamatan dan keamanan. Akan tetapi alat transportasi ini juga memiliki tingkat risiko kecelakaan yang tinggi [1].

Dari adanya risiko kecelakaan yang tinggi akan menyebabkan Kerugian dari kecelakaan pesawat yaitu timbulnya korban manusia, kerusakan lingkungan, kerugian harta benda, dan dampak psikologis. Berdasarkan Pasal 3 ayat (1) menurut Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 77 tahun 2011 menyatakan bahwa ganti rugi terhadap penumpang yang meninggal dunia akibat kecelakaan pesawat sebesar Rp. 1.250.000.000,- (satu miliar dua ratus lima puluh juta rupiah) per-penumpang, yang diberikan kepada ahli warisnya [2].

Keselamatan merupakan komponen intrinsik penerbangan, dalam penerbangan unsur keselamatan yang menempati urutan utama dikarenakan menjadi kepentingan penumpang yang menyangkut jiwanya. Selain aspek utama kinerja teknis dan manusia, konsep kecelakaan organisasi yang dikembangkan pada tahun 90-an, juga harus diperhitungkan dalam upaya keselamatan [3]. Dengan keselamatan sebagai prioritas utama untuk operasi maskapai, kecelakaan maskapai merupakan suatu peristiwa langka dibandingkan dengan moda transportasi lain. Namun, dengan peningkatan mutlak dalam penerbangan, manajemen kecelakaan maskapai dalam transportasi udara akan menjadi masalah yang meningkat bahkan dengan perjalanan yang lebih aman [4].

Perubahan yang selalu berkembang di dunia penerbangan, kini dengan adanya bandar udara tentunya menjadi tempat yang strategis. Bahkan terdapat beberapa wilayah di Indonesia sudah melakukan perencanaan untuk pembangunan bandar udara internasional. Selain memiliki banyak manfaat, bandar udara ini juga menjadi permasalahan yang dapat mengganggu aktifitas sebagian masyarakat yang mempunyai tempat tinggal yang berdekatan dengan bandar udara, kemudian aktifitas yang terdapat di bandar udara sangat memengaruhi lingkungan, dan juga fasilitas umum yang akan berubah secara signifikan. Dengan adanya hal ini, tentunya pembangunan bandara harus diperhatikan sesuai aspek sosial, aspek ekonomi, dan juga aspek fisik. Supaya tidak terhalang akibat pembangunan infrastruktur dalam wilayah potensial tertentu, maka diperlukan untuk melakukan pemetaan karena semakin meningkatnya jumlah bandara di wilayah Indonesia [5].

Berdasarkan penelitian [6], mengenai analisis kecelakaan penerbangan di Indonesia yang menggunakan variabel penyebab kejadian dan kecelakaan, *rate accident*, dan lokasi kecelakaan, menunjukkan hasil penelitian yang menyatakan bahwa faktor manusia menjadi penyebab yang paling utama dalam kecelakaan dan insiden pesawat dengan persentase sebesar 60%, kemudian lokasi yang banyak terjadi kecelakaan terdapat di wilayah Indonesia bagian timur terutama Papua, dikarenakan Papua merupakan wilayah yang masih mengunggulkan transportasi udara untuk kebutuhan distribusi logistik.

Berdasarkan [7], memberikan informasi mengenai data kecelakaan dan insiden pesawat di Indonesia yang didapatkan dari Data Komite Nasional Keselamatan Transportasi (KNKT), yang menyatakan bahwa dalam kurun waktu 2010-2016, telah terjadi sebanyak 26 kali insiden serius dan 15 kali kecelakaan. Dari seluruh peristiwa yang terjadi selama 7 tahun silam didapatkan persentase sebesar 20%, kemudian dari peristiwa ini terdapat berbagai faktor yang menyebabkan terjadinya kecelakaan dan insiden pesawat. Didapatkan perhitungan persentase dari berbagai faktor penyebab diantaranya, faktor manusia dengan persentase 67,12%, disebabkan oleh teknis dengan persentase 15,75%, disebabkan oleh lingkungan dengan persentase 12,33%, dan disebabkan oleh fasilitas dengan persentase 4,79%.

Setelah melakukan studi pendahuluan untuk melihat persentase dominan yang disebabkan oleh faktor manusia, kami melakukan penelitian menggunakan

sumber data KNKT didapatkan penurunan pada faktor manusia menjadi 52.6%. Secara umum dari tahun 1997-2020 faktor manusia ini masih berperan dalam kecelakaan atau selama 23 tahun silam dengan persentase 46.5%.

Adapun faktor yang menyebabkan terjadinya kecelakaan pesawat yang di sebabkan oleh manusia, yang mana sebagian besar lebih menilai peristiwa kecelakaan dikarenakan kesalahan pada kinerja pilot dan co-pilot saat mengoperasikan pesawat tersebut. Kecelakaan penerbangan sering kali terjadi, dalam pelanggaran suatu wilayah udara yang mengakibatkan bahwa penumpang tidak selamat. Kerusakan dalam pesawat sistem perangkat keras atau operasi pilot yang tidak tepat, terutama pada tahap yang sangat awal, mungkin tidak menyebabkan penurunan kinerja penerbangan secara signifikan dan masalah kontrol yang tidak terduga [8][9].

Sehingga apabila kinerja pilot tidak mengikuti standar atau tidak sesuai SOP atau tidak sesuai jam terbang akan mengakibatkan penumpang tidak selamat. Maka dari itu kita harus mengetahui apa yang sebenarnya standar untuk menjadi pilot, standar yang paling penting yaitu lisensi mereka. Suatu airlines itu harus menetapkan pilot yang terbang, apakah terdapat kelalaian atau berdampak jika tidak mengikuti prosedural. Misalnya, pilot tidak boleh menerbangkan pesawat itu dikarenakan memiliki jam terbang yang kurang, tetapi karena kebutuhan bisnis dipaksakan untuk menerbangkan pesawat tersebut.

Untuk mengali informasi ini berdasarkan data historikal kecelakaan selama 23 tahun yang disebabkan oleh faktor manusia, maka solusi yang diangkat untuk melakukan analisis data KNKT itu menggunakan metode *clustering* dengan tujuan untuk menemukan *insight* data antara total jam terbang dan lisensi pilot. Berdasarkan uraian di atas maka perlu adanya pengelompokkan antara total jam terbang dan lisensi pilot dengan tujuan untuk menjadi objek yang serupa sesuai dengan ciri maupun karakteristiknya [10].

Pendekatan yang baik adalah dengan melihat secara terstruktur dan memiliki hierarki. Pendekatan yang seperti ini, pada metode *cluster* adalah metode *agglomerative hierarchical clustering*, metode ini berguna untuk menghasilkan *output* berupa sebuah struktur hierarki yang dapat memberikan suatu gambaran dari informasi data agar mudah dipahami, dan juga untuk menemukan data tersembunyi

dari *cluster* sehingga memudahkan peneliti untuk melihat persebaran data, sehingga peneliti mengetahui apakah pada data KNKT ini terdapat pilot yang memiliki total jam terbang yang kurang sesuai dengan ketentuan dari lisensi pilot.

1.2 Rumusan Masalah

Kecelakaan dalam penerbangan sudah menjadi fenomena disetiap tahunnya, KNKT mengumpulkan data kecelakaan selama beberapa tahun silam hingga saat ini, akan tetapi data tersebut hanya dikumpulkan saja, sehingga kita tidak mengetahui lebih rinci mengenai permasalahan dalam penerbangan di Indonesia. Data yang dikumpulkan dari KNKT digunakan untuk mengetahui ada berapa *cluster* yang dapat dihasilkan berdasarkan total jam terbang dan lisensi pilot. Jumlah *cluster* ini digunakan untuk menganalisis *research question* yang dibangun untuk menunjukkan hasil yang sesuai atau tidak mengenai hubungan total jam terbang dan lisensi pilot dalam kecelakaan penerbangan di Indonesia.

1.3 Batasan Masalah

Dalam penelitian yang dilakukan terdapat beberapa batasan masalah, yaitu :

1. Sumber data yang dibutuhkan dalam proses penelitian, yaitu data kecelakaan penerbangan di Indonesia melalui website KNKT.
2. Data yang digunakan dari tanggal 19 Desember 1997 hingga 15 September 2020, kemudian data yang diperlukan yaitu total jam terbang pilot dan lisensi pilot.
3. Metode yang dipilih dalam melakukan proses analisis data menggunakan metode *agglomerative hierarchical clustering*.
4. Untuk bahasa pemrograman yang akan digunakan untuk proses pengolahan data menggunakan python.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian tugas akhir :

1. Mengimplementasikan metode *agglomerative hierarchical clustering* untuk mengetahui apakah semua data kecelakaan telah memenuhi syarat jam terbang pilot sesuai dengan lisensi pilot yang telah ditetapkan oleh CASR (*Civil Aviation Safety Regulation*).
2. Mengetahui hasil *cluster* pada variabel total jam terbang dan lisensi pilot pada data kecelakaan penerbangan di Indonesia.
3. Mengetahui bagaimana pengaruh pilot pada faktor manusia dalam kecelakaan penerbangan.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang akan diperoleh dari penelitian tugas akhir yang dilakukan :

1. Dapat mengimplementasikan metode *agglomerative hierarchical clustering* pada data kecelakaan penerbangan di Indonesia.
2. Dapat memahami pola kecelakaan penerbangan di Indonesia menggunakan *agglomerative hierarchical clustering*.
3. Dapat mengetahui hasil *cluster* pada variabel antara total jam terbang dan lisensi pilot pada data kecelakaan penerbangan di Indonesia.
4. Dapat mengetahui seberapa besar faktor manusia yang disebabkan oleh pilot dalam kecelakaan penerbangan di Indonesia.

1.6 Metodologi Penelitian

Dalam penelitian ini, dibutuhkan tahapan metodologi penelitian untuk mencapai tujuan yang telah ditentukan untuk melakukan penelitian tugas akhir :

1. Tahap Studi Pustaka/Literatur
Pada tahap studi pustaka atau literatur, peneliti akan mencari permasalahan yang sesuai dengan kasus yang ingin diangkat dalam proses penelitian. Kemudian, mengumpulkan beberapa jurnal nasional maupun internasional, buku yang berkaitan dengan topik penelitian, beberapa artikel, dan beberapa sumber lain yang mempunyai kaitan dengan topik yang diangkat dalam penelitian.
2. Tahap Pengumpulan Data

Tahapan pengumpulan data, peneliti melakukan proses pengumpulan data sesuai yang dibutuhkan dalam proses penelitian.

3. Tahap Metode Agglomerative

Selanjutnya pada tahap ini, peneliti akan melakukan uji metode terhadap data tersebut, menggunakan metode atau model yang telah ditentukan. Untuk memperoleh hasil dari metode yang tentunya sesuai secara teori maupun secara praktis.

4. Tahap Pemilihan dan Evaluasi

Pada tahap keempat, dilakukan pemilihan dan evaluasi metode yang diteliti ditentukan sebelumnya, kemudian melakukan analisa hasil yang didapatkan dari pemodelan berdasarkan metode atau model yang telah ditetapkan untuk mendapatkan data yang objektif.

5. Tahap Kesimpulan

Setelah melakukan tahap pemilihan dan evaluasi metode yang digunakan, peneliti akan merumuskan secara rinci terhadap hasil yang telah didapatkan pada tahap yang dilakukan sebelumnya.

1.7 Sistematika Penulisan

Penelitian ini juga melakukan proses penyusunan yang disusun secara sistematika penulisan untuk memperjelas isi pada setiap bab :

BAB I. PENDAHULUAN

Pada pendahuluan ini memuat berbagai penjelasan secara sistematis yang didasarkan dengan landasan topik penelitian tugas akhir, yaitu latar belakang masalah, tujuan dari penelitian, kemudian manfaat dari penelitian, perumusan masalah yang diangkat, batasan dari permasalahan, serta sistematika penulisan pada tugas akhir.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

Pada tinjauan pustaka berisi mengenai penelitian terkait topik penelitian yang dilakukan, dan landasan teori seperti kecelakaan (*accident*), kejadian

(*incident*), kecelakaan pesawat, pembagian lokasi bandara berdasarkan zona waktu, definisi pilot, fase penerbangan, *data preprocessing*, *exploratory data analysis*, *clustering*, *eulclidean distance*, *agglomerative hierarchical clustering*, dan pengujian metode *clustering*.

BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini, peneliti akan menafsirkan secara sistematis bagaimana proses penelitian dilakukan, mengenai data penelitian, kerangka kerja penelitian, dan juga lingkungan dan spesifikasi perangkat keras dan spesifikasi perangkat lunak.

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi mengenai hasil dan pembahasan berkaitan dengan proses pengolahan data dimulai dari pendahuluan, *data preprocessing*, EDA, metode *agglomerative hierarchical clustering*, serta pemilihan dan evaluasi hasil *cluster* terhadap implementasi metode *agglomerative hierarchical clustering*.

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berkaitan dengan pernyataan secara rinci dari hasil dan pembahasan berdasarkan hasil penelitian menggunakan pemodelan yang digunakan, serta menjelaskan bagaimana hasil dari tujuan yang telah dibangun pada bab I dan juga terdapat beberapa saran untuk melakukan proses penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Y. WEI, H. XU, Y. XUE, and X. Duan, "Quantitative assessment and visualization of flight risk induced by coupled multi-factor under icing conditions," *Chinese J. Aeronaut.*, vol. 33, no. 8, pp. 2146–2161, 2020, doi: 10.1016/j.cja.2020.03.025.
- [2] R. Kristiawan, Rolan.; Abdullah, "Faktor penyebab terjadinya kecelakaan kerja pada area penambangan batu kapur unit alat berat pt. semen padang.," *J. Bina Tambang*, vol. 5, no. 2, pp. 11–21, 2018.
- [3] M. C. G. S. P. Bandeira, A. R. Correia, and M. R. Martins, "General model analysis of aeronautical accidents involving human and organizational factors," *J. Air Transp. Manag.*, vol. 69, no. October 2017, pp. 137–146, 2018, doi: 10.1016/j.jairtraman.2018.01.007.
- [4] Y. H. Chang, C. H. Yeh, and P. S. Wu, "Evaluating airline crisis management performance: The cases of flights GE222 and GE235 crash accidents," *J. Air Transp. Manag.*, vol. 70, no. April, pp. 62–72, 2018, doi: 10.1016/j.jairtraman.2018.04.017.
- [5] Republic of Indonesia Ministry of Transportation, "Republic of Indonesia Ministry of Transportation," *Certif. Oper. Requir. Domest. Flag, Suppl. Air Carriers*, vol. Amdt 12, p. 263, 2017.
- [6] E. Poerwanto and U. Maudzoh, "Analisis Kecelakaan Penerbangan Di Indonesia Untuk Peningkatan Keselamatan Penerbangan," *Angkasa J. Ilm. Bid. Teknol.*, vol. 8, no. 2, p. 9, 2017, doi: 10.28989/angkasa.v8i2.115.
- [7] P. A. Sunaryo, H. S. Muaja, and D. Rumimpunu, "Pengaturan Hukum Mengenai Kelaikudaraan Dan Pengoperasian Pesawat Udara Menurut Undang-Undang Nomor 1 Tahun 2009 Tentang Penerbangan," *Lex Adm.*, vol. IX, no. 3, pp. 187–193, 2021.
- [8] Y. Xue and G. Fu, "A modified accident analysis and investigation model for the general aviation industry: emphasizing on human and organizational factors," *J. Safety Res.*, vol. 67, pp. 1–15, 2018, doi: 10.1016/j.jsr.2018.09.008.
- [9] G. Li, H. Lee, A. Rai, and A. Chattopadhyay, "Analysis of operational and mechanical anomalies in scheduled commercial flights using a logarithmic multivariate Gaussian model," *Transp. Res. Part C Emerg. Technol.*, vol. 110, no. April 2019, pp. 20–39, 2020, doi: 10.1016/j.trc.2019.11.011.
- [10] H. Februariyanti and E. Winarko, "Klastering Dokumen Menggunakan," *Semin. Nas. STIKOM Surabaya*, 2009.
- [11] U. Indonesia, A. R. Khairumusa, F. Teknik, P. Studi, and T. Sipil, "Analisa Tingkat Kerawanan Bandar Udara Berdasarkan Kecelakaan dan Insiden Serius di Indonesia," 2012.
- [12] W. Pakan, "Faktor Penyebab Kecelakaan Penerbangan Di Landas Pacu," *War. Penelit. Perhub.*, vol. 26, no. 3, p. 169, 2019, doi: 10.25104/warlit.v26i3.879.
- [13] L. B. Masalah, "Analisis Faktor-Faktor Penyebab Kecelakaan Pesawat

- Udara Komersil Di Indonesia Pada Tahun 2002 Sampai Dengan Tahun 2012,” vol. 8, pp. 79–89, 2015.
- [14] A. D. Saputra, “Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Kinerja Pilot Dan Kecelakaan Pesawat Terbang Dengan Pendekatan Partial Least Square (PLS),” *War. Penelit. Perhub.*, vol. 28, no. 2, p. 71, 2018, doi: 10.25104/warlit.v28i2.689.
- [15] J. Choi, B. Gu, S. Chin, and J. S. Lee, “Machine learning predictive model based on national data for fatal accidents of construction workers,” *Autom. Constr.*, vol. 110, no. September 2019, p. 102974, 2020, doi: 10.1016/j.autcon.2019.102974.
- [16] Q. Zhu, J. Pei, X. Liu, and Z. Zhou, “Analyzing commercial aircraft fuel consumption during descent: A case study using an improved K-mean[1] Q. Zhu, J. Pei, X. Liu, and Z. Zhou, “Analyzing commercial aircraft fuel consumption during descent: A case study using an improved K-means clustering ,” *J. Clean. Prod.*, vol. 223, pp. 869–882, 2019, doi: 10.1016/j.jclepro.2019.02.235.
- [17] X. Zhang and S. Mahadevan, “Bayesian network modeling of accident investigation reports for aviation safety assessment,” *Reliab. Eng. Syst. Saf.*, vol. 209, p. 107371, 2021, doi: 10.1016/j.res.2020.107371.
- [18] C. N. Database, “Jurnal Perhubungan Udara Studi Analisis Penyebab Runway Excursion di Indonesia Berdasarkan Data Komite,” vol. 2016, pp. 93–105, 2017, doi: 10.25104/wa.v43i2.305.93-104.
- [19] A. Susetyadi, “Evaluasi Fasilitas Peralatan Pertolongan Kecelakaan Penerbangan Dan Pemadam Kebakaran (PKP-PK) Di Bandara Haluoleo Kendari Evaluation of Facility Aid Equipment Aviation Accidents And Fire (PKP-PK) at Haluoleo Kendari Airport,” *J. Penelit. Perhub. Udar. War. ARDHIA*, 2012.
- [20] R. Wahyu., *Tugas akhir sistem pengawasan fasilitas bandara oleh unit terminal inspection service pada pt angkasa pura ii (persero) kantor cabang pekanbaru.* 2020.
- [21] A. Bachtiyar, “PENINGKATAN KESEJAHTERAAN PERSONEL DALAM RANGKA Mendukung Tugas Satuan (STUDI PADA LANUD HALIM PERDANA KUSUMA) INCREASING,” *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 4, pp. 47–62, 2018.
- [22] George P, “Civil Aviation Safety Regulation (CASR) Part 121,” no. 2, p. 124, 1988.
- [23] Nrangwesti Ayu, “Aspek Yuridis Normatif Tentang Pilot,” vol. 03, pp. 32–45, 2011.
- [24] Civil Aviation Safety Regulation and (CASR), “Republic of Indonesia Ministry of Transportation,” *Certif. Oper. Requir. Domest. Flag, Suppl. Air Carriers*, vol. Amdt 12, p. 263, 2017.
- [25] M. Ir. Peniarsih, “Analisa sistem jam terbang pada penerbang.”
- [26] V. Valentukevicius, “Flight and Duty Time Limitations and Rest Requirements Fatigue Risk Management,” no. March, pp. 10–11, 2009.
- [27] Susanti; Yati Nurhayati, “Tingkat Kelelahan Pilot Indonesia dalam

- Menerbangkan Pesawat Komersial Rute Pendek The Level of Fatigue of The Indonesia Pilots in Flying The Commercial Aircraft on Short Route Pusat Litbang Perhubungan Udara , Jl . Merdeka Timur,” pp. 251–266, 2014.
- [28] ICAO, “Cover Sheet To Amendment 11, Aircraft Accident And Incident Investigation, Annex 13,” *Conv. Int. Civ. Aviat.*, no. July, pp. 1–42, 2001, [Online]. Available: https://www.emsa.europa.eu/retro/Docs/marine_casualties/annex_13.pdf%0Ahttp://www.emsa.europa.eu/retro/Docs/marine_casualties/annex_13.pdf.
- [29] D. Efinitions and U. S. N. Otes, “PHase of F Light,” vol. 2012, no. April, pp. 195–199, 2012.
- [30] P. Mishra, A. Biancolillo, J. M. Roger, F. Marini, and D. N. Rutledge, “New data preprocessing trends based on ensemble of multiple preprocessing techniques,” *TrAC - Trends Anal. Chem.*, vol. 132, p. 116045, 2020, doi: 10.1016/j.trac.2020.116045.
- [31] Priyadharsini.C and D. A. S. Thanamani, “An Overview of Knowledge Discovery Databaseand Data mining Techniques,” *Int. J. Innov. Res. Comput. Commun. Eng.*, vol. 2, no. 1, pp. 1571–1578, 2014.
- [32] X. Chu, I. F. Ilyas, S. Krishnan, and J. Wang, “Data cleaning: Overview and emerging challenges,” *Proc. ACM SIGMOD Int. Conf. Manag. Data*, vol. 26-June-20, pp. 2201–2206, 2016, doi: 10.1145/2882903.2912574.
- [33] A. Fait and A. R. Fernie, “Data integration,” *Plant Metab. Networks*, pp. 151–171, 2009, doi: 10.1007/978-0-387-78745-9_6.
- [34] O. Maimon and L. Rokach, *Data mining and knowledge discovery handbook*, vol. 48, no. 10. 2011.
- [35] L. Gu, L. Zhang, and Y. Zhao, “An euclidean distance based on theweighted self-information related data transformation for nominal data clustering,” *Int. Conf. Inf. Knowl. Manag. Proc.*, vol. Part F1318, no. 0, pp. 2083–2086, 2017, doi: 10.1145/3132847.3133062.
- [36] J. P´erez, E. Iturbide1, V. Olivares1, M. Hidalgo1, A. Mart´inez, and N. Almanza, “A Data Preparation Methodology in Data Mining Applied to Mortality Population Databases,” *Adv. Intell. Syst. Comput.*, vol. 353, no. May 2016, pp. III–IV, 2015, doi: 10.1007/978-3-319-16486-1.
- [37] M. J. Baxter, “A review of supervised and unsupervised pattern recogniton in archaeometry,” *Archaeometry*, vol. 48, no. 4, pp. 671–694, 2006, doi: 10.1111/j.1475-4754.2006.00280.x.
- [38] C. Kneale and S. D. Brown, “Uncharted forest: A technique for exploratory data analysis,” *Talanta*, vol. 189, no. June, pp. 71–78, 2018, doi: 10.1016/j.talanta.2018.06.061.
- [39] A. Ahmad and S. S. Khan, “initKmix-A novel initial partition generation algorithm for clustering mixed data using k-means-based clustering,” *Expert Syst. Appl.*, no. September, p. 114149, 2020, doi: 10.1016/j.eswa.2020.114149.
- [40] D. T. Kusuma and N. Agani, “Prototipe Komparasi Model Clustering Menggunakan Metode K-Means Dan FCM untuk Menentukan Strategi Promosi : Study Kasus Sekolah Tinggi Teknik-PLN Jakarta,”

- TICOM (Technology Inf. Commun.*, vol. 3, no. 3, pp. 1–10, 2015.
- [41] C. W. Asrini, “Identifikasi penyakit hepatitis dengan pendekatan agglomerative hierarchical clustering,” 2013.
- [42] Y. Miftahuddin, S. Umaroh, and F. R. Karim, “Perbandingan Metode Perhitungan Jarak Euclidean, Haversine, Dan Manhattan Dalam Penentuan Posisi Karyawan,” *J. Tekno Insentif*, vol. 14, no. 2, pp. 69–77, 2020, doi: 10.36787/jti.v14i2.270.
- [43] Z. Mustofa and I. S. Suasana, “Algoritma Clustering K-Medoids Pada E-Government Bidang Information And Communication,” *J. Teknol. dan Komun.*, vol. 9, pp. 1–10, 2018.
- [44] Z. Cai, X. Yang, T. Huang, and W. Zhu, “A new similarity combining reconstruction coefficient with pairwise distance for agglomerative clustering,” *Inf. Sci. (Ny)*, vol. 508, pp. 173–182, 2020, doi: 10.1016/j.ins.2019.08.048.
- [45] F. Ros and S. Guillaume, “A hierarchical clustering algorithm and an improvement of the single linkage criterion to deal with noise,” *Expert Syst. Appl.*, vol. 128, pp. 96–108, 2019, doi: 10.1016/j.eswa.2019.03.031.
- [46] J. Supranto, *Analisis Multivariat Arti dan Interpretasi*, Rineka Cip. Jakarta, 2010.
- [47] P. Govender and V. Sivakumar, *Application of k-means and hierarchical clustering techniques for analysis of air pollution: A review (1980–2019)*, vol. 11, no. 1. Turkish National Committee for Air Pollution Research and Control, 2020.
- [48] R. A. Johnson and D. W. Wichern, *Applied Multivariate Statistical Analysis*, Prentice-H. New Delhi, 2007.
- [49] L. Ramos Emmendorfer and A. M. de Paula Canuto, “A generalized average linkage criterion for Hierarchical Agglomerative Clustering,” *Appl. Soft Comput.*, vol. 100, p. 106990, 2021, doi: 10.1016/j.asoc.2020.106990.
- [50] A. Sholiha, *Perbandingan Analisis Klaster Menggunakan Metode Single Linkage , Complete Linkage , Average Linkage Dan K_Means Untuk Pengelompokan*. Semarang, 2015.
- [51] R. Handoyo, R. Mangkudjaja, and S. M. Nasution, “Perbandingan Metode Clustering Menggunakan Metode Single Linkage dan K - Means pada Pengelompokan Dokumen,” *J. Sifo Mikroskil*, 2014.
- [52] D. A. Wicaksana, P. P. Adikara, and S. Adinugroho, “Clustering Dokumen Skripsi Dengan Menggunakan Hierarchical Agglomerative Clustering,” *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput. Univ. Brawijaya*, vol. 2, no. 12, 2018.
- [53] G. P. Trayasiwi, “Penerapan Metode Klastering Dengan Algoritma K-Means Untuk Prediksi Kelulusan Mahasiswa Pada Program Studi Teknik Informatika Strata Satu,” p. 4, 2015.
- [54] D. L. Davies and D. W. Bouldin, “A Cluster Separation Measure,” *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, vol. PAMI-1, no. 2, pp. 224–227, 1979, doi: 10.1109/TPAMI.1979.4766909.
- [55] J. Baarsch and M. E. Celebi, “Investigation of internal validity measures for

K-means clustering,” *Lect. Notes Eng. Comput. Sci.*, vol. 2195, pp. 471–476, 2012.