

**ANALISIS AIRSPACE CAPACITY DI PERUM LPPNPI
CABANG SURABAYA**

PROYEK AKHIR



Oleh :

BINTANG SURYADI PUTRA
NIT. 30322004

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III LALU LINTAS UDARA
POLITEKNIK PENERBANGAN SURABAYA
2025**

**ANALISIS AIRSPACE CAPACITY DI PERUM LPPNPI
CABANG SURABAYA**

PROYEK AKHIR

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Mendapatkan Gelar Ahli Madya
(A.Md.) pada Program Studi Diploma 3 Lalu Lintas Udara



Oleh :

BINTANG SURYADI PUTRA
NIT. 30322004

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III LALU LINTAS UDARA
POLITEKNIK PENERBANGAN SURABAYA
2025**

LEMBAR PERSETUJUAN

**ANALISIS *AIRSPACE CAPACITY* DI PERUM LPPNPI
CABANG SURABAYA**

Oleh :

Bintang Suryadi Putra
NIT. 30322004

Disetujui untuk diujikan pada :
Surabaya, 5 Agustus 2025

Pembimbing I : Dr. SRI RAHAYU SURTININGTYAS, S.E., M.Sc
NIP. 19750524 199602 2 003

Pembimbing II : YUNI SAPTANDARI, S.E
NIP. 19720617 199602 2 001

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS *AIRSPACE CAPACITY* DI PERUM LPPNPI CABANG SURABAYA

Oleh :

Bintang Suryadi Putra
NIT. 30322004

Telah dipertahankan dan dinyatakan lulus pada Ujian Proyek Akhir
Program Pendidikan Diploma 3 Lalu Lintas Udara
Politeknik Penerbangan Surabaya
pada tanggal : Surabaya, 5 Agustus 2025

Penguji :

1. Ketua : LUSIANA DEWI KUSUMAYATI, S.Pd., M.Pd.
NIP. 19880511 201902 2 004
2. Sekretaris : MEITA MAHARANI SUKMA, M.Pd
NIP. 19800502 200912 2 002
3. Anggota : Dr. SRI RAHAYU SURTININGTYAS, S.E., M.Sc
NIP. 19750524 199602 2 003

Ketua Program Studi
D3 Lalu Lintas Udara

MEITA MAHARANI SUKMA, M.Pd
NIP. 19800502 200912 2 002

ABSTRAK

ANALISIS *AIRSPACE CAPACITY* DI PERUM LPPNPI CABANG SURABAYA

Oleh :

Bintang Suryadi Putra
NIT. 30322004

Airspace capacity adalah kemampuan suatu ruang udara untuk menangani jumlah pergerakan pesawat udara dalam periode waktu tertentu, dengan tetap menjaga standar keselamatan, efisiensi, dan efektivitas pengelolaan lalu lintas udara. Permasalahan yang dikaji meliputi kesesuaian antara *airscape capacity* yang tersedia dengan jumlah pergerakan lalu lintas udara, serta dampaknya terhadap *workload* ATC. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis *airscape capacity* di Perum LPPNPI Cabang Surabaya dalam kaitannya dengan beban kerja (*workload*) pengatur lalu lintas udara (ATC).

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif kuantitatif dengan pengumpulan data melalui observasi langsung, studi dokumentasi, dan analisis menggunakan rumus *airscape capacity* serta perhitungan *workload* berdasarkan kategori beban kerja. Data yang diperoleh dianalisis untuk mengevaluasi kesesuaian antara kapasitas aktual ruang udara dengan kebutuhan operasional saat ini.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa *airscape capacity* pada Surabaya memiliki keterbatasan dalam menangani volume pergerakan tertentu, terutama pada jam sibuk, yang berdampak pada peningkatan beban kerja ATC. Oleh karena itu, diperlukan evaluasi berkala dan optimalisasi sistem pengelolaan ruang udara untuk menjaga efisiensi operasional dan keselamatan penerbangan.

Kata kunci : kapasitas ruang udara, beban kerja, lalu lintas udara.

ABSTRACT

ANALYSIS OF AIRSPACE CAPACITY OF PERUM LPPNPI SURABAYA BRANCH

Oleh :

Bintang Suryadi Putra
NIT. 30322004

Airspace capacity refers to the ability of a given airspace to handle a certain number of aircraft movements within a specific period, while maintaining safety, efficiency, and effectiveness in air traffic management. The issue examined in this study involves the alignment between the available airspace capacity and the actual volume of air traffic movements, as well as its impact on the workload of air traffic controllers (ATC). This study aims to analyze the airspace capacity at Perum LPPNPI Surabaya Branch in relation to the workload of ATC personnel.

The research employs a descriptive quantitative method, with data collected through direct observation, documentation study, and analysis using airspace capacity formulas and workload calculations based on workload categories. The data obtained is analyzed to evaluate the compatibility between the actual airspace capacity and current operational demands.

The results indicate that the airspace capacity in Surabaya has limitations in handling certain traffic volumes, especially during peak hours, which contributes to increased ATC workload. Therefore, periodic evaluations and optimization of airspace management systems are necessary to ensure operational efficiency and flight safety.

Keywords : *airspace capacity, workload, air traffic.*

PERNYATAAN KEASLIAN DAN HAK CIPTA

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Bintang Suryadi Putra
NIT : 30322004
Program Studi : D3 Lalu Lintas Udara
Judul Proyek Akhir : Analisis *Airspace Capacity* di Perum LPPNPI
Cabang Surabaya

dengan ini menyatakan bahwa :

1. Proyek Akhir/Tugas Akhir ini merupakan karya asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik, baik di Politeknik Penerbangan Surabaya maupun di Perguruan Tinggi lain, serta dipublikasikan, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
2. Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan Hak Bebas Royalti Non Eksklusif (*Non-Exclusive Royalty-Free Right*) kepada Politeknik Penerbangan Surabaya beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak ini, Politeknik Penerbangan Surabaya berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan Proyek Akhir/Tugas Akhir saya dengan tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya. Apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di Perguruan Tinggi dan Akademi Penerbangan.

Surabaya, 12 Agustus 2025
Yang membuat pernyataan

Bintang Suryadi Putra
NIT. 30322004

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat limpahan rahmat dan hidayahnya, Proyek Akhir yang berjudul *ANALISIS AIRSPACE CAPACITY* DI PERUM LPPNPI CABANG SURABAYA ini dapat diselesaikan dengan baik.

Penyusunan Proyek Akhir ini dimaksudkan sebagai salah satu syarat menyelesaikan pendidikan di Politeknik Penerbangan Surabaya dan memperoleh gelar Ahli Madya (A.Md.).

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada segenap pihak yang telah membantu dan mendukung selama proses penyusunan Proyek Akhir ini, terutama kepada :

1. Bapak Ahmad Bahrawi, S.E., M.T sebagai Direktur Politeknik Penerbangan Surabaya
2. Ibu Meita Maharani Sukma, M.Pd selaku Ketua Program Studi D3 Lalu Lintas Udara Politeknik Penerbangan Surabaya
3. Ibu Dr. Sri Rahayu Surtiningtyas, S.E., M.Sc, selaku pembimbing I, atas bimbingannya.
4. Ibu Yuni Saptandari, S.E., selaku pembimbing II, atas bimbingannya.
5. Seluruh dosen dan sivitas akademika Program Studi D3 Lalu Lintas Udara Politeknik Penerbangan Surabaya, atas pengajarannya
6. Kedua Orang Tua, atas doa, semangat, dan dukungan yang diberikan.
7. Teman-teman sekelas, atas kebersamaan dan kerjasamanya.
8. Teman-teman seangkatan dan adik-adik kelas, atas dukungan yang diberikan.

Tak ada gading yang tak retak. Tentunya karya tulis ini masih jauh dari sempurna. Atas segala kesalahan dan kata-kata yang kurang berkenan, kami memohon maaf. Saran dan kritik membangun kami harapkan demi karya yang lebih baik di masa mendatang.

Surabaya, 5 Agustus 2025

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
PERNYATAAN KEASLIAN DAN HAK CIPTA	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Hipotesis	4
1.6 Manfaat Penelitian	4
1.7 Sistematika Penulisan	4
BAB 2 LANDASAN TEORI	6
2.1 Teori Penunjang	6
2.1.1 Pengertian Dasar Penerbangan	10
2.1.2 Pelayanan Lalu Lintas Udara	11
2.1.3 Panduan Manajemen Kapasitas Ruang Udara Berdasarkan ICAO	12
2.2 Kajian Penelitian Terdahulu yang Relevan	13
BAB 3 METODE PENELITIAN	16
3.1 Desain Penelitian	16
3.2 Variabel Penelitian	17
3.3 Populasi, Sampel, dan Objek Penelitian	17
3.3.1 Populasi	17
3.3.2 Sampel	18
3.3.3 Objek Penelitian	18
3.4 Teknik Pengumpulan Data dan Instrumen Penelitian	18

3.4.1	Teknik Pengumpulan Data Primer	18
3.4.1.1	Observasi (Pengamatan Langsung)	18
3.4.1.2	Dokumentasi	19
3.5	Teknik Analisis Data	19
3.5.1	Teknik Sampling	20
3.5.2	Airspace Capacity	23
3.5.3	Pengamatan	24
3.5.3.1	Penentuan Sampel	24
3.5.3.2	Objek Pengamatan	24
3.5.3.3	Metode Pengamatan	25
3.6	Tempat dan Waktu Penelitian	25
3.6.1	Tempat Penelitian	25
3.6.2	Waktu Penelitian	26
BAB 4	HASIL DAN PEMBAHASAN	27
4.1	Hasil Penelitian	27
4.1.1	Ruang Udara Surabaya	27
4.2	Perhitungan Kapasitas Ruang Udara	27
4.2.1	Perhitungan Beban Kerja	27
4.2.2	Perhitungan Airspace Capacity	28
4.2.2.1	Mean, Median, Modus	29
4.3	Pembahasan Hasil Penelitian	30
BAB 5	PENUTUP	31
5.1	Kesimpulan	31
5.2	Saran	31
	DAFTAR PUSTAKA	33
	LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

GAMBAR 1.1	Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya	1
GAMBAR 1.2	Ruang APP di Perum LPPNPI Cabang Surabaya	2
GAMBAR 3.1	Desain Penelitian	16
GAMBAR 3.2	Dokumentasi Pada Saat Pengambilan Data	19
GAMBAR 3.3	Lokasi Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya	26

DAFTAR TABEL

TABEL 2.1	Kajian Penelitian Terdahulu yang Relevan	13
TABEL 3.1	Kategori <i>Workload</i>	22
TABEL 3.2	Waktu Penelitian	26
TABEL 4.1	Rekapitulasi Beban Kerja ATC	28

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A	<i>ATC JOB DESCRIPTIONS</i>	A-1
LAMPIRAN B	<i>MINIMUM RADAR VECTOR ALTITUDE CHART</i>	B-1
LAMPIRAN C	DATA MENGHITUNG RUMUS WORKLOAD ATC ..	C-1
LAMPIRAN D	DOKUMEN PADA SAAT OBSERVASI	D-1

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Bandara Internasional Juanda yang berada di Sidoarjo, Jawa Timur, berperan sebagai salah satu pusat utama transportasi udara di kawasan timur Indonesia. Sebagai bandara tersibuk kedua di tanah air setelah Soekarno-Hatta, Juanda memiliki peran penting dalam mendukung pergerakan penumpang dan barang, baik dalam negeri maupun lintas negara. Namun, peningkatan volume penerbangan dari tahun ke tahun menimbulkan tantangan signifikan, terutama terkait keterbatasan kapasitas ruang udara (*airspace capacity*).

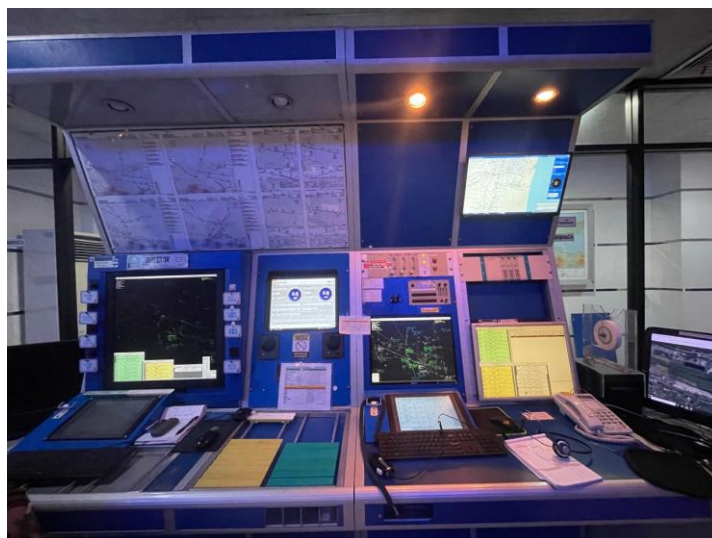


Gambar 1.1 Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya (Juanda airport, 2022)

Airspace Capacity merujuk pada kemampuan ruang udara untuk menampung jumlah pesawat yang dapat beroperasi dalam suatu waktu tertentu tanpa mengganggu keselamatan dan efisiensi. Ketika kapasitas ruang udara ini terbatas, maka potensi kepadatan atau penundaan penerbangan dapat terjadi, yang akan mempengaruhi kinerja *Air Traffic Control* (ATC). ATC bertanggung jawab mengatur lalu lintas pesawat di ruang udara, baik itu pesawat yang sedang dalam proses lepas landas, terbang, maupun mendarat. Workload ATC mengacu pada beban kerja yang dihadapi oleh petugas ATC

dalam mengelola lalu lintas penerbangan di ruang udara yang terbatas. Jika kapasitas ruang udara rendah atau tidak sesuai dengan jumlah penerbangan yang ada, petugas ATC harus bekerja lebih keras untuk memastikan keselamatan dan efisiensi penerbangan. Peningkatan *workload* ini bisa menyebabkan potensi kesalahan, stres, atau kelelahan pada petugas ATC, yang pada gilirannya dapat memengaruhi kualitas pengendalian lalu lintas udara (Seftiyana, 2021).

Dengan melihat kondisi tersebut, penting untuk melakukan penelitian mengenai analisis *airspace capacity* di Perum LPPNPI Cabang Surabaya. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kapasitas ruang udara yang dikelola oleh Perum LPPNPI Cabang Surabaya dalam mengakomodasi volume trafik yang ada, serta mengidentifikasi faktor-faktor yang memengaruhi kapasitas tersebut, seperti konfigurasi sektor, kompleksitas rute, dan distribusi beban kerja Air Traffic Controller. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk memberikan rekomendasi perbaikan dalam pengelolaan ruang udara guna meningkatkan efisiensi dan keselamatan pelayanan lalu lintas udara.



Gambar 1.2 Ruang APP di Perum LPPNPI Cabang Surabaya

Dalam dunia penerbangan, keselamatan dan efisiensi operasional merupakan prioritas utama yang harus dijaga. Salah satu faktor penting yang memengaruhi keberlangsungan operasi penerbangan adalah pengelolaan ruang udara (*airspace*). Kapasitas ruang udara (*airspace capacity*) menjadi aspek krusial dalam menentukan jumlah pergerakan pesawat yang dapat dikelola dengan aman dan efisien (Kusumaningsih et al., 2020). Peningkatan jumlah pergerakan pesawat yang signifikan, terutama di wilayah udara padat seperti yang dikelola oleh Perum LPPNPI Cabang Surabaya, dapat memengaruhi beban kerja (*workload*) *Air Traffic Controller*. *Air Traffic Controller* memiliki tanggung jawab besar dalam mengatur lalu lintas udara, termasuk memberikan instruksi, menjaga pemisahan antar pesawat, dan menangani situasi darurat. Beban kerja yang terlalu tinggi pada ATC dapat meningkatkan risiko kesalahan manusia (*human error*), yang berpotensi membahayakan keselamatan penerbangan. Dalam konteks Perum LPPNPI Cabang Surabaya, yang melayani rute penerbangan domestik dan internasional dengan intensitas pergerakan yang tinggi, isu pengelolaan kapasitas ruang udara menjadi tantangan yang harus diatasi.

Oleh karena itu, penelitian mengenai analisis *airspace capacity* di Perum LPPNPI Cabang Surabaya diharapkan dapat memberikan kontribusi berupa analisis komprehensif terkait pengelolaan ruang udara yang optimal sehingga dapat mendukung pencapaian tujuan keselamatan dan efisiensi penerbangan di wilayah tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

Seberapa besar kapasitas ruang udara (*airspace capacity*) di Perum LPPNPI Cabang Surabaya ?

1.3 Batasan Masalah

Penelitian ini terbatas pada analisis *airspace capacity* di Perum LPPNPI Cabang Surabaya, yang mencakup pengelolaan ruang udara untuk penerbangan

domestik dan internasional di wilayah tersebut. Fokus utama penelitian ada pada penilaian kapasitas ruang udara berdasarkan volume lalu lintas penerbangan, konfigurasi sektor, dan frekuensi penerbangan. Analisis juga mencakup faktor-faktor yang menguaruhi *airspace capacity*, seperti kepadatan trafik, kompleksitas rute, dan pembagian sektor kontrol. Penelitian ini menggunakan data dari observasi, dan dokumentasi operasional ATC di Perum LPPNPI Cabang Surabaya.

1.4 Tujuan Penelitian

Untuk mengetahui dan menguji Seberapa besar kapasitas ruang udara (*airspace capacity*) di Perum LPPNPI Cabang Surabaya ?

1.5 Hipotesis

Diduga terdapat Diduga kapasitas ruang udara yang dikelola oleh Perum LPPNPI Cabang Surabaya saat ini belum sepenuhnya mampu mengakomodasi volume lalu lintas udara yang ada, sehingga berpotensi menyebabkan *overload* pada sektor tertentu.

1.6 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pemahaman yang lebih baik tentang pentingnya penghitungan *airspace capacity* di Perum LPPNPI Cabang Surabaya, serta memberikan wawasan bagi pengembangan kebijakan dan praktik terkait di bandara lainnya.

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penyusunan dalam tugas akhir ini disusun sedemikian rupa untuk memudahkan pembahasan atas topik yang ada. Susunan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini disajikan ulasan tentang latar balik permasalahan, pokok permasalahan, pembatasan permasalahan, rumusan permasalahan, tujuan penyusunan serta sistematika penyusunan.

BAB 2 LANDASAN TEORI

Bab ini berisikan tinjauan Pustaka yang menjelaskan tentang beberapa penelitian sebelumnya dan disesuaikan dengan landasan teori tentang petugas pelayanan ATC.

BAB 3 METODE PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tentang penyusunan desain penelitian, variable penelitian, populasi, sampel, objek penelitian, teknik analisis data, serta jadwal, tempat dan waktu proposal tugas akhir

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menjelaskan tentang Deskripsi Ruang Udara Surabaya, Perhitungan Beban Kerja (*Workload*) ATC, Analisis Statistik

BAB 5 PENUTUP

Bab ini menjelaskan tentang kesimpulan dan saran yang telah tertulis pada tugas akhir

BAB 2

LANDASAN TEORI

2.1 Teori Penunjang

Airspace capacity adalah kemampuan suatu ruang udara untuk menangani jumlah pergerakan pesawat udara dalam periode waktu tertentu, dengan tetap menjaga standar keselamatan, efisiensi, dan efektivitas pengelolaan lalu lintas udara. Wilayah udara yang memiliki kepadatan arus lalu lintas penerbangan yang tinggi, disarankan untuk mengukur kapasitas yang lebih aman didasarkan pada beban kerja ATC saat mengendalikan lalu lintas penerbangan dikarenakan beban kerja ATC berhubungan erat dengan kapasitas ruang udara, sehingga batasan beban kerja ATC dapat menentukan kapasitas ruang udara (Majumdar & Ochieng, n.d.). Demi menjaga keselamatan penerbangan terdapat hal yang harus diperhatikan yaitu menjaga beban kerja ATC tidak terlalu tinggi dan tidak terlalu rendah sebab kedua kondisi tersebut dapat memicu ATC melakukan kesalahan, khususnya yang memiliki beban kerja tinggi (Számel et al., 2015).

Beban kerja ATC juga merupakan faktor penting dalam menjaga keselamatan lalu lintas penerbangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ATC sering mengalami beban kerja yang tinggi, terutama saat lalu lintas udara padat atau dalam situasi darurat. Beban kerja ini dapat memengaruhi kualitas pengambilan keputusan dan respons cepat, yang dapat berdampak pada keselamatan penerbangan.

Pergerakan adalah pesawat udara yang lepas landas (*take off*) ataupun mendarat (*landing*) membentuk suatu pergerakan (KP 29 Tahun 2014 Manual Standar Teknis dan Operasional Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil-Bagian 139 Volume I Bandar Udara, 2014). Dapat disimpulkan bahwa jumlah pergerakan pesawat adalah banyaknya jumlah pesawat udara yang bergerak di

darat maupun di udara, dimana *take-off* dan *landing* pesawat dihitung secara terpisah (Ummah, 2019).

Menurut ICAO *Document 9426 Air Traffic Service Planning Manual Appendix C Techniques for ATC Sector/Position Capacity Estimation, point 2.1* (2019), sesuai hal tersebut untuk mendapatkan perhitungan *Sector Capacity*, maka diperlukan tahapan tahapan pengamatan/observasi, yaitu dengan mengadakan pengamatan/observasi terhadap beban kerja ATC dibandingkan dengan jumlah penerbangan pada suatu sektor, yang mencakup :

a. Observasi terhadap tugas rutin (*Routine Macro-task*)

Observasi ini bertujuan untuk memahami bagaimana *Air Traffic Controller* (ATC) melaksanakan tugas-tugas rutin dalam pekerjaannya. Observasi ini membantu mengidentifikasi bagaimana ATC mengelola beban kerja dalam kondisi normal, serta efisiensi dan konsistensi dalam menjalankan prosedur operasional.

b. Observasi terhadap *Monitoring* Perubahan Ketinggian (*Level Change Monitoring Macro-task*)

Observasi ini fokus pada bagaimana ATC memantau dan mengelola perubahan ketinggian pesawat di dalam ruang udara yang mereka kelola. Perubahan ketinggian seering terjadi dalam pengaturan lalu lintas udara, baik untuk menghindari konflik, mengoptimalkan jalur penerbangan, atau memenuhi permintaan pilot. Observasi ini membantu mengukur kemampuan ATC dalam mengelola situasi dinamis dan memastikan keselamatan penerbangan tetap terjaga.

c. Observasi terhadap *Monitoring* Konflik Pesawat dan Pemecahannya (*Conflict Monitoring & Resolution Macro-task*)

Observasi ini berfokus pada bagaimana ATC mendeteksi potensi konflik antara pesawat, seperti tabrakan jalur (*trajectory conflict*) atau jarak aman yang terlalu dekat (*loss of separation*), serta tindakan yang mereka ambil untuk menyelesaikannya. Observasi ini bertujuan untuk menilai kemampuan ATC dalam menganalisis situasi kompleks, membuat

keputusan cepat, dan mengimplementasikan solusi yang efektif guna memastikan keselamatan penerbangan.

Dalam perhitungan durasi 3 (tiga) task seperti yang disebutkan diatas, maka survei dalam menentukan durasi dilakukan pada saat jam puncak (*peak hours*). Jam puncak (*peak hours*) merupakan waktu dimana terdapat volume pergerakan pesawat terbanyak dalam satu periode waktu tertentu pada suatu sektor. Jam puncak dalam penerbangan yang digunakan adalah jam puncak harian. Perkiraan jam puncak didapat dari perkiraan jumlah pergerakan berdasarkan data *flight plan* maupun kondisi *traffic* yang akan datang. Untuk setiap kategori tersebut terdapat 2 (dua) data yang diperlukan yaitu durasi (dihitung dalam satuan detik) serta frekuensi (dihitung dalam satuan nominal) dari masing - masing tugas.

Di dalam ICAO *Document Annex 11 Chapter 2 Tahun 2018 Air Traffic Services*, pelayanan lalu lintas ruang udara diklasifikasikan sebagai berikut :

- a. Kelas A : Hanya untuk penerbangan IFR, semua penerbangan akan diberikan pelayanan lalu lintas udara dan terpisah antar pesawat lainnya.
- b. Kelas B : Untuk penerbangan IFR dan VFR, semua penerbangan akan diberikan pelayanan lalu lintas udara dan terpisah antar pesawat lainnya.
- c. Kelas C : Untuk penerbangan IFR dan VFR, semua penerbangan akan diberikan pelayanan lalu lintas udara dan penerbangan IFR terpisah antar penerbangan IFR lainnya dan dari penerbangan VFR. Penerbangan VFR terpisah dari penerbangan IFR dan menerima *traffic information* yang berhubungan dengan penerbangan VFR lainnya.
- d. Kelas D : Untuk penerbangan IFR dan VFR, semua penerbangan akan diberikan pelayanan lalu lintas udara, antar penerbangan IFR akan diberikan separasi dan menerima *traffic information* yang berhubungan dengan penerbangan VFR lainnya. Penerbangan VFR menerima *traffic information* yang berhubungan dengan penerbangan lainnya.
- e. Kelas E : Untuk penerbangan IFR dan VFR, semua penerbangan IFR akan diberikan pelayanan lalu lintas udara dan terpisah dengan penerbangan

IFR lainnya. Semua penerbangan menerima *traffic information*. Kelas E tidak digunakan di *control zone*.

- f. Kelas F : Untuk penerbangan IFR dan VFR, semua yang melaksanakan penerbangan IFR menerima pelayanan lalu lintas udara yang diberikan dan semua penerbangan yang menerima pelayanan informasi penerbangan jika diperlukan.
- g. Kelas G : Untuk penerbangan IFR dan VFR, dan semua penerbangan menerima pelayanan informasi penerbangan jika diperlukan.

Hubungan jumlah *traffic* dengan beban kerja petugas ATC (*Air Traffic Controller*). Álvaro Rodríguez-Sanz (2023) mengatakan bahwa mengumpulkan kontribusi inovatif yang menangani semua tugas terkait kontrol dan manajemen lalu lintas udara dan ruang udara. Artikel-artikel dalam edisi ini membahas berbagai aspek yang mempengaruhi beban kerja ATC. Beban kerja petugas ATC berhubungan erat dengan kapasitas maksimum suatu ruang udara. Semakin banyak jumlah pesawat yang ada di ruang udara tersebut maka semakin banyak tugas yang harus dilakukan oleh petugas ATC untuk menjaga keselamatan pesawat yang sedang dikontrolnya agar tidak terjadi hilangnya separasi (Rodríguez-Sanz & Rubio Andrada, 2023).

Menurut Pasal 1 angka 48 UU Penerbangan tahun 2009 menyatakan bahwa “keselamatan penerbangan adalah suatu keadaan terpenuhinya persyaratan keselamatan dalam pemanfaatan wilayah udara, pesawat udara, bandar udara, angkutan udara, navigasi penerbangan, serta fasilitas penunjang dan fasilitas umum lainnya.” Tingkat keselamatan penerbangan dapat dicapai dengan berfungsinya semua unsur terkait antara satu dengan lainnya terhadap penyedia jasa penerbangan. Kecelakaan dapat terjadi diakibatkan oleh: kesalahan manusia (*human error*), teknis operasional, cuaca, dan lain-lain (Makapunggo, T. 2022).

Menurut CASR *Part 65 Tahun 2017 Air Traffic Control* mendeskripsikan bahwa mengatur persyaratan lisensi untuk *Air Traffic Controller (ATC)*, termasuk kompetensi, pelatihan, dan sertifikasi.

- a. Menekankan pentingnya pelatihan terkait pengelolaan kapasitas ruang udara dan prosedur operasional.
- b. Mengatur batasan beban kerja untuk menjaga performa ATC dalam situasi lalu lintas udara yang padat.

Menurut ICAO Doc 4444 Tahun 2016 (*Procedures for Air Navigation Services - Air Traffic Management*), mendeskripsikan bahwa mengatur prosedur layanan lalu lintas udara (*Air Traffic Management*) di bawah standar *International Civil Aviation Organization (ICAO)*.

- a. Menyebutkan prosedur pengelolaan *airspace capacity*, termasuk penanganan konflik pesawat.
- b. Menekankan penggunaan teknologi seperti radar dan sistem otomatis untuk mendukung ATC.

2.1.1 Pengertian Dasar Penerbangan

Penerbangan adalah satu kesatuan sistem yang terdiri atas pemanfaatan wilayah udara, pesawat udara, bandar udara, angkutan udara, navigasi penerbangan, keselamatan dan keamanan, lingkungan hidup, serta fasilitas penunjang dan fasilitas umum lainnya.

Sedangkan yang dimaksud dengan Bandar Udara adalah kawasan didaratan dan/atau perairan dengan batas-batas tertentu yang hanya digunakan sebagai tempat pesawat udara mendarat dan lepas landas, naik turun penumpang, bongkar muat barang, tempat perpindahan intra dan keamanan penerbangan, serta fasilitas penunjang lainnya (UNDANG-UNDANG REPUBLIK INDONESIA NOMOR 1 TAHUN 2009, 2009).

Didalam melaksanakan kegiatan penerbangan di bandar udara pastinya memiliki tujuan-tujuan yang harus diselenggarakan demi

mencapai efisiensi, kenyamanan, keselamatan dan kelancaran. Oleh karena itu di dalam Undang - Undang No.1 tahun 2009 Pasal 3 juga dijelaskan tujuan penerbangan :

- a. Mewujudkan penyelenggaraan penerbangan yang tertib, teratur, selamat, aman, nyaman, dengan harga yang wajar dan menghindari praktek persaingan usaha yang tidak sehat
- b. Memperlancar arus perpindahan orang dan/atau barang melalui udara dengan mengutamakan dan melindungi angkutan udara dalam rangka melancarkan kegiatan perekonomian nasional.

2.1.2 Pelayanan Lalu Lintas Udara

Dalam ICAO *Annex 11 Air Traffic Service Point 3.2* edisi ke-15 Tahun 2019 dijelaskan bahwa pembagian unit *Air Traffic Service* yaitu:

- a. *Area Control Service (ACC)*
- b. *Approach Control Service (APP)*
- c. *Aerodrome Control Service (ADC)*

Pada pembahasan ini, penulis membatasi hanya pada *Air Traffic Service* unit APP, di mana unit APP merupakan suatu unit pelayanan lalu lintas udara yang bertanggung jawab memberikan layanan kepada pesawat udara yang berada di wilayah *Terminal Control Area (TMA)*, khususnya saat pesawat sedang mendekati bandara (*approach*) atau meninggalkan bandara (*departure*) menuju atau dari *Aerodrome Control Service (ADC)* maupun *Area Control Service (ACC)*. Pelayanan ini mencakup instruksi, informasi, dan izin kepada pesawat udara di wilayah TMA untuk memastikan keselamatan dan kelancaran arus lalu lintas udara.

Pemberian pelayanan lalu lintas udara di unit APP harus didasari oleh tujuan pelayanan sebagaimana tercantum dalam ICAO *Document 4444 PANS ATM/501, Edisi ke-15 Tahun 2016, page 7-1, point 7.1.1.1*. Dalam dokumen ini dijelaskan bahwa unit APP harus memberikan

informasi dan izin kepada pesawat udara di wilayah tanggung jawabnya, dengan tujuan mencegah tabrakan antara :

- a. Pesawat terbang di wilayah udara yang menjadi tanggung jawab APP, termasuk area *traffic circuit* yang terkait dengan terminal area.
- b. Pesawat yang mendekati (*approach*) dan meninggalkan (*departure*) wilayah TMA.
- c. Pesawat yang dipisahkan secara vertikal dan horizontal di wilayah terminal area untuk mencegah konflik.
- d. Pesawat yang menuju atau dari *area control* lainnya (ACC dan ADC).

Dalam dunia penerbangan, khususnya di unit APP, komunikasi sangat penting untuk mendukung koordinasi dan pelaksanaan tugas. Komunikasi tersebut meliputi :

- a. Komunikasi dan koordinasi antar petugas ADC dan pilot.
- b. Komunikasi dan koordinasi antara unit APP dengan unit-unit lain di *Air Traffic Service*, seperti ADC dan ACC, baik di bandara yang sama maupun bandara lainnya.
- c. Komunikasi dan koordinasi dengan unit APP di negara lain dalam hal penerbangan lintas batas wilayah udara.

2.1.3 Panduan Manajemen Kapasitas Ruang Udara Berdasarkan ICAO

Menurut ICAO Doc 9971 – Manual on Collaborative Air Traffic Flow Management, airspace capacity didefinisikan sebagai jumlah maksimum lalu lintas udara yang dapat ditangani dalam suatu ruang udara atau sektor tertentu dalam periode waktu tertentu, tanpa mengorbankan tingkat keselamatan dan efisiensi operasi. Kapasitas ruang udara tidak hanya ditentukan oleh jumlah pesawat yang masuk atau keluar dalam satu jam, tetapi juga seperti beban kerja pengatur lalu lintas udara (ATC). ICAO menekankan bahwa airspace capacity bukan angka tetap, melainkan nilai yang bersifat dinamis dan harus ditinjau secara kontekstual. Kapasitas dapat berubah tergantung pada kondisi lalu lintas, keterampilan ATC, serta keberadaan konflik atau interseksi antar rute (IATA, 2018).

2.2 Kajian Penelitian Terdahulu Yang Relevan

Tabel 2.1 Kajian Penelitian Terdahulu Yang Relevan

NO	PENELITIAN TERDAHULU JUDUL	TUJUAN PENELITIAN TERDAHULU	PERSAMAAN DAN PERBEDAAN
1.	<p>Analisis Kapasitas Ruang Udara Medan East TMA Setelah Implementasi Rute PBN (RNAV1) (2021)</p> <p>https://media.neliti.com/media/publications/547814-none-ae67a44.pdf</p>	<p>Menganalisis perubahan kapasitas ruang udara Medan East TMA sebelum dan sesudah penerapan RNAV1.</p>	<p>Persamaan : Menghitung <i>Airspace Capacity</i></p> <p>Perbedaan : Setelah diimplementasikannya PBN (RNAV1), terdapat peningkatan nilai kapasitas ruang udara di sektor Medan East TMA</p>
2.	<p>Analisis Kapasitas Ruang Udara Bandar Udara Adisutjipto Berbasis Beban Kerja Pemandu Lalu Lintas (2021)</p> <p>https://lib.ui.ac.id/detail?id=9999920541349&lokasi=lokal</p>	<p>Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kapasitas ruang udara Yogyakarta dan menghitung kebutuhan personil ATC di Perum Lembaga Penyelenggara Pelayanan Navigasi Penerbangan Indonesia (LPPNPI) Cabang Yogyakarta yang bertanggung jawab atas seluruh penerbangan di wilayah udara</p>	<p>Persamaan : Menganalisis <i>Airspace Capacity</i></p> <p>Perbedaan : Menyusun kesesuaian antara kapasitas ruang udara dengan kondisi beban kerja ATC.</p>

		Yogyakarta.	
3.	<p><i>Airspace Capacity Analysis of Adisutjipto Airport</i> (2020)</p> <p>https://www.researchgate.net/publication/346501787_Airspace_Capacity_Analysis_of_Adisutjipto_Airport</p>	<p>Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kapasitas ruang udara berdasarkan beban kerja Pemandu Lalu Lintas Penerbangan / <i>Air Traffic Controller</i> (ATC) guna mendukung keselamatan, kelancaran, dan keteraturan operasi penerbangan yang menjadi tanggung jawab personil ATC.</p>	<p>Persamaan : Metode kuantitatif dan Pengambilan data pada saat <i>peak hours</i></p> <p>Perbedaan : Lokasi dan data primer</p>
4.	<p><i>EN-ROUTE AIRSPACE CAPACITY AND TRAFFIC FLOW ENHANCEMENT USING GENETIC ALGORITHMS</i> (2017)</p> <p>https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/288621</p>	<p>Studi ini berdasarkan algoritma genetik untuk meminimalkan penundaan dan meningkatkan throughput sektor en-route ketinggian tinggi generik. dan menganalisis kebutuhan En-Route kapasitas ruang udara</p>	<p>Persamaan : Menganalisis kapasitas ruang udara</p> <p>Perbedaan : Lebih ke algoritma genetik untuk meminimalkan penundaan dan meningkatkan throughput sektor en-route.</p>
5.	<p>STUDI PENERAPAN RNAV-1 DALAM PENINGKATAN KAPASITAS</p>	<p>Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dan mendapatkan jumlah kapasitas ruang udara APP/TMA Palembang</p>	<p>Persamaan : Menggunakan Metode Penelitian Kuantitatif</p> <p>Perbedaan :</p>

	<p>RUANG UDARA APP/TMA PALEMBANG (2019)</p> <p>https://download.gurudownload.com/kemdikbud.go.id/article.php?article=2423010&val=23142&title=STUDI%20PENERAPAN%20RNAV-1%20DALAM%20PENINGKATAN%20KAPASITAS%20RUANG%20UDARA%20APPTMA%20PALEMBANG</p>	<p>setelah diterapkan RNAV-1. Penelitian ini dilaksanakan di Perum LPPNPI Cabang Palembang pada bulan maret sampai bulan april 2019.</p>	<p>Menganalisis studi penerapan RNAV-1 dalam peningkatan <i>Airspace Capacity</i></p>
--	--	--	---

BAB 3

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif yang bertujuan untuk menganalisis kondisi aktual kapasitas ruang udara serta beban kerja *Air Traffic Controller* (ATC) di Perum LPPNPI Cabang Surabaya.

3.1 Desain Penelitian

Desain penelitian adalah desain mengenai keseluruhan proses yang diperlukan dalam perencanaan dan pelaksanaan penelitian, (Jumantara, 2021). Berikut adalah tahapan yang dilakukan dalam pelaksanaan penelitian ini :



Gambar 3.1 Desain Penelitian

3.2 Variabel Penelitian

Variabel adalah segala sesuatu yang berbentuk apa saja yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari sehingga diperoleh informasi tentang hal tersebut, kemudian ditarik kesimpulannya, (Jumantara 2021). Secara teori, definisi variabel penelitian adalah merupakan suatu objek, atau sifat, atau atribut atau nilai dari orang, atau kegiatan yang mempunyai bermacam-macam variasi antara satu dengan lainnya yang ditetapkan oleh penulis dengan tujuan untuk dipelajari dan ditarik kesimpulan. Dalam penelitian ini, penulis menggunakan variabel bebas (Independent Variable).

Airspace capacity adalah kemampuan ruang udara dalam mengakomodasi volume lalu lintas udara secara aman dan efisien dalam jangka waktu tertentu.

Indikator yang dapat digunakan:

- Jumlah maksimum pergerakan per sektor per jam
- Jumlah sektor aktif dalam satu waktu

3.3 Populasi, Sampel, dan Objek Penelitian

3.3.1 Populasi

Populasi adalah keseluruhan objek/subjek penelitian, sedangkan sampel yaitu sebagian atau wakil yang memiliki karakteristik representasi dari populasi. Untuk dapat menentukan atau menetapkan sampel yang tepat diperlukan pemahaman yang baik dari peneliti, baik penentuan jumlah maupun dalam menentukan sampel. Kesalahan dalam menentukan populasi akan berakibat data yang dikumpulkan tidak tepat, sehingga hasil penelitian tidak memiliki kualitas yang baik, tidak representatif, dan tidak memiliki daya generalisasi yang baik. Peneliti harus paham populasi dan sampel merupakan hal yang esensial karena salah satu penentu dalam mengumpulkan data penelitian, (Fadilah Amin 2023).

3.3.2 Sampel

Sampel adalah bagian dari populasi untuk memperoleh informasi atau data tentang permasalahan dalam penelitian ini. Menurut (Fadilah & Abunawas 2023) mengatakan bahwa “Sampel secara sederhana diartikan sebagai bagian dari populasi yang menjadi sumber data yang sebenarnya dalam suatu penelitian. Dengan kata lain, sampel adalah sebagian dari populasi untuk mewakili seluruh populasi”. Bila populasi besar dan peneliti tidak mungkin mempelajari semua yang ada pada populasi, maka peneliti dapat menggunakan sampel yang diambil dari populasi itu.

3.3.3 Objek Penelitian

Objek Penelitian merupakan suatu atribut atau sifat atau nilai dari orang, objek atau kegiatan yang mempunyai variasi tertentu yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari dan kemudian ditarik kesimpulannya.

Dalam penelitian ini, objek penelitian yang dilakukan penulis adalah analisis *airspace capacity* di Perum LPPNPI Cabang Surabaya.

3.4 Teknik Pengumpulan Data dan Instrumen Penelitian

3.4.1 Teknik Pengumpulan Data Primer

Pengumpulan data yang dilakukan penulis bertujuan mempermudah dalam pengumpulan data tentang analisis *airspace capacity* di Perum LPPNPI Cabang Surabaya.

3.4.1.1 Observasi (Pengamatan Langsung)

Observasi menurut Khasanah (2020) observasi adalah mengemukakan observasi merupakan sebuah pengamatan secara langsung terhadap suatu objek yang ada di lingkungan baik itu yang sedang berlangsung atau masih dalam tahap yang meliputi berbagai aktivitas perhatian terhadap suatu kajian objek yang menggunakan pengindraan. Dan merupakan dari

suatu tindakan yang dilakukan secara sengaja atau sadar dan juga sesuai urutan. Tujuan Observasi yaitu untuk mengumpulkan bahan penulisan tugas akhir dengan mengadakan pengamatan secara langsung di Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya. Pengamatan dilakukan secara langsung dari tempat kejadian atau lapangan, yang dilakukan oleh penulis di Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya.

3.4.1.2 Dokumentasi

Dokumentasi adalah sebuah cara untuk memperoleh informasi dan data dalam bentuk buku, arsip, dokumen, tulisan angka dan gambar yang berupa laporan serta keterangan yang dapat mendukung sebuah penelitian.



Gambar 3.2 Dokumentasi pada saat pengambilan data

Dalam penelitian ini, penulis menggunakan teknik pengumpulan data salah satunya dengan mengambil dokumentasi foto untuk menjawab rumusan masalah pada penelitian ini yaitu analisis *airspace capacity* di Perum LPPNPI Cabang Surabaya.

3.5 Teknik analisis data

Teknik analisis data merupakan kunci utama dalam menjawab rumusan masalah yang telah diidentifikasi. Analisis data pada penelitian ini memperhatikan kaidah-kaidah ilmiah statistika. Proses analisis data dilakukan

setelah seluruh data telah terkumpul. Analisis data pada penelitian ini menggunakan data primer yang di ambil secara observasi secara langsung di lokasi.

3.5.1 Teknik Sampling

Untuk melakukan analisis data maka penelitian ini menggunakan teknik sampling, yang merupakan cara pengambilan sampel dari suatu populasi untuk dijadikan sebagai obyek dalam suatu analisis untuk merepresentasikan kondisi *traffic* yang ada saat ini. Formula yang digunakan sesuai dengan Regional Project : ICAORLA/06/901 2019 (ICAO, 2019) adalah sebagai berikut :

$$n = \frac{(Za/2)^2 \cdot p \cdot q \cdot N}{\varepsilon^2 (n-1) + (Za/2)^2 \cdot p \cdot q}$$

Keterangan :

- n : Jumlah sampel
- $Za/2$: Nilai derajat kepercayaan (95%) dengan nilai kritis adalah 1.96
- p : Porsi keterlibatan individu dalam suatu grup
- q : Porsi ketidakterlibatan individu dalam suatu grup ($q=1-p$)
- N : Jumlah populasi
- ε : Error yang diijinkan

Sementara untuk menghitung ATC *workload* adalah sebagai berikut :

$$WL = tF1*OF1+tCnf*OCnf+tC1*OC1 \dots\dots\dots$$

Keterangan :

- WL : *Workload*
- $OF1$: Banyaknya kegiatan rutin yang dilakukan (kali/ jam)
- $OCnf$: Banyaknya perubahan ketinggian yang diberikan (kali/jam)
- $OC1$: Banyak konflik yang terjadi (kali/ jam)
- $tF1$: Durasi melakukan kegiatan rutin (detik)

t_{Cnf} : Durasi melakukan monitoring perubahan ketinggian (detik)

t_{CI} : Durasi menyelesaikan konflik (detik)

Occurrence of Routine (OF1) adalah perlakuan/pelayanan rutin yang diberikan oleh petugas ATC terhadap pesawat udara yang dilayani didalam sektor pemanduannya.

Dalam hal ini pelayanan rutin yang diberikan antara lain :

Menjawab pada saat pesawat udara *first contact* memasuki wilayah udara suatu sektor dan mengakhiri pelayanan (*termination*) pada saat pesawat udara akan meninggalkan wilayah udara suatu sektor ke sektor selanjutnya;

- a. *Receive of flight information*
- b. *Transmit/receive time and flight level estimate to/from adjacent unit/sector;*
- c. *Transmit/receive time and flight level estimate and request initial level to/from adjacent unit/sector;*
- d. *Receive flight progress strip;*
- e. *Remove flight progress strip;*
- f. *Change SSR code;*
- g. *a/c reporting reaching specified level;*
- h. *Instruction for climb descent*
- i. *Radar handover;*
- j. Kegiatan lain yang tidak terdapat dalam tugas *climb/descent*, *conflict task* dapat dimasukkan dalam tugas rutin (misalnya : koordinasi, dan tugas lainnya).

Occurrence of Climb/descent (OCnf) adalah berapa kali petugas ATC dalam satu sektor. Memberikan instruksi *climb* saja, *descend* saja, atau *climb* dan *descend* terhadap semua pesawat yang beroperasi dalam sektor tersebut dalam satu jam.

Conflict Task during the time (OC1) adalah berapa kali petugas ATC dalam satu sektor memberikan instruksi maupun informasi keberadaan pesawat lain (*traffic info*) yang berpotensi konflik menurut separasi yang berlaku pada sektor tersebut, baik itu konflik pada rute yang sama, konflik pada rute yang berlawanan serta konflik pada rute yang berpotongan (*crossing tracks*) dalam satu jam.

Duration of routine (tF1) adalah durasi atau berapa lama petugas ATC berbicara dalam memberikan pelayanan rutin terhadap semua pesawat yang beroperasi di suatu sektor.

Duration of Climb/descend (tCnf) adalah durasi atau berapa lama petugas ATC berbicara memberikan instruksi terhadap pesawat yang *climb* atau *descend* yang beroperasi di suatu sektor pemanduan.

Duration of Conflict during the time (tC1) adalah durasi atau berapa lama petugas ATC berbicara dalam memberikan instruksi maupun informasi untukantisipasi potensi konflik antara pesawat yang terbang dalam suatu sektor dalam waktu tertentu sesuai separasi yang diterapkan pada sektor tersebut.

Penilaian kategori beban kerja dapat disimpulkan berdasarkan tabel kategori *workload* :

Tabel 3.1 Kategori *Workload*

BATASAN	INTERPRETASI	WAKTU KERJA
70% keatas	OVERLOAD	> 42 menit
53% - 69%	HEAVY LOAD	32 – 41 menit
29% - 53%	MEDIUM LOAD	18 – 31 menit
18% - 29%	LIGHT LOAD	11 – 17 menit
0% - 17 %	VERY LIGHT LOAD	0 – 10 menit

(Sumber: Eurocontrol Experimental Centre (EEC) Note No.21/03)

3.5.2 *Airspace Capacity*

Langkah-langkah Umum Menghitung Kapasitas Ruang Udara :

- Menentukan Beban Kerja Maksimal (*Maximum Workload*): Kapasitas ruang udara umumnya dihitung dengan mengetahui batas maksimal beban kerja yang dapat ditangani oleh pengontrol ATC. Beban kerja ini dapat dihitung dengan menggunakan rumus yang melibatkan durasi tugas dan frekuensi dari tindakan-tindakan yang diambil oleh pengontrol.
- Menggunakan Rumus Kapasitas Ruang Udara : Jika kita merujuk pada dokumen yang mengandung rumus untuk *workload*, kapasitas ruang udara biasanya dihitung dengan melihat jumlah pesawat yang bisa ditangani dalam satu waktu oleh pengontrol dengan mempertimbangkan total *workload*.

Misalnya, jika kita punya rumus kapasitas ruang udara yang terkait dengan *workload* per pesawat, kita dapat menghitungnya dengan formula seperti berikut:

$$\text{Airspace Capacity} = \frac{\text{Total Available Workload per Hour}}{\text{Average Workload per Aircraft}}$$

- *Total Available Workload per Hour* adalah jumlah beban kerja yang dapat ditangani oleh pengontrol dalam satu jam. Nilai ini bisa dihitung berdasarkan batas waktu pengontrol ATC atau berdasarkan pengalaman operasional.
- *Average Workload per Aircraft* adalah jumlah beban kerja rata-rata yang dibutuhkan untuk menangani setiap pesawat, yang dapat dihitung dengan rumus WL per pesawat.

3.5.3 Pengamatan

3.5.3.1 Penentuan Sampel

Rumus pengambilan sampel sebagai berikut :

$$n = \frac{(Z_{\alpha/2})^2 \cdot p \cdot q \cdot N}{\varepsilon^2 (n-1) + (Z_{\alpha/2})^2 \cdot p \cdot q}$$

Keterangan :

p = x/N . jumlah sektor (Jumlah Shift dalam 1 hari :
Jumlah Populasi x Jumlah Sektor)

q = $1 - p$

ε^2 = 0,0025 (Error yang diijinkan)

$Z^2 \alpha / 2$ = $1,96^2 = 3,8416$ (Derajat kepercayaan 95%)

Maka diperoleh hasil rumusnya adalah sebagai berikut :

- Jumlah Populasi dalam unit kerja APP adalah 16 orang.

$$p = 4/16 \times 1 = 0,235$$

$$q = 1 - 0,235 = 0,765$$

$$x = 4 \text{ (Jenis shift ; S P M L)}$$

$$N = 16 \text{ (Jumlah populasi APP)}$$

$$n = \frac{(Z_{\alpha/2})^2 \cdot p \cdot q \cdot N}{\varepsilon^2 (n-1) + (Z_{\alpha/2})^2 \cdot p \cdot q}$$

$$= \frac{3,8416 \times 0,235 \times 0,765 \times 16}{0,04 + 0,691}$$

$$= \frac{7,474}{0,731}$$

$$= \mathbf{10,23}$$

3.5.3.2 Obyek Pengamatan

Controller on duty (Executive Controller) digunakan sebagai obyek utama pengamatan. Pengamatan dilaksanakan secara langsung pada saat-saat tertentu dimana waktu tersebut diasumsikan sebagai jam sibuk (*peak hour*) selama 1 jam.

Peralatan yang digunakan berupa alat tulis dengan sarana penunjuk waktu adalah jam display yang berada pada *Desk Controller* dan aplikasi penghitung waktu dan kejadian.

3.5.3.3 Metode Pengamatan

Pengamatan terhadap obyek meliputi :

- *Routine Task*, yang meliputi komunikasi *controller* dengan pesawat, koordinasi *controller* dengan *planner/adjacent unit* dan aktifitas lainnya.
- *Conflict Task*, yaitu pengamatan pada saat *controller* menyelesaikan konflik.
- *Climb/descend*, yaitu pengamatan pada saat *controller* memberikan instruksi *climb/descend*.

Semua aktifitas/kejadian (*occurrence*) termasuk waktu yang dibutuhkan (*duration*) *controller* dalam melaksanakan masing masing kegiatan tersebut akan dicatat untuk dijadikan referensi dasar dalam perhitungan ini.

3.6 Tempat dan waktu penelitian

3.6.1 Tempat Penelitian

Tempat penelitian Tugas Akhir ini penulis mengambil lokasi di Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya



Gambar 3.3 Lokasi Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya

Dipilihnya tempat untuk dijadikan objek penelitian ini karena data yang diperlukan mudah didapat, sehingga membantu dalam penyelesaian tugas akhir.

3.6.2 Waktu Penelitian

Waktu penelitian dilaksanakan dimulai pada 1 Juli 2025 hingga 30 Juli 2025. Dengan rincian jadwal kegiatan penelitian sebagai berikut:

Tabel 3.2 Waktu Penelitian

No	Jadwal Kegiatan	2025											
		Mei				Juni				Juli			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1.	Pengurusan surat izin penelitian												
2.	Penelitian dan pengumpulan data												
3.	Pengelolaan data												
4.	Penyusunan laporan tugas akhir												

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

4.1.1 Ruang Udara Surabaya

Ruang udara Surabaya masuk ke dalam klasifikasi Kelas C, yaitu ruang udara dimana penerbangan yang diijinkan adalah penerbangan *Instrument Flight Rules* (IFR) dan *Visual Flight Rules* (VFR). Semua penerbangan diberikan pelayanan ATC serta harus ada separasi antara IFR-IFR, IFR-VFR, dan VFR-IFR. VFR menerima *traffic information* mengenai adanya VFR lainnya

4.2 Perhitungan Kapasitas Ruang Udara

Berdasarkan perhitungan sampel dengan rumus Regional Project : ICAORLA/06/901 2019, diperoleh jumlah ATC yang akan disurvei selama melakukan pemanduan berjumlah 15 personil. Selanjutnya dilakukan pengukuran jumlah dan frekuensi pada masing-masing kegiatan selama proses pemanduan saat *peak hours*.

4.2.1 Perhitungan Beban Kerja

Dilakukan sesuai dengan jumlah kegiatan rutin, jumlah perubahan ketinggian, jumlah konflik dan waktu dalam detik untuk masing masing aktivitas, sehingga diperoleh hasil beban kerja ATC di Perum LPPNPI Cabang Surabaya.

Rekapitulasi beban kerja ATC dan jumlah pesawat yang dilayani selama jam puncak dapat dilihat pada Tabel 4.1

Tabel 4.1 Rekapitulasi Beban Kerja ATC

Nama	OF1	OCnf	OC1	tF1	tCnf	tC1	WLdetik	WLmenit	JumlahPesawat	Kategori
A	42	16	12	6	6	5	1878	31.3	62	Heavy Load
B	39	14	9	5	5	5	1560	26	52	Medium Load
C	48	12	13	6	5	6	2046	34.1	68	Heavy Load
D	53	18	11	6	6	5	2281	38	75	Heavy Load
E	36	10	10	5	5	5	1450	24.2	47	Low Load
F	45	15	12	6	6	6	2106	35.1	70	Heavy Load
G	40	13	10	5	6	5	1680	28	56	Medium Load
H	38	12	8	5	5	5	1500	25	50	Medium Load
I	50	17	14	6	6	6	2436	40.6	82	Heavy Load
J	43	14	10	6	5	5	1898	31.6	63	Heavy Load
K	37	13	9	5	6	5	1604	26.7	53	Medium Load
L	55	19	15	6	6	6	2634	43.9	88	Heavy Load
M	41	15	11	5	5	5	1750	29.2	58	Medium Load
N	35	11	9	5	5	5	1420	23.7	45	Low Load
O	49	16	13	6	5	5	2119	35.3	71	Heavy Load

Hasil perhitungan beban kerja yang ditampilkan pada Tabel 4.1 ternyata banyaknya pesawat yang dilayani bukanlah satu-satunya faktor yang mempengaruhi beban kerja dan waktu kerja rata-rata yang dihabiskan ATC saat melakukan pemanduan selama 1 jam yaitu 32 menit (Flynn et al., 2003). Jika banyaknya pesawat yang dilayani menjadi satu-satunya faktor yang berkontribusi mempengaruhi beban kerja, seharusnya semakin banyak jumlah pesawat yang dilayani maka beban kerja juga semakin tinggi.

4.2.2 Perhitungan Airspace Capacity

Selanjutnya menghitung *airspace capacity* dengan rumus :

$$\text{Airspace Capacity} = \frac{\text{Total Available Workload per Hour}}{\text{Average Workload per Aircraft}}$$

a. *Total Available Workload per Hour*

Batas maksimal waktu kerja ATC per jam (100%) = 60 menit = 3600 detik

b. *Average Workload per Aircraft*

Waktu kerja rata-rata ATC selama 1 jam = 32 menit = 1920 detik

Jumlah pesawat yang dilayani (dari analisis regresi) = 30 pesawat

Average Workload per Aircraft = 1920 : 30 = 64 detik/pesawat

Airspace Capacity = 3600 : 64 = 56,25 ~ 56 pesawat

Merujuk pada penelitian yang telah dilakukan bahwa beban kerja ATC tidak hanya dipengaruhi oleh jumlah pesawat yang

dilayani, tetapi juga perlu diperhatikan adanya faktor lain yang nantinya akan berpengaruh terhadap kompleksitas (Számel et al., 2015). Namun, perhitungan beban kerja pada penelitian ini yang mengacu pada Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara KP 265 Tahun 2017 hanya menitikberatkan pada banyaknya komunikasi yang dilakukan dengan pesawat, koordinasi yang dilakukan oleh ATC kepada *adjacent unit/ asisten/ planner*, banyaknya pesawat yang *climb/descend*, serta banyaknya konflik antar pesawat.

4.2.2.1 Mean, Median, Modus

Statistics		
Airspace		
N	Valid	15
	Missing	0
Mean		62.67
Median		62.00
Mode		45 ^a
Sum		940

a. Multiple modes exist. The smallest value is shown

Berdasarkan hasil statistik deskriptif terhadap data kapasitas airspace, diketahui bahwa jumlah sampel yang dianalisis sebanyak 15 data ($N = 15$) tanpa adanya data yang hilang (Missing = 0). Nilai rata-rata (mean) dari kapasitas airspace adalah sebesar 62,67, sedangkan nilai tengah (median) adalah 62,00. Hal ini menunjukkan bahwa distribusi data cukup seimbang, dengan nilai rata-rata dan median yang hampir sama.

Sementara itu, nilai modus tercatat sebesar 45, dengan catatan bahwa terdapat lebih dari satu nilai modus (multiple modes) dalam data yang dianalisis, dan nilai terkecil ditampilkan sebagai perwakilan. Total keseluruhan (sum) dari data kapasitas airspace yang diamati adalah 940.

4.3 Pembahasan Hasil Penelitian

Hasil penelitian ini penulis melaksanakan pengamatan di Perum LPPNPI Cabang Surabaya dalam mengamati *Airspace Capacity* di wilayah Surabaya. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa dalam satu jam terdapat 56 pergerakan pesawat di ruang udara Surabaya, dengan total beban kerja atau workload yang tercatat sebesar 32 menit, dapat disimpulkan bahwa petugas ATC bisa mencapai *Heavy Load* pada saat *peak hour*. Nilai ini menunjukkan tingkat pemanfaatan ruang udara yang cukup tinggi dan mendekati batas toleransi kerja yang direkomendasikan untuk pengendali lalu lintas udara. Hal ini mengindikasikan bahwa meskipun kapasitas ruang udara masih mampu menangani volume pergerakan yang ada, beban kerja yang timbul terhadap ATC perlu mendapat perhatian serius. Jika kondisi ini dibiarkan tanpa penyesuaian kapasitas atau distribusi lalu lintas, maka dapat berpotensi meningkatkan risiko kelelahan kerja dan penurunan performa ATC dalam menjaga keselamatan penerbangan. Oleh karena itu, penelitian ini menegaskan pentingnya evaluasi rutin dan integrasi pendekatan berbasis workload dalam menentukan batas kapasitas ruang udara secara realistis dan berkelanjutan

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai analisis *airspace capacity* di Perum LPPNPI Cabang Surabaya, maka dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut:

- a. Kapasitas ruang udara di wilayah kerja APP Perum LPPNPI Cabang Surabaya tergolong mencukupi namun cenderung padat, terutama saat jam-jam sibuk. Hasil perhitungan *airspace capacity* terdapat ada 56 pesawat dalam 1 jam pada saat *peak hour*. Analisis menunjukkan bahwa sebagian besar ATC mengalami beban kerja *medium load* dan beberapa mengalami *heavy load*
- b. Beban kerja (*workload*) yang dialami oleh *Air Traffic Controller* tidak hanya dipengaruhi oleh jumlah pesawat yang dilayani, tetapi juga dipengaruhi oleh kompleksitas rute, frekuensi komunikasi, dan koordinasi antar unit. Hasil perhitungan beban kerja yang telah ditampilkan pada Tabel 4.1 terdapat waktu rata-rata yang dihabiskan petugas ATC saat melakukan pemanduan selama 1 jam yaitu 32 menit. Analisis menunjukkan bahwa sebagian besar ATC mengalami beban kerja *medium load* dan beberapa mengalami *heavy load*

5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan di atas, maka saran yang dapat diberikan adalah:

- a. Evaluasi dan optimalisasi sektor ruang udara perlu dilakukan secara berkala guna menghindari terjadinya *overload* pada sektor tertentu, khususnya pada saat *peak hour*, sehingga distribusi *workload* dapat lebih seimbang antar petugas.
- b. Perlu adanya penambahan atau penyesuaian *shift* personil saat jam sibuk agar beban kerja tidak menumpuk pada satu atau dua orang ATC saja, serta

mengurangi potensi kelelahan dan kesalahan dalam pengambilan keputusan.

- c. Disarankan untuk melakukan pelatihan berkelanjutan kepada personil ATC dalam hal manajemen stres dan efisiensi komunikasi, mengingat tingginya frekuensi komunikasi menjadi salah satu faktor penentu *workload*.
- d. Direkomendasikan agar dilakukan pengembangan sistem otomatisasi dan dukungan teknologi, seperti penggunaan *tools decision support system*, untuk membantu ATC dalam proses pemantauan dan pengambilan keputusan, terutama dalam kondisi lalu lintas padat.

DAFTAR PUSTAKA

- A. Számel, I. Mudra, and G. Szabó, “Applying Airspace Capacity Estimation Models to the Airspace of Hungary,” *Periodica Polytechnica Transportation Engineering*, vol. 43, no. 3, pp. 120–128, 2015.
- Flynn, G., Benkouar, A., & Christien, R. (2003). Pessimistic Sector Capacity Estimation. *EEC Note*, 21(03), 1.
<http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:REvisiting+the+Swiss+Cheese+model+of+accidents#0>
- IATA. (2018). *DOC-9971: International Civil Aviation Organization Manual on Collaborative Air Traffic Flow Management*.
- ICAO. (2019). *International Civil Aviation Organization, “Fourth Workshop/ Meeting of the SAM Implementation Group (SAM/IG/4) Regional Project RLA/06/901”, South America: ICAO Regional Office, 2019*.
https://doi.org/https://www2023.icao.int/SAM/Documents/2009/SAMIG4/SAMIG4_WP27.pdf
- Juanda airport. (2022). *No Title*. <https://www.juanda-airport.com/id/berita/index/triwulan-i-jumlah-penumpang-di-bandara-juanda-meningkat-59-persen-1>
- Kusumaningsih, A., Dewanti, D., & Muthohar, I. (2020). Airspace Capacity Analysis of Adisutjipto Airport. *Angkasa: Jurnal Ilmiah Bidang Teknologi*, 12(2), 127–134. <https://doi.org/10.28989/angkasa.v12i2.663>
- Majumdar, A., & Ochieng, W. Y. (n.d.). *Majumdar2002. 02*.
- Rodríguez-Sanz, Á., & Rubio Andrada, L. (2023). Cost–Benefit Analysis of Investments in Air Traffic Management Infrastructures: A Behavioral Economics Approach. *Aerospace*, 10(4), 383.
<https://doi.org/10.3390/aerospace10040383>
- Seftiyana, V. C. (2021). Mental Workload of Air Traffic Control (Atc) Personnel At Adisutjipto International Airport. *Vortex*, 2(2), 57.
<https://doi.org/10.28989/vortex.v2i2.1008>

- Számel, B., Mudra, I., & Szabó, G. (2015). Applying airspace capacity estimation models to the airspace of Hungary. *Periodica Polytechnica Transportation Engineering*, 43(3), 120–128. <https://doi.org/10.3311/PPtr.7512>
- Ummah, M. S. (2019). No Covariance structure analysis of health-related indicators in elderly people living at home, focusing on subjective health perception. Title. *Sustainability (Switzerland)*, 11(1), 1–14. http://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1091/RED2017-Eng-8ene.pdf?sequence=12&isAllowed=y%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.regsciu rbeco.2008.06.005%0Ahttps://www.researchgate.net/publication/305320484 _SISTEM_PEMBETUNGAN_TERPUSAT_STRATEGI_MELESTARI
- UNDANG-UNDANG REPUBLIK INDONESIA NOMOR 1 TAHUN 2009. (2009). *Uu_No_1_2009. 1*, 1–196.

LAMPIRAN A

ATC JOB DESCRIPTIONS

A. ATC Watch Supervisor

ATC *Watch* Supervisor mempunyai tanggung jawab sebagai berikut :

1. Memimpin anggota shiftnya
2. Mengatur posisi kerja anggota shift terkait
3. Mengatur pembagian tugas anggota shift terkait
4. Melakukan pemeriksaan terhadap kesiapan fasilitas kerja
5. Mengawasi anggota shift
6. Mengarahkan anggota shift
7. Melakukan penilaian terhadap anggota shift
8. Melakukan tindakan awal pada kondisi dan situasi yang kritis
9. Melakukan koordinasi operasional dengan unit terkait
10. Mengisi buku catatan operasional kerja (logbook) pada tiap shift
11. Melakukan serah terima tugas dengan ATC *Watch* Supervisor pengganti
12. Membantu tugas tugas lain yang diberikan atasan

B. Controller

Controller adalah seorang pemandu lalu lintas udara atau pemandu darat yang melaksanakan pelayanan pemanduan lalu lintas udara / pemanduan didarat dalam posisi kerja menggunakan cara-cara *procedural* dengan tugas sebagai berikut :

1. Mencegah tabrakan antar pesawat
2. Mencegah tabrakan antar pesawat di daerah pergerakan dan antar pesawat dengan halangan di daerah tersebut
3. Mempercepat dan menjaga kelancaran arus lalu lintas penerbangan
4. Memberikan saran dan informasi yang berguna untuk keselamatan dan efisiensi penerbangan
5. Memberitahukan kepada pihak terkait sehubungan dengan adanya pesawat yang membutuhkan pencarian dan pertolongan dan membantu pihak

tersebut sebagaimana yang diperlukan

6. Menjaga jarak aman (separasi) sesuai dengan standar separasi Bandar Udara
7. Memberikan ketinggian bagi pesawat sesuai kondisi lalu lintas udara
8. Menyampaikan dan / atau menerbitkan *ATC clearance*, instruksi, dan arahan bagi pilot sesuai rencana terbang yang telah disampaikan
9. Melaksanakan koordinasi dengan unit pemanduan lalu lintas udara lain yang batas-batas udaranya berhimpitan
10. Memutuskan ketinggian yang tersedia, ketinggian akhir (*final*) dan perkiraan waktu pada titik alih pemanduan, penyimpangan dan perubahan rute pesawat udara yang berada di dalam wilayah yang menjadi tanggung jawabnya

C. Asisten *Controller*

Asisten pelaksana ATC adalah pemandu non radar yang bertugas dan bertanggung jawab membantu semua kegiatan yang dilaksanakan pelaksana ATC yaitu :

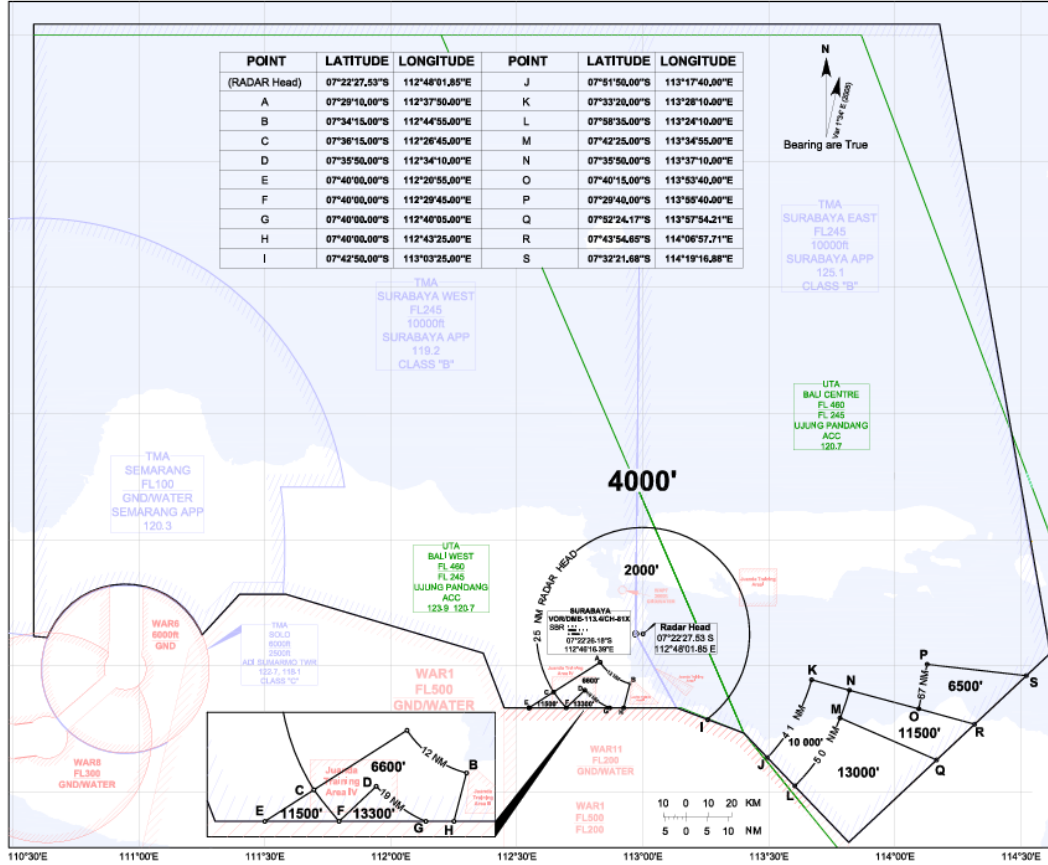
1. Menyiapkan data penerbangan
2. Meminta ATC clearance ke *unit approach* baik ke Medan radar
3. Melaksanakan koordinasi dengan unit-unit pelayanan lalu lintas penerbangan
4. Melaksanakan koordinasi dengan unit AMC tentang posisi parkir untuk pesawat yang datang
5. Menerima perkiraan waktu kedatangan dari unit pelayanan lalu lintas penerbangan lain
6. Memberitahukan urutan keberangkatan pesawat kepada *unit approach* dan ATC pemandu
7. Menerima urutan kedatangan pesawat dari *unit approach* dan menyampaikannya kepada pemandu yang sedang bertugas
8. Memasukkan data penerbangan ke laporan harian pergerakan pesawat

LAMPIRAN B

MINIMUM RADAR VECTOR ALTITUDE CHART

AIP INDONESIA (VOL. II)
MINIMUM RADAR VECTOR ALTITUDE

WARR AD 2.24-10
SURABAYA/
Juanda



LAMPIRAN C

DATA MENGHITUNG RUMUS WORKLOAD ATC

Nama	OF1	OCnf	OC1	tF1	tCnf	tC1
A	42	16	12	6	6	5
B	39	14	9	5	5	5
C	48	12	13	6	5	6
D	53	18	11	6	6	5
E	36	10	10	5	5	5
F	45	15	12	6	6	6
G	40	13	10	5	6	5
H	38	12	8	5	5	5
I	50	17	14	6	6	6
J	43	14	10	6	5	5
K	37	13	9	5	6	5
L	55	19	15	6	6	6
M	41	15	11	5	5	5
N	35	11	9	5	5	5
O	49	16	13	6	5	5

LAMPIRAN D

DOKUMENTASI PADA SAAT OBSERVASI

