

ANALISIS PERHITUNGAN KAPASITAS RUNWAY PADA BANDAR UDARA INTERNASIONAL AJI PANGERAN TUMENGGUNG PRANOTO SAMARINDA

Hernasdy Suprianto¹⁾, Triana Sharly P. Arifin²⁾, Budi Haryanto³⁾

¹Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman, Jl.Sambaliung No.9 Kampus Gunung Kelua, Samarinda e-mail: hernasdy18@gmail.com

²Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman, Jl.Sambaliung No.9 Kampus Gunung Kelua, Samarinda e-mail: triana.sharly@gmail.com

³Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman, Jl.Sambaliung No.9 Kampus Gunung Kelua, Samarinda e-mail: budiharyanto7591@gmail.com

Abstrak

Bandar Udara Aji Pangeran Tumenggung Pranoto Samarinda merupakan salah satu Bandar Udara Internasional yang ada di Provinsi Kalimantan Timur. Status sebagai Bandar Udara Internasional dikarenakan ada rencana penerbangan ke luar negeri dan Bandar Udara Aji Pangeran Tumenggung Pranoto layak untuk melayani penerbangan tersebut. Tetapi fasilitas dan pelayanan yang ada belum sesuai untuk Bandar udara berkelas internasional. Oleh karena itu Bandar udara ini terus dikembangkan untuk dapat melayani permintaan penerbangan, baik penerbangan domestic maupun internasional yang terus meningkat dari tahun ke tahun dari dan menuju Samarinda. Metodologi yang digunakan dalam penulisan mencakup pengambilan data dengan cara survey lapangan langsung mendapatkan data primer yaitu data lalu lintas udara dan data sekunder dari pihak pengelola bandara berupa data jadwal penerbangan, kondisi eksisting yang diolah dengan pendekatan matematis. Perhitungan kapasitas menggunakan pendekatan model kedatangan, keberangkatan dan operasi campuran. Berdasarkan kondisi eksisting yang sekarang maka Bandara Aji Pangeran Tumenggung Pranoto mempunyai 1 buah *runway* sepanjang 2.250 meter x 45 meter, 1 buah *taxiway* untuk komersil, 1 buah *apron* utama dengan luasan 36.900 m². Sesuai dengan perhitungan maka lalu lintas udara campuran halim adalah 27 operasi/jam. Berdasarkan hasil diatas maka bandara Aji Pangeran Tumenggung Pranoto masih sangat layak untuk beroperasi maksimal dengan penyesuaian manajemen saja, karena semua elemen masih dalam toleransi dan masih memenuhi standar minimum di semua aspek.

Kata Kunci : Kapasitas *Runway* , *taxiway*, *apron*

Abstract

Aji Pangeran Tumenggung Pranoto Airport in Samarinda is one of the international airport in the province of East Borneo. International Airport Status is used because there is a flight plan to foreign country and Aji Pangeran Tumenggung Pranoto Samarinda worthy to serve the airlines. However, the facilities and servis that exist not suitable for international-class airport. Therefore, these airports continue to be developed in order to serve the demand for overseas flight, both domestic dan international flight increased from year to year. It can be from Samarinda and Head to Samarinda. The methodology sequence that used to write this thesis is contain data collecting by field observation to getting primary data air traffic and secondary data from airport that processed with a mathematical perspective. The Calculating by modeling methods; arrival flight, take off, and mixed operation.

Based on current condition of existing, Aji Pangeran Tumenggung Pranoto Airport has 1 runway which 2.250 meters x 45 meters width, 1 taxiway, 1 main apron on 36.900 m² areas. According to the calculation, APT Pranoto's air traffic in mixed operation was 27 ops/hour. Based on those result, Aji Pangeran Tumenggung Pranoto Airport is very maximum operating with just the management adjustment, because all its element in tolerant and it can fulfill the minimum standarts in all aspects.

Keywords : Runway Capacity, taxiway, apron

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bandar udara merupakan fasilitas dimana pesawat terbang dapat lepas landas dan mendarat. Suatu Bandara minimal memiliki sebuah landasan pacu, sedangkan untuk bandara besar biasanya dilengkapi berbagai fasilitas lain baik untuk operator layanan penerbangan maupun bagi pengunanya seperti bangunan terminal dan hanggar. (Horonjeff : 1994).

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 40 Tahun 2012 Tentang Pembangunan dan Pelestarian Lingkungan Hidup Bandar Udara memberikan definisi bahwa bandar udara adalah kawasan di daratan dan/atau perairan dengan batas – batas tertentu yang digunakan sebagai tempat pesawat udara mendarat dan lepas landas, naik turun penumpang, bongkar muat barang, dan tempat perpindahan intra dan antarmoda transportasi, yang dilengkapi dengan fasilitas keselamatan dan keamanan penerbangan, serta fasilitas pokok dan fasilitas penunjang lainnya.

Berdasarkan peraturan Dirjen Perhubungan Udara No. SKEP/77/VI/2005, bandar udara berfungsi menunjang kelancaran, keamanan dan ketertiban arus lalu lintas pesawat udara, kargo dan / atau pos, keselamatan penerbangan, tempat perpindahan intra dan / atau moda serta

mendorong perekonomian baik daerah maupun secara nasional.

Pembagian jenis bandara berdasarkan statusnya dibedakan menjadi dua yaitu bandara umum yang berfungsi melayani kepentingan umum dan bandara khusus yang digunakan untuk melayani kepentingan sendiri guna menunjang kegiatan tertentu. Setiap bandar udara terbagi atas sisi darat dan sisi udara, dimana sisi darat terdiri dari jalan penghubung, lapangan parkir dan bangunan terminal sedangkan sisi udara terdiri dari *taxiway*, *holding pad*, *runway*, terminal angkasa, dan jalur penerbangan di angkasa. Salah satu bagian terpenting yang harus ada pada bandar udara adalah *runway* yang merupakan area tertentu pada bandar udara tempat mendarat dan lepas landas bagi pesawat.

Bandar Udara Internasional Aji Pangeran Tumenggung Pranoto adalah sebuah bandar udara di Kota Samarinda, Kalimantan Timur. Bandara yang berlokasi di kawasan Sungai Siring ini beroperasi pada 24 Mei 2018 dan diresmikan oleh Gubernur Kaltim Awang Faroek Ishak menggantikan bandara sebelumnya, yakni Bandar Udara Temindung yang sudah tidak dapat dikembangkan. Nama bandara ini diambil dari Gubernur Kalimantan Timur yang pertama, yaitu APT Pranoto. Meskipun belum ada bukti dan pengakuan tertulis bahwa bandara ini internasional, namun secara lisan sudah ada kesepakatan antara

Gubernur Kaltim Awang Faroek Ishak dengan Kementerian Perhubungan tentang status bandara ini sebagai bandara internasional.

Bandara APT Pranoto sendiri memiliki luas area 13 hektare, terdiri dari sarana berupa gedung administrasi, runway 2.250 kali 45 meter, apron, taxiway 173 kali 23 meter, hanggar luas 36.342,4 meter persegi, gedung ATC serta perumahan karyawan bandara. Bandar Udara Aji Pangeran Tumenggung Pranoto Samarinda atau Bandara APT. Pranoto, direncanakan untuk menggantikan Bandara Temindung Samarinda yang sudah tidak bisa dikembangkan lagi dengan panjang *runway* 1040x23 dan di tengah pemukiman warga dan sering tergenang banjir ketika hujan deras melanda. Selain itu Bandara Temindung berada di lokasi padat penduduk sehingga rawan akan bahaya kemanan dan keselamatan penerbangan. Oleh karenanya diperlukan bandara pengganti yang lebih memenuhi standar keamanan dan keselamatan untuk melayani kebutuhan transportasi udara masyarakat samarinda dan sekitarnya pada khususnya dan Kalimantan timur pada umumnya. Selain itu juga diharapkan dengan dibangunnya Bandara APT. Pranoto Samarinda ini akan mempercepat perkembangan dan konsep pemerataan ekonomi di wilayah Kalimantan Timur dengan konsep *multiply airport*.

Bandara APT. Pranoto Samarinda merupakan Bandar udara yang direncanakan melayani angkutan udara niaga dan non niaga, berjadwal dan tak berjadwal dengan rute penerbangan dalam negeri dan luar negeri. Tipe pesawat yang dilayani terkritis adalah *Boeing 737-900ER*. Namun untuk tahap awal dioperasikan untuk *ATR 72/500* dan sejenisnya. Dengan letak geografis yang memiliki

daerah cakupan yang luas yaitu samarinda, tenggarong, bontang, sangata dan kutai kartanegara.

Dengan adanya pengembangan bandar udara tersebut, penulis ingin mengetahui karakteristik *runway* Bandara APT Pranoto yang dipengaruhi oleh jenis-jenis pesawat yang menggunakan landas pacu Bandara Internasional APT Pranoto berdasarkan tingkat kapasitasnya. Panjang *runway* juga bergantung pada ketinggian dari permukaan air laut, kemiringan landasan, suhu, kecepatan dan arah angin serta tekanan udara di sekitarnya serta berat pesawatnya. Di daerah gurun dan di dataran tinggi, umumnya landas pacu yang digunakan lebih panjang dari pada yang umum digunakan di bandara-bandara bahkan Bandara Internasional karena tekanan udara yang lebih rendah.

1.2 Rumusan Masalah

Menganalisis tingkat kapasitas (*runway*) pada Bandar Udara Internasional Aji Pangeran Tumenggung Pranoto Samarinda:

1. Berapakah kapasitas maksimal *runway*?
2. Apakah dibutuhkan evaluasi terhadap kondisi *existing runway*?
3. Bagaimanakah tingkat kebutuhan *runway* di masa yang akan datang?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan studi Analisis Kapasitas *Runway* Bandar Udara Internasional Aji Pangeran Tumenggung Pranoto adalah:

1. Menghitung kapasitas maksimal *runway* Bandar Udara Internasional APT Pranoto.
2. Mengevaluasi kebutuhan *runway* pada kondisi *existing*.
3. Mengetahui kebutuhan *runway* pada kondisi yang akan datang.

2. LANDASAN TEORI

2.1 Kapasitas Bandar Udara

Bandar udara (*aerodrome*) adalah kawasan di tanah atau air tertentu (termasuk setiap bangunan, instalasi-instalasi dan peralatan) yang dimaksudkan untuk digunakan seluruh maupun sebagian untuk pendaratan, keberangkatan dan pergerakan pesawat udara di permukaannya. Bandar udara (*airport*) dapat dibagi menjadi 2 bagian berdasarkan kegunaan fasilitasnya, sisi udara atau *air side* dan sisi darat atau *land side*. Fasilitas yang termasuk dalam sisi udara adalah landasan pacu, landasan hubung dan landasan parkir.

2.2 Definisi Kapasitas Runway

Istilah *runway*, termasuk permukaan permukaan untuk mendarat ditambah dengan bagian dari jalur pendekatan dan keberangkatan yang secara umum digunakan oleh semua pesawat.

Kapasitas *runway* dapat didefinisikan sebagai kemampuan sistem *runway* untuk mengakomodasi pendaratan dan tinggal landas pesawat yang dinyatakan dalam jumlah operasi pergerakan pesawat per satuan waktu (dalam operasi per jam atau per tahun).

Untuk perencanaan bandar udara, kapasitas *runway* didefinisikan dengan dua acara.

2.2.1 Kapasitas jenuh (*Saturation Capacity/ Maximum Throughput Capacity/ Ultimate Capacity*)

Berikut ini definisi kapasitas jenuh yang diambil dari beberapa sumber yaitu:

- Menurut Horonjeff dan McKelvey dalam *Planning and Design of Airports*, kapasitas jenuh didefinisikan sebagai jumlah maksimum pesawat beroperasi yang dapat ditampung oleh *runway* selama waktu tertentu saat ada suatu permintaan yang terus menerus untuk dilayani.
- Menurut Ashford dan Wright dalam *Airport Engineering*, kapasitas jenuh didefinisikan sebagai jumlah maksimum pesawat yang dapat ditangani selama periode tertentu dalam kondisi permintaan yang terus menerus.
- Menurut Odoni dan Neufville dalam *Airport System*, kapasitas jenuh didefinisikan sebagai perkiraan jumlah pergerakan yang dapat dilakukan dalam satu jam pada suatu sistem *runway* tanpa melanggar aturan *Air Traffic Management (ATM)*, diasumsikan permintaan pesawat yang terus menerus.
- Menurut Wells dan Young dalam *Airport Planning & Management*, kapasitas jenuh didefinisikan sebagai nilai maksimum dimana operasi pesawat dapat ditangani dengan mengabaikan *delay* yang mungkin terjadi sebagai hasil dari ketidaksempurnaan dalam operasi.

Jadi definisi kapasitas jenuh *runway* dapat disimpulkan sebagai perkiraan jumlah pergerakan pesawat yang dapat ditampung oleh suatu sistem *runway* dalam suatu periode tertentu, pada kondisi permintaan yang terus menerus dengan mengabaikan *delay* yang terjadi, tanpa melanggar aturan ATM.

2.2.2 Kapasitas praktis (*Practical Capacity*)

Berikut ini definisi kapasitas praktis yang diambil dari beberapa sumber.

- a. Menurut Horonjeff dan McKelvey dalam *Planning and Design of Airports*, kapasitas praktis didefinisikan sebagai jumlah pesawat beroperasi selama waktu tertentu yang disesuaikan dengan rata-rata penundaan (*delay*) pada suatu tingkat yang dapat ditoleransi.
- b. Menurut Ashford dan Wright dalam *Airport Engineering*, FAA merekomendasikan konsep pengukuran kapasitas praktis disesuaikan dengan tingkat *delay* yang dapat ditoleransi. (Contoh *delay* untuk pesawat yang berangkat rata-rata 4 menit selama dua puncak jam sibuk yang berdekatan pada satu minggu).
- c. Menurut Odoni dan Neufville dalam *Airport System*, kapasitas praktis per jam atau *Practical Hourly Capacity* (PHCAP) merupakan metode yang dikembangkan oleh FAA pada awal tahun 1960. PHCAP didefinisikan sebagai perkiraan jumlah pergerakan pesawat yang mampu dilakukan dalam 1 jam pada suatu sistem *runway* dengan rata-rata *delay* 4 menit pada setiap pergerakan.
- d. Menurut Wells dan Young dalam *Airport Planning & Management*, kapasitas praktis dipahami sebagai suatu jumlah operasi yang mungkin ditampung pada suatu waktu tanpa melebihi suatu nominal *delay*. FAA mendefinisikannya sebagai jumlah operasi yang dapat ditangani suatu bandar udara yang menghasilkan rata-rata *delay* tidak lebih dari 4 menit selama periode tersibuk.

Jadi definisi kapasitas praktis *runway* dapat disimpulkan sebagai perkiraan jumlah pergerakan pesawat yang dapat ditampung oleh suatu sistem

runway dalam suatu periode tertentu, dengan mempertimbangkan *delay* yang dapat ditoleransi yaitu tidak lebih dari 4 menit.

Menurut Odoni dan Neufville dalam *Airport Systems*, berdasarkan petunjuk praktis (*rule of thumb*) PHCAP kira-kira sama dengan 80% sampai dengan 90% dari kapasitas jenuh suatu sistem *runway*, tergantung pada kondisi yang ada.

Menurut CGNA dalam *Methodology Used by Brazil for The Runway Capacity Calculation*, kapasitas praktis *runway* dapat dipilih antara 80% dan 100% dari kapasitas *runway* secara teoritis, untuk mengurangi kemungkinan *delay* selama operasi jika beberapa factor eksternal seperti cuaca, *delay* operasi dari perusahaan penerbangan dan lain-lainnya, menginterferensi operasi normal. Jika nilai yang mendekati 100% dipilih, akan sulit untuk mengantisipasi *delay* yang disebabkan oleh faktor eksternal.

Dalam melakukan analisis digunakan metodologi pendekatan untuk perhitungan kapasitas *runway* yang tidak berkaitan dengan penundaan.

Adapun model perhitungan yang dipakai antara lain:

1. Perhitungan kapasitas *runway* untuk kedatangan saja.
2. Perhitungan kapasitas *runway* untuk keberangkatan saja.
3. Perhitungan kapasitas *runway* untuk operasi campuran.

2.3 Perhitungan Kapasitas Runway untuk Operasi Kedatangan Saja

- a. Keadaan Merapat

Merupakan keadaan dimana kecepatan pesawat di depan (*leading*, V_i) lebih lambat dari pada pesawat yang di belakang (*trailing*, V_j). Persamaan yang digunakan adalah seperti terlihat pada Persamaan berikut ini (Horonjeff R. dan MCKelvey F., 1988).

$$\Delta T_{ij} = T_j - T_i = \frac{\delta_{ij}}{v_j} \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana :

- ΔT_{ij} = Separasi waktu antar dua kedatangan yang berurutan, pesawat dengan kelas kecepatan i diikuti pesawat dengan kelas kecepatan j
- T_i = Waktu saat pesawat yang di depan i melampaui *threshold runway*
- T_j = Waktu untuk pesawat yang di belakang j melampaui *threshold runway*
- V_i = Kecepatan approach pesawat yang di depan i
- V_j = Kecepatan approach pesawat yang di depan j
- δ_{ij} = Separasi minimum antar kedatangan

b. Keadaan Merenggang

Merupakan keadaan dimana kecepatan pesawat di depan (*leading*, V_i) lebih cepat dari pada kecepatan pesawat yang ada di belakang (*trailing*, V_j). Persamaan yang digunakan adalah seperti terlihat pada Persamaan berikut ini (Horonjeff R. dan MCKelvey F., 1988).

$$\Delta T_{ij} = T_j - T_i = \frac{\delta_{ij}}{v_j} + \gamma \left(\frac{1}{v_j} - \frac{1}{v_i} \right) \dots \dots \dots (2.2)$$

Dimana :

- ΔT_{ij} = Separasi waktu antar dua kedatangan yang berurutan, pesawat dengan kelas kecepatan i diikuti pesawat dengan kelas kecepatan j

- T_i = Waktu saat pesawat yang di depan i melampaui *threshold runway*
- T_j = Waktu untuk pesawat yang di belakang j melampaui *threshold runway*
- V_i = Kecepatan approach pesawat yang di depan i
- V_j = Kecepatan approach pesawat yang di depan j
- δ_{ij} = Separasi minimum antar kedatangan
- γ = Panjang approach path

Nilai perkiraan waktu antar kedatangan (*interval time*) merupakan hasil kali dari probabilitas terjadinya urutan pesawat i diikuti dengan pesawat j yang disebut p_{ij} dengan separasi waktu antar kedatangan pesawat i yang diikuti pesawat j yang telah disusun dalam matrik $[M_{ij}]$. Yang dapat dinyatakan dalam persamaan berikut ini:

$$E(\Delta T_{ij}) = \sum P_{ij} m_{ij} = \sum [P_{ij}] [m_{ij}] \dots \dots \dots (2.3)$$

Dimana:

- $E(\Delta T_{ij})$ = Nilai perkiraan waktu antar kedatangan
- P_{ij} = Probabilitas kedatangan pesawat i diikuti oleh pesawat j
- $[P_{ij}]$ = Matrik p_{ij}
- $[m_{ij}]$ = Matrik separasi waktu antar kedatangan

Jika nilai perkiraan waktu antar kedatangan yang disebut $E(\Delta T_{ij})$ dinyatakan dalam satuan detik maka kapasitas *runway* per jam untuk operasi kedatangan didapat dari persamaan berikut ini:

$$C_a = \frac{3600}{E(\Delta T_{ij})} \dots \dots \dots (2.4)$$

2.4 Perhitungan Kapasitas Runway untuk Operasi Keberangkatan Saja

Matriks prosentase campuran pesawat [P_{ij}]. Berdasarkan persamaan, dapat dihitung besar waktu pelayanan antar keberangkatan di ambang runway adalah sebagai berikut:

$$E(T_{td}) = \sum [P_{ij}] [td] \dots \dots \dots (2.5)$$

Dimana:

$E(t_d)$ = Nilai perkiraan waktu antar kedatangan (*interdeparture time*)

$[P_{ij}]$ = Matrik probabilitas keberangkatan pesawat *i* diikuti pesawat *j*

$[td]$ = Matrik separasi waktu minimum antar kedatangan

Jadi, kapasitas runway per jam untuk melayani keberangkatan saja diperoleh dari rumus pada Persamaan yaitu:

$$C_a = \frac{3600}{E(T_d)} \dots \dots \dots (2.6)$$

2.5 Perhitungan Kapasitas Runway untuk Operasi Campuran

Pergerakan pesawat di runway harus mengutamakan pesawat yang akan mendarat (*arrivals*) karena apabila terjadi *delay* 30 menit, maka pesawat yang akan mendarat tersebut akan dialihkan ke bandara terdekat. Waktu pemakaian runway rata-rata $E[R_i]$, merupakan jumlah perkalian dari probabilitas campuran pesawat pada jam sibuk dengan rata-rata waktu pemakaian runway tiap kategori pesawat.

$$E(R_i) = \text{probabilitas campuran} \times \text{waktu pemakaian runway}$$

Waktu yang diharapkan pesawat yang datang untuk menempuh jarak 2 mil terakhir ke ambang

runway merupakan jumlah perkalian dari probabilitas campuran pesawat pada jam sibuk.

$$E\left(\frac{\delta_d}{v_j}\right) = \left[\text{probabilitas campuran} \frac{\text{Jarak tempuh}}{\text{(approach speed)}} \right] \dots \dots \dots (2.7)$$

Oleh sebab itu, waktu antar kedatangan yang dibutuhkan untuk melakukan satu keberangkatan di antara dua kedatangan diberikan oleh persamaan:

$$E(\Delta T_{ij}) \geq E(R_i) + E\left(\frac{\delta_d}{v_j}\right) + (n_d - 1)E[t_d] \dots (2.8)$$

Jika $E(\Delta T_{ij})$ dalam satuan detik maka kapasitas per jam runway untuk operasi campuran adalah:

$$C_m = \frac{3600}{E(\Delta T_{ij})} (1 + \sum n_d P_{nd}) \dots \dots \dots (2.9)$$

Dimana:

C_m = Kapasitas runway untuk operasi campuran

$E(\Delta T_{ij})$ = Nilai perkiraan waktu antar kedatangan

n_d = Jumlah keberangkatan yang dapat diijinkan pada setiap celah waktu antar kedatangan

P_{nd} = Probabilitas mengijinkan n_d keberangkatan dalam setiap celah waktu antar kedatangan

2.6 Evaluasi Kondisi Eksisting Runway dan Tingkat Kebutuhan Runway Dimasa yang Akan Datang

a. Panjang Runway

Perhitungan panjang landasan pacu (*runway*) dengan faktor koreksi:

1. Pengaruh ketinggian dari muka air laut (*Fe*)

$$Fe = \left(L \times 0,07 \times \frac{h}{3} \right) + L \dots \dots \dots (2.10)$$

Keterangan :

L = Panjang Runway

h = Tinggi Elevasi

2. Pengaruh suhu udara (Ft)

$$Ft = [L \times (t - 15) \times 0,01] + L \dots \dots \dots (2.11)$$

Keterangan :

t = Temperatur

b. Lebar *Runway*

Kebutuhan lebar *runway* didasarkan pada asumsi bahwa lebar *runway* harus mampu menampung seluruh bentang sayap pesawat (*Wing Span*) ditambah dengan kebebasan ujung sayap pesawat (*Wing Tip Clearance*). Perhitungan lebar *runway* yang dibutuhkan adalah:

$$\text{Lebar } runway = wing \ span + wing \ tip \ clearance$$

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Pengumpulan data

Data yang dikumpulkan untuk penelitian berupa data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh dari hasil pengamatan langsung dengan objek yang diteliti berupa data kecepatan *approach* dan data *runway occupancy time*. Data sekunder adalah data yang diperoleh dari informasi yang telah diolah oleh pihak UPBU yang berbentuk dokumen. Beberapa data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini juga berasal dari hasil wawancara kepada Unit Penyelenggara Bandar Udara (UPBU) wilayah kerja Bandara Internasional A.P.T Pranoto Samarinda.

3.2 Analisis Data

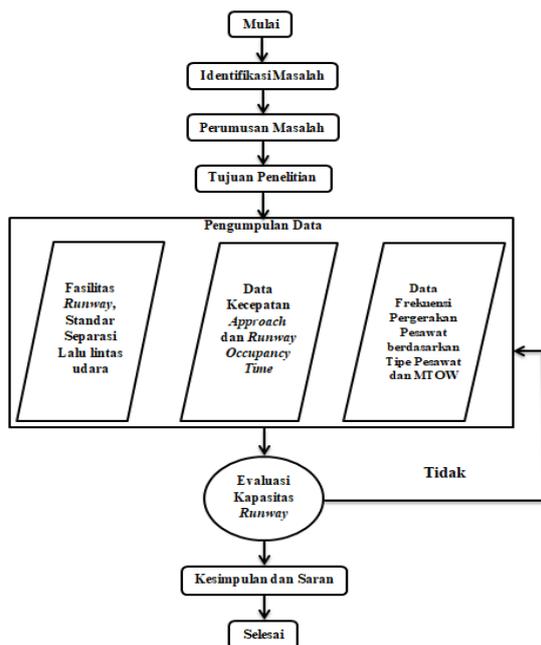
Analisis data yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan analisis mencakup kapasitas kondisi eksisting. Setelah dilakukan pengolahan data pada kondisi eksisting maka dilanjutkan dengan

mengevaluasi pengaruh pertumbuhan lalu lintas udara terhadap kapasitas *runway* saat ini.

Langkah perhitungan kapasitas *runway* adalah dengan menghitung waktu pelayanan rata-rata pesawat berdasarkan kecepatan mendarat di *runway (landing)* dan jarak pemisahan minimum. Perhitungan kapasitas meliputi konfigurasi operasional gabungan pesawat pada *peak hour*. Analisa menggunakan data *real* pesawat yang beroperasi di Bandara Internasional Aji Pangeran Tumenggung Pranoto Samarinda.

3.3 Bagan Alir Penelitian

Bagan alir metodologi penelitian menggambarkan tentang bagaimana suatu masalah tersebut ditemukan dan perlu dilakukan penelitian juga digunakan sebagai tahapan dalam langkah-langkah dalam proses perhitungan kapasitas *runway*, yang di dalamnya terdapat berbagai macam proses, antara lain proses pengumpulan data, baik data primer maupun data sekunder, lalu menghitung kapasitas eksisting *runway*, setelah itu dilanjutkan dengan perhitungan kesiapan layanan *runway* kedepannya. Analisis difokuskan pada kapasitas *runway* sebagai sarana melayani pesawat terbang.



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Fasilitas Sisi Udara

Konfigurasi *runway* Bandar Udara Internasional Aji Pangeran Tumenggung Pranoto Samarinda merupakan *runway* tunggal memiliki panjang *runway* 2.250 Meter dan lebar 45 Meter dengan panjang *runway ultimate* 2.500 Meter dan lebar 45 Meter.

Adapun fasilitas lainnya seperti RESA (*Runway End Safety Area*) memiliki panjang 90 Meter dan lebar 90 Meter, *runway strip* (Jalur Landas Pacu) dengan panjang 2.370 Meter dan lebar 150 Meter, *clearway* dengan panjang 120 Meter dan lebar 150 Meter, *stopway* (Jalur untuk Berhenti) dengan panjang 60 Meter dan lebar 45 Meter, *Apron* dengan panjang 300 Meter dan lebar 123 Meter, *taxiway* (Jalur Penghubung) dengan panjang 175,50 Meter dan lebar 23 Meter, dan *GSE Area 737,5* Meter dan lebar 15 Meter.

4.2 Standar Separasi Lalu Lintas Udara

Organisasi Penerbangan Sipil Internasional (*International Civil Aviation Organization*) disingkat ICAO adalah sebuah lembaga Perserikatan Bangsa-Bangsa. Lembaga ini mengembangkan teknik dan prinsip-prinsip navigasi udara internasional serta membantu perkembangan perencanaan dan pengembangan angkutan udara internasional untuk memastikan pertumbuhannya terencana dan aman.

Dewan ICAO mengadopsi standar dan merekomendasikan praktik mengenai penerbangan, pencegahan gangguan campur tangan yang ilegal, dan pemberian kemudahan prosedur lintas negara untuk penerbangan sipil internasional.

Oleh karena negara Indonesia tergabung sebagai anggota ICAO, maka aturan penerbangan di Indonesia mengacu kepada ketentuan yang ditetapkan ICAO. Dalam hal standar separasi yang digunakan, negara anggota ICAO boleh menentukan minimal atau kondisi selain yang ditetapkan oleh ICAO sepanjang ketentuan tersebut tetap dapat menjamin keselamatan dalam operasi penerbangan.

Di Bandara Aji Pangeran Tumenggung Pranoto Samarinda, untuk standar separasi yang berbeda dengan ketentuan ICAO dibakukan dalam *Standard Operating Procedur (SOP)* Bandara Aji Pangeran Tumenggung Pranoto yang didapatkan dari hasil wawancara penulis kepada pihak terkait. Berikut ini standar separasi yang terdapat dalam SOP yang terkait dengan kapasitas *runway*:

1. Separasi minimum yang diperkenankan antar pesawat udara yang berada di *localizer* yang sama adalah 5 nm.

2. Separasi minimum yang diperkenankan antar pesawat udara yang berada di *localizer* yang sama adalah 8 nm, apabila diselingi dengan pesawat yang akan *take-off*.

4.3 Data Maksimum Take Off Weight (MTOW)

Maximum Take Off Weight (MTOW) merupakan kapasitas berat maksimal suatu pesawat dalam melakukan lepas landas. ICAO dalam DOC.444 *Air Traffic Management* Mengklasifikasikan pesawat menjadi 3 berdasarkan *Maximum Take Off Weight*.

Berikut disajikan data *Maximum Take Off Weight* dari masing-masing tipe pesawat yang beroperasi di Bandar Udara Internasional Aji Pangeran Tumenggung Pranoto Samarinda:

Tabel 1. Data *Maximum Take Off Weight* (MTOW)

Tipe pesawat	<i>Maximum Take Off Weight</i> (MTOW)		
	Kg	Lbs	Klasifikasi
Cessna Grand Caravan C-208	3.600 – 4.124	7.937 – 9.092	Light (L) / Small (S)
ATR42 All Series	16.700 – 36.817	38.790 – 85.516	Medium (M)
ATR72 All Series	22.000 – 23.000	48.501 – 50.706	Medium (M)
Boeing 737 All Series	49.086 – 85.139	108.218 – 187.700	Medium (M)
Airbus A320 Family	67.993 – 93.485	149.900 – 206.100	Medium (M)

(Sumber: Daftar Registrasi & MTOW Penerbangan Domestik dan Internasional yang Beroperasi Di Indonesia Oktober 2015)

4.4 Data Kecepatan Approach

Kecepatan *Approach* merupakan kecepatan pesawat ketika mencapai titik 2 mil terhadap jalur pendekat (*Final Approach Path*) saat akan melakukan pendaratan. Berikut disajikan data kecepatan *approach* dari masing-masing tipe pesawat yang beroperasi di Bandar Udara Internasional Aji Pangeran Tumenggung Pranoto Samarinda.

Tabel 2. Data Kecepatan *Approach*

Tipe pesawat	Kecepatan Approach
Cessna Grand Caravan C-208	90 knots
ATR42 All Series	125 knots
ATR72 All Series	125 knots
Boeing 737 All Series	130 knots
Airbus A320 Family	135 knots

(Sumber: Kementerian Perhubungan Direktorat Jenderal Perhubungan Udara Kantor UPBU Kelas II APT Pranoto Samarinda)

4.4.1 Data Runway Occupancy Time (ROT) Untuk Pendaratan

Runway Occupancy Time (ROT) untuk pendaratan adalah data rata-rata waktu yang dibutuhkan pesawat dalam menggunakan *runway* setelah melakukan pendaratan (*Landing*).

Berikut data rata-rata *Runway Occupancy Time* untuk pendaratan dari masing-masing pesawat yang beroperasi di Bandar Udara Internasional Aji Pangeran Tumenggung Pranoto Samarinda dari tanggal 1 sampai 7 Mei 2019.

Tabel 3. Data ROT untuk Pendaratan

Tipe pesawat	<i>Runway Occupancy Time</i>
Cessna Grand Caravan C-208	70 detik
ATR42 All Series	60 detik
ATR72 All Series	60 detik
Boeing 737 All Series	65 detik
Airbus A320 Family	65 detik

(Sumber: Kementerian Perhubungan Direktorat Jenderal Perhubungan Udara Kantor Otoritas Bandar Udara Wilayah VII)

4.5 Data Frekuensi Pergerakan Berdasarkan Tipe Pesawat

Data Frekuensi Pergerakan berdasarkan Tipe Pesawat merupakan jumlah keseluruhan pergerakan pesawat baik Pendaratan (*Landing*) maupun Lepas Landas (*Take Off*). Sedangkan Probabilitas adalah persen kemungkinan dari jumlah seluruh pergerakan pesawat.

Berikut disajikan frekuensi dan probabilitas pergerakan masing-masing tipe pesawat yang beroperasi dari tanggal 1 sampai dengan 7 Mei 2019, yang diolah dari Data Penerbangan (*Flight Record*) Bulan Mei 2019.

Tabel 4. Data Frekuensi Pergerakan Berdasarkan Tipe Pesawat

Tipe pesawat	Frekuensi (1 Minggu)	Probabilitas
Cessna Grand Caravan C-208	20	0,0913242
ATR42 <i>All Series</i>	23	0,10502283
ATR72 <i>All Series</i>	28	0,12785388
Boeing 737 <i>All Series</i>	85	0,38812785
Airbus A320 <i>Family</i>	63	0,28767123
Jumlah	219	1

(Sumber: Kementerian Perhubungan Direktorat Jenderal Perhubungan Udara Kantor UPBU Kelas II APT Pranoto Samarinda)

4.6 Frekuensi Terjadinya Urutan Pesawat Yang Datang Berdasarkan Kecepatan Approach dan Klasifikasi Pesawat

Frekuensi Terjadinya Urutan Pesawat yang Datang Berdasarkan Kecepatan *Approach* dan Klasifikasi Pesawat adalah data yang akan digunakan untuk mengetahui Probabilitas atau Persen Kemungkinan pertemuan antar pesawat dengan Kecepatan *Approach* yang berbeda pada kondisi Pesawat di depan (*Leading*) dan di belakang (*Trailing*) saat melakukan pendaratan (*Landing*) secara berurutan.

Berikut disajikan frekuensi dan probabilitas terjadinya urutan pesawat yang datang berdasarkan kecepatan *approach* dan klasifikasi pesawat. Data ini diolah dari data pergerakan pesawat dari tanggal 1 sampai dengan 7 Mei 2019.

Tabel 5. Data Frekuensi Urutan Pesawat Yang Datang

<i>Leading</i>	<i>Trailing</i>	Frekuensi	Probabilitas
90 knots (<i>Small</i>)	90 knots (<i>Small</i>)	0	0

<i>Leading</i>	<i>Trailing</i>	Frekuensi	Probabilitas
90 knots (<i>Small</i>)	125 knots (<i>Medium</i>)	3	0,02912621
90 knots (<i>Small</i>)	130 knots (<i>Medium</i>)	5	0,04854369
90 knots (<i>Small</i>)	135 knots (<i>Medium</i>)	1	0,00970874
125 knots (<i>Medium</i>)	90 knots (<i>Small</i>)	2	0,01941748
125 knots (<i>Medium</i>)	125 knots (<i>Medium</i>)	4	0,03883495
125 knots (<i>Medium</i>)	130 knots (<i>Medium</i>)	11	0,10679612
125 knots (<i>Medium</i>)	135 knots (<i>Medium</i>)	5	0,04854369
130 knots (<i>Medium</i>)	90 knots (<i>Small</i>)	7	0,06796117
130 knots (<i>Medium</i>)	125 knots (<i>Medium</i>)	7	0,06796117
130 knots (<i>Medium</i>)	130 knots (<i>Medium</i>)	8	0,0776699
130 knots (<i>Medium</i>)	135 knots (<i>Medium</i>)	20	0,19417476
135 knots (<i>Medium</i>)	90 knots (<i>Small</i>)	1	0,00970874
135 knots (<i>Medium</i>)	125 knots (<i>Medium</i>)	6	0,05825243
135 knots (<i>Medium</i>)	130 knots (<i>Medium</i>)	18	0,17475728
135 knots (<i>Medium</i>)	135 knots (<i>Medium</i>)	5	0,04854369
Jumlah		103	1

(Sumber: Kementerian Perhubungan Direktorat Jenderal Perhubungan Udara Kantor UPBU Kelas II APT Pranoto Samarinda)

4.7 Frekuensi Terjadinya Urutan Pesawat Yang Berangkat Berdasarkan Klasifikasi Pesawat

Frekuensi Terjadinya Urutan Pesawat yang Berangkat Berdasarkan Klasifikasi Pesawat adalah

data yang digunakan untuk mengetahui probabilitas atau persen kemungkinan pertemuan antar pesawat dengan klasifikasi berbeda pada kondisi pesawat di depan (*Leading*) dan di belakang (*Trailing*) saat melakukan lepas landas secara berurutan.

Berikut disajikan frekuensi dan probabilitas terjadinya urutan pesawat yang berangkat berdasarkan klasifikasi pesawat. Data ini diolah dari data pergerakan dari tanggal 1 sampai dengan 7 Mei 2019.

Tabel 6. Data Frekuensi Urutan Pesawat Yang Berangkat

<i>Leading</i>	<i>Trailing</i>	Frekuensi	Probabilitas
<i>Medium</i>	<i>Medium</i>	83	0,81372549
<i>Medium</i>	<i>Small</i>	9	0,08823529
<i>Small</i>	<i>Medium</i>	10	0,09803922
<i>Small</i>	<i>Small</i>	0	0
Jumlah		102	1

(Sumber: Kementerian Perhubungan Direktorat Jenderal Perhubungan Udara Kantor UPBU Kelas II APT Pranoto Samarinda)

4.8 Perhitungan Kapasitas Jenuh Runway dengan Formulasi Matematis

Data yang diperlukan untuk perhitungan kapasitas jenuh *runway* dengan formulasi matematis adalah sebagai berikut:

1. Kecepatan *approach* (**Tabel 2**).
2. *Runway Occupany Time* untuk kedatangan (**Tabel 3**).
3. Aturan separasi yang diterapkan di Bandar Udara Internasional Aji Pangeran Tumenggung Pranoto Samarinda.
4. Panjang *Final Approach Path* (FAP) masing-masing *runway* pada *Instrument Approach Chart* Bandar Udara Aji Pangeran Tumenggung Pranoto Samarinda, yang

didapat dari *Aeronautical Information Publication*.

5. Probabilitas
 - a. Frekuensi pergerakan semua tipe pesawat (**Tabel 4**).
 - b. Frekuensi terjadinya urutan pesawat yang datang berdasarkan kecepatan *approach* dan klasifikasi pesawat (**Tabel 5**).
 - c. Frekuensi terjadinya urutan pesawat yang berangkat berdasarkan klasifikasi pesawat (**Tabel 6**).

Langkah-langkah dalam penentuan kapasitas jenuh sistem *runway* adalah sebagai berikut:

4.8.1 Kapasitas Sistem Runway Untuk Kedatangan Saja

Runway memiliki Panjang FAP (γ) 5 nm dan separasi antar kedatangan (δ) 5 nm. Selanjutnya pesawat dikelompokkan berdasarkan kecepatan *approach* dan dicari matrik [Mij] sebagai berikut:

1. Keadaan Merapat/*Closing* ($V_i \leq V_j$)
Merupakan keadaan dimana kecepatan pesawat di depan (*leading*, V_i) lebih lambat dari pada pesawat yang di belakang (*trailing*, V_j). Persamaan yang digunakan adalah seperti terlihat pada Persamaan berikut ini (Horonjeff R. dan MCKelvey F., 1988).

$$\Delta T_{ij} = T_j - T_i = \frac{\delta_{ij}}{v_j}$$

- a. $V_i = 90$ knots dan $V_j = 90$ knots.

$$\Delta T_{ij} = \frac{\delta_{ij}}{V_j} = \frac{5}{90} = 0,055 \text{ jam} = 200,00 \text{ detik}$$

Jadi separasi waktu antar kedatangan berurutan dengan (*leading*, $V_i = 90$ knots) dan (*trailing*, $V_j = 90$ knots) adalah 200,00 detik.

2. Keadaan Merenggang/*Opening* ($V_i > V_j$)
Merupakan keadaan dimana kecepatan pesawat di depan (*leading*, V_i) lebih cepat dari pada kecepatan pesawat yang ada di belakang (*trailing*, V_j). Persamaan yang digunakan adalah seperti terlihat pada Persamaan berikut ini (Horonjeff R. dan MCKelvey F., 1988).

$$\Delta T_{ij} = T_j - T_i = \frac{\delta_{ij}}{V_j} + \gamma \left(\frac{1}{V_j} - \frac{1}{V_i} \right)$$

a. $V_i = 125$ knots dan $V_j = 90$ knots.

$$\Delta T_{ij} = \frac{\delta_{ij}}{V_j} + \gamma \left(\frac{1}{V_j} - \frac{1}{V_i} \right) = \frac{5}{90} + 5 \left(\frac{1}{90} - \frac{1}{125} \right) = 0,0711 \text{ jam} = 256,00 \text{ detik}$$

Jadi separasi waktu antar kedatangan berurutan dengan (*leading*, $V_i = 125$ knots) dan (*trailing*, $V_j = 90$ knots) adalah 256,00 detik.

Selanjutnya semua hasil di atas dimasukkan ke dalam Matrik [M_{ij}]

Tabel 7. Matrik [M_{ij}]

		Leading (V_i)			
		90 knots	125 knots	130 knots	135 knots
Trailing (V_j)	90 knots	200,00	256,00	261,53	266,66
	125 knots	144,00	144,00	149,53	154,66
	130 knots	138,46	138,46	138,46	143,58
	135 knots	133,33	133,33	133,33	133,33

Sedangkan probabilitas terjadinya urutan pesawat yang datang untuk semua kombinasi V_i dan V_j yang didapat dari frekuensi pergerakan (**Tabel 4.6**), yaitu seperti dalam matrik [P_{ij}] pada (**Tabel 4.9**) berikut ini:

Tabel 8. Matrik [P_{ij}] Untuk Kedatangan

		Leading			
		90 knots	125 knots	130 knots	135 knots
Trailing	90 knots	0	0,01941 748	0,06796 117	0,00970 874
	125 knots	0,0291 2621	0,03883 495	0,06796 117	0,05825 243
	130 knots	0,0485 4369	0,10679 612	0,07766 99	0,17475 728
	135 knots	0,0097 0874	0,04854 369	0,19417 476	0,04854 369

Nilai perkiraan waktu antar kedatangan (*interval time*) merupakan hasil kali dari probabilitas terjadinya urutan pesawat i diikuti dengan dengan pesawat j yang disebut P_{ij} dengan separasi waktu antar kedatangan pesawat i yang diikuti pesawat j yang telah disusun dalam Matrik [M_{ij}] (**Tabel 4.8**). Yang dapat dinyatakan dalam persamaan berikut ini:

$$\begin{aligned} E(\Delta T_{ij}) &= \sum P_{ij} m_{ij} = \sum [P_{ij}] [m_{ij}] \\ &= 0(200) + 0,02912621(144) \\ &\quad + 0,04854369(138,46) \\ &\quad + 0,00970874(133,33) \\ &\quad + 0,01941748(256) \\ &\quad + 0,03883495(144) \\ &\quad + 0,10679612(138,46) \\ &\quad + 0,04854369(133,33) \\ &\quad + 0,06796117(261,53) \\ &\quad + 0,06796117(149,53) \\ &\quad + 0,0776699(138,46) \\ &\quad + 0,19417476(133,33) \\ &\quad + 0,00970874(266,66) \\ &\quad + 0,05825243(154,66) \\ &\quad + 0,17475728(143,58) \\ &\quad + 0,04854369(133,33) \\ &= 151,774 \text{ detik} \end{aligned}$$

Jika nilai perkiraan waktu antar kedatangan yang disebut $E(\Delta T_{ij})$ dinyatakan dalam satuan detik maka kapasitas *runway* per jam untuk operasi kedatangan didapat dari persamaan berikut ini:

$$C_a = \frac{3600}{E(\Delta T_{ij})} = \frac{3600}{151,774 \text{ detik}} = 23,71$$

$\approx 23 \text{ operasi kedatangan per jam}$

Jadi kapasitas *runway* untuk kedatangan saja adalah 23 operasi kedatangan per jam.

4.9 Kapasitas Sistem *Runway* untuk Keberangkatan saja

Matrik waktu antar keberangkatan (*interdeparture time*) disusun berdasarkan aturan separasi minimum antar keberangkatan yang ada. ICAO dalam DOC.444 *Air Traffic Management* mengklasifikasi pesawat menjadi 3 berdasarkan *Maximum Take Off Weight* (MOTW) (**Tabel 1**). Selanjutnya dibuat matrik [t_d]

Tabel 9. Matrik [t_d]

		<i>Leading</i>	
		<i>Medium</i>	<i>Small</i>
<i>Trailing</i>	<i>Medium</i>	60 detik	60 detik
	<i>Small</i>	120 detik	60 detik

Probabilitas terjadinya urutan pesawat yang berangkat untuk semua kombinasi pesawat *SMALL* dan *MEDIUM* yang didapat dari frekuensi pergerakan (**Tabel 4.7**), dapat dilihat pada (**Tabel 4.11**) berikut.

Tabel 10. Matrik [P_{ij}] Untuk Keberangkatan

		<i>Leading</i>	
		<i>Medium</i>	<i>Small</i>
<i>Trailing</i>	<i>Medium</i>	0,81372549	0,09803922

	<i>Small</i>	0,08823529	0
--	--------------	------------	---

Berdasarkan persamaan, dapat dihitung besar waktu pelayanan antar keberangkatan di ambang *runway* adalah sebagai berikut:

$$E(T_{td}) = \sum [P_{ij}] [td]$$

$$= 0,81372549(60)$$

$$+ 0,08823529(120)$$

$$+ 0,09803922(60) + 0(60)$$

$$= 65,294 \text{ detik}$$

Jadi, kapasitas *runway* per jam untuk melayani keberangkatan saja diperoleh dari rumus pada persamaan yaitu:

$$C_d = \frac{3600}{E(T_d)} = \frac{3600}{65,294} = 55,13$$

$\approx 55 \text{ operasi keberangkatan per jam}$

4.10 Kapasitas Sistem *Runway* untuk Operasi Campuran

Oleh karena aturan separasi antar kedatangan yang tidak diselingi dengan suatu keberangkatan berbeda dengan kedatangan yang diselingi suatu keberangkatan, maka dilakukan perhitungan kembali waktu *interarrival runway* pada operasi kedatangan dengan separasi antar kedatangan (δ) **8 nm** dan Panjang FAP (γ) **5 nm**. Sebelumnya dicari matrik [M_{ij}] dengan menggunakan persamaan 2 dan 3. Selanjutnya semua hasil di atas dimasukkan ke dalam Matrik [M_{ij}]:

Tabel 11. Matrik [M_{ij}] Untuk Separasi 8 nm

		<i>Leading (Vi)</i>			
		90 knots	125 knots	130 knots	135 knots
<i>Trailing (Vj)</i>	90 knots	320,00	376,00	381,53	386,66
	125	230,40	230,40	235,93	241,06

	knots				
	130	221,53	221,53	221,53	226,66
	knots				
	135	213,33	213,33	213,33	213,33
	knots				

Nilai perkiraan waktu antar kedatangan (*interval time*) merupakan hasil kali dari probabilitas terjadinya urutan pesawat *i* diikuti dengan dengan pesawat *j* yang disebut P_{ij} dengan separasi waktu antar kedatangan pesawat *i* yang diikuti pesawat *j* yang telah disusun dalam Matrik $[M_{ij}]$ (Tabel 4.12). Yang dapat dinyatakan dalam persamaan berikut ini:

$$\begin{aligned}
 E(\Delta T_{ij}) &= \sum P_{ij} m_{ij} = \sum [P_{ij}] [m_{ij}] \\
 &= 0(320) + 0,02912621(230,4) \\
 &\quad + 0,04854369(221,53) \\
 &\quad + 0,00970874(213,33) \\
 &\quad + 0,01941748(376) \\
 &\quad + 0,03883495(230,4) \\
 &\quad + 0,10679612(221,53) \\
 &\quad + 0,04854369(213,33) \\
 &\quad + 0,06796117(381,53) \\
 &\quad + 0,06796117(235,93) \\
 &\quad + 0,0776699(221,53) \\
 &\quad + 0,19417476(213,33) \\
 &\quad + 0,00970874(386,66) \\
 &\quad + 0,05825243(241,06) \\
 &\quad + 0,17475728(226,66) \\
 &\quad + 0,04854369(213,33) \\
 &= 238,154 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

Jika nilai perkiraan waktu antar kedatangan yang disebut $E(\Delta T_{ij})$ dinyatakan dalam satuan detik maka kapasitas *runway* per jam untuk operasi kedatangan didapat dari persamaan berikut ini:

$$\begin{aligned}
 C_a &= \frac{3600}{E(\Delta T_{ij})} = \frac{3600}{238,154 \text{ detik}} = 15,11 \\
 &\approx 15 \text{ operasi kedatangan per jam}
 \end{aligned}$$

Jadi kapasitas *runway* per jam untuk kedatangan saja pada operasi campuran adalah 15 operasi kedatangan per jam.

4.11 Waktu Antar Kedatangan Untuk Dapat Diselingi oleh Suatu Keberangkatan

Selanjutnya dihitung waktu antar kedatangan untuk dapat diselingi oleh suatu keberangkatan dengan separasi antar keberangkatan yang diikuti kedatangan (δd) 5 nm yaitu:

1. Setiap tipe pesawat dikelompokkan berdasarkan *Runway Occupancy Time* dan dicari probabilitas beroperasinya berdasarkan frekuensi pergerakan

Tabel 12. Pengelompokan *Runway Occupancy Time*

Tipe pesawat	<i>Runway Occupancy Time</i>	Probabilitas
Cessna Grand Caravan C-208	75 detik	0,0913242
ATR42 dan ATR72	60 detik	0,23287671
Boeing 737 dan Airbus A320	65 detik	0,67579908

Pergerakan pesawat di *runway* harus mengutamakan pesawat yang akan mendarat (*arrivals*) karena apabila terjadi *delay* 30 menit, maka pesawat yang akan mendarat tersebut akan dialihkan ke bandara terdekat. Waktu pemakaian *runway* rata-rata $E[R_i]$, merupakan jumlah perkalian dari probabilitas campuran pesawat pada jam sibuk dengan rata-rata waktu pemakaian *runway* tiap kategori pesawat. Selanjutnya dihitung nilai $E(R_i)$ yaitu sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 E(R_i) &= \sum \text{Probabilitas campuran} \times \text{Runway Occupancy Time} \\
 &= 0,0913242(75) + 0,23287671(60) + 0,67579908(65) \\
 &= 64,748 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

Jadi waktu pemakaian *runway* rata-rata $E[R_i]$ adalah 64,748 detik

- Setiap kelompok tipe pesawat dikelompokkan berdasarkan *Approach Speed* dan dicari probabilitas beroperasinya berdasarkan frekuensi pergerakan

Tabel 13. Pengelompokan *Approach Speed*

Tipe pesawat	<i>Approach Speed</i>	Probabilitas
Cessna Grand Caravan C-208	90 knots	0,0913242
ATR42 dan ATR72	125 knots	0,23287671
Boeing 737	130 knots	0,38812785
Airbus A320	135 knots	0,28767123

Waktu yang diharapkan pesawat yang datang untuk menempuh jarak 2 mil terakhir ke ambang *runway* merupakan jumlah perkalian dari probabilitas campuran pesawat pada jam sibuk. Seperti persamaan berikut dicari nilai $E(\delta_d/V_j)$:

$$\begin{aligned}
 E\left(\frac{\delta_d}{V_j}\right) &= \left[\text{probabilitas campuran} \frac{\delta_d}{(\text{approach speed})} \right] \\
 &= 0,0913242 \left(\frac{5}{90}\right) + 0,23287671 \left(\frac{5}{125}\right) + 0,38812785 \left(\frac{5}{130}\right) \\
 &\quad + 0,28767123 \left(\frac{5}{135}\right) \\
 &= 0,00507357 + 0,00931507 + 0,014928 + 0,0106545 \\
 &= 0,03997114 \text{ jam} \\
 &= 143,89 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

Jadi waktu yang diharapkan pesawat yang datang untuk menempuh jarak 2 mil terakhir ke ambang *runway* adalah 143,89 detik.

Oleh sebab itu, waktu antar kedatangan yang dibutuhkan untuk melakukan satu keberangkatan diantara dua kedatangan adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 E(\Delta T_{ij}) &\geq E(R_i) + E\left(\frac{\delta_d}{V_j}\right) + (n_d - 1)E[t_d] \\
 &\geq 64,748 + 143,89 + 65,294 (n_d - 1) \\
 &\geq 208,638 + 65,294(n_d - 1)
 \end{aligned}$$

Untuk diselingi 1 keberangkatan diperlukan waktu *interarrival* 208,638 detik, sedangkan untuk diselingi 2 keberangkatan diperlukan waktu *interarrival* 273,932 detik. Namun karena aturan separasi antar kedatangan 8 nm adalah untuk menyelingi 1 keberangkatan antara 2 kedatangan, maka semua kombinasi urutan kecepatan pesawat yang datang dapat diselingi oleh 1 keberangkatan saja. Oleh karena itu, jumlah keberangkatan di antara dua kedatangan (n_d) adalah 1 dan probabilitas kedatangan yang diselingi 1 keberangkatan (P_{nd}) adalah 1.

Jika $E(\Delta T_{ij})$ dalam satuan detik maka kapasitas per jam *runway* untuk operasi campuran adalah:

$$\begin{aligned}
 C_m &= \frac{3600}{E(\Delta T_{ij})} \left(1 + \sum n_d P_{nd}\right) \\
 &= \frac{3600}{208,638} (1 + 1(1)) \\
 &= 34,50 \approx 34 \text{ operasi per jam}
 \end{aligned}$$

4.12 Analisis Perhitungan Kapasitas Runway

Kapasitas jenuh *runway* Bandar Udara Internasional Aji Pangeran Tumenggung Pranoto Samarinda untuk operasi campuran (50% kedatangan dan 50% keberangkatan) adalah 34 operasi per jam. Kapasitas jenuh *runway* merupakan perkiraan jumlah pergerakan pesawat yang dapat ditampung

oleh suatu *runway* dalam suatu periode tertentu, dengan mengabaikan *delay* yang terjadi, padahal pada kenyataannya *delay* tidak dapat sepenuhnya dihindari.

Dalam landasan teori telah dijelaskan tentang kapasitas praktis *runway*, yang menurut beberapa ahli sekitar 80% dari kapasitas jenuh *runway* untuk mengantisipasi kemungkinan *delay* selama selama operasi jika beberapa faktor eksternal seperti cuaca, *delay* operasi dari perusahaan penerbangan, dan lain-lainnya, menginterferensi operasi normal. Jadi kapasitas praktis *runway* Bandar Udara Internasional Aji Pangeran Tumenggung adalah sebagai berikut:

1. Operasi kedatangan saja = $80\% \times 23 = 18$ operasi per jam
2. Operasi keberangkatan saja = $80\% \times 55 = 44$ operasi perjam
3. Operasi campuran = $80\% \times 34 = 27$ operasi per jam

4.13 Evaluasi Kondisi Eksisting Runway dan Tingkat Kebutuhan Runway Dimasa yang Akan Datang

a. Panjang Runway

Berdasarkan data fasilitas sisi udara yang telah ada maka dapat dilakukan perhitungan panjang landasan pacu (*runway*) dengan faktor koreksi:

1. Pengaruh ketinggian dari muka air laut (Fe)

$$\begin{aligned} Fe &= \left(L \times 0,07 \times \frac{h}{3} \right) + L \\ &= \left(2.250 \times 0,07 \times \frac{22}{3} \right) + 2.250 \\ &= 3.405 \text{ m} \end{aligned}$$

Keterangan :

L = Panjang Runway

h = Tinggi Elevasi

2. Pengaruh suhu udara (Ft)

$$\begin{aligned} Ft &= [L \times (t - 15) \times 0,01] + L \\ &= [2.250 \times (30 - 15) \times 0,01] + 2.250 \\ &= 2.587,5 \text{ m} \end{aligned}$$

Keterangan :

t = Temperatur

Dari semua perhitungan diatas, untuk evaluasi kondisi eksisting *runway* yang ada (2.250 m) maka diambil yang terkecil (Pengaruh Suhu Udara) yaitu menjadi 2.587,5 m. Sedangkan untuk perencanaan landasan pacu (*runway*) dimasa yang akan datang diambil yang terbesar (Pengaruh Ketinggian dari Muka Air Laut) yaitu menjadi 3.405 m. Jadi panjang *runway* pada kondisi eksisting (2.250 m) perlu dilakukan penambahan panjang untuk *runway* Bandara Udara Internasional Aji Pangeran Tumenggung Pranoto Samarinda.

b. Lebar Runway

Kebutuhan lebar *runway* didasarkan pada asumsi bahwa lebar *runway* harus mampu menampung seluruh bentang sayap pesawat (*Wing Span*) ditambah dengan kebebasan ujung sayap pesawat (*Wing Tip Clearance*). Maka lebar *Wing Tip Clearance* yang diambil untuk lebar *Wing Span* 45 meter adalah 12 meter.

Perhitungan lebar *runway* yang dibutuhkan adalah:

$$\begin{aligned} \text{Lebar runway} &= \text{wing span} + \text{wing tip clearance} \\ &= 45 \text{ meter} + 12,5 \text{ meter} \\ &= 57,5 \text{ meter} \sim 58 \text{ meter} \end{aligned}$$

Jadi lebar *runway* untuk kondisi eksisting adalah 45 meter, dimasa yang akan datang dibutuhkan lebar *runway* 58 meter.

5. KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

1. Kapasitas jenuh *runway* Bandar Udara Internasional Aji Pangeran Tumenggung Pranoto Samarinda untuk operasi kedatangan saja adalah 23 operasi per jam, untuk operasi keberangkatan saja adalah 55 operasi per jam, sedangkan untuk operasi campuran adalah 34 operasi per jam. Sedangkan Kapasitas praktis *runway* Bandar Udara Internasional Aji Pangeran Tumenggung Pranoto Samarinda untuk operasi kedatangan saja adalah 18 operasi per jam, untuk operasi keberangkatan saja adalah 44 operasi per jam, sedangkan untuk operasi campuran adalah 27 operasi per jam.
2. Perlunya evaluasi terhadap kondisi eksisting *runway* (2.250 m) menjadi 2.587,5 m berdasarkan perhitungan pengaruh suhu udara pada Bandar Udara Internasional Aji Pangeran Tumenggung Samarinda.
3. Dibutuhkan perencanaan landasan pacu (*runway*) dimasa yang akan datang menjadi 3.405 m pada Bandar Udara Internasional Aji Pangeran Tumenggung Pranoto Samarinda.

5.2 Saran

1. Kapasitas praktis *runway* lebih baik digunakan sebagai acuan kapasitas maksimal *runway* karena kapasitas praktis mempertimbangkan faktor *delay* yang tidak mungkin dihilangkan dalam operasi penerbangan, misalnya *delay* yang di sebabkan oleh faktor eksternal seperti cuaca, *delay* operasi dari perusahaan penerbangan dan lain-lainnya.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui upaya selain menambah *runway*, untuk peningkatan kapasitas *runway* di Bandar

Udara Internasional Aji Pangeran Tumenggung Pranoto Samarinda, misalnya penambahan *exit taxiway*, perubahan pola operasi *runway* (permodelan) dan lain-lain.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis menyadari bahwa penulisan ini tidak dapat terselesaikan tanpa dukungan dari berbagai pihak baik moril maupun materil. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan skripsi ini terutama kepada:

1. Kedua orang tua saya, ayahanda tercinta Suprianto dan ibunda tersayang Marlina Paoeyangan yang telah memberikan dukungan baik moril maupun materil serta doa yang tiada henti-hentinya kepada penulis.
2. Kakak-kakak saya, Herbarina Suprianto, Herwinda Suprianto, dan Herfandy Suprianto yang telah menyemangati.
3. Bapak Muhammad Ir. Dahlan Balfas, S.T., M.T., selaku dekan Fakultas Teknik Universitas Mulawarman.
4. Ibu Dr. Ir. Hj. Mardewi Jamal, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Mulawarman.
5. Ibu Ir. Triana Sharly P.A., S.T., M.Sc., selaku Dosen Pembimbing I yang telah membimbing, mengarahkan dan meluangkan waktunya untuk penulis selama pengerjaan skripsi ini.
6. Bapak Budi Haryanto, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing II yang telah membimbing dan mengarahkan penulis selama pengerjaan skripsi ini.
7. Bapak M. Jazir Alkas, S.T., M.T., dan Bapak Heri Sutanto, S.T., M.T., selaku dosen penguji

- yang telah memberikan masukan dan kritik yang membangun kepada penulis.
8. Seluruh staf pengajar beserta staf Akademik, Administrasi, dan Tata Usaha Fakultas Teknik Universitas Mulawarman, khususnya program studi S1 Teknik Sipil.
 9. Keluarga besar Teknik Sipil angkatan 2014 Fakultas Teknik Universitas Mulawarman. Terima kasih untuk kebersamaan dan kenangan-kenangan indah. Semoga kelak kita dipertemukan dalam bingkai kesuksesan. Amin.
 10. Keluarga besar chansu : Anto, Ernes, Yaya, Eva, Imah, Elen, Puput, Kipeb, Pica dan Anggi yang telah mengisi hari-hari dan menyemangati penulis.
 11. Ameliana Dian oktaviani yang telah membantu selama perkuliahan dan selama pengerjaan skripsi ini.
 12. Semua pihak yang telah membantu dalam mengumpulkan data dan informasi serta membantu penulisan skripsi ini, yang tidak dapat disebutkan satu persatu.
- Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna, untuk itu penulis mengharapkan kritik yang membangun dan saran sebagai bahan masukan untuk memperoleh hasil yang lebih baik nantinya. Skripsi ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi semua pihak terutama rekan-rekan Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Universitas Mulawarman sebagai referensi dalam penyusunan skripsi selanjutnya.
2. Ashford, N., and Wright, P.H., “*Airport Engineering*” Third Edition, John Wiley and Sons, Inc., Canada, 1979.
 3. CGNA-Air Navigation Management Center of Brazil, “*Methodology Used by Brazil for The Runway Capacity Calculation*”, ICAO South American Regional Office, Peru, 2008.
 4. De Nefville, R., and Odoni, A. R., “*Airport System; Planning, Design and Management*”, Mc.Graw Hill, New York, 2003.
 5. Horonjef, R., and Mc. Kelvey, F.X., “*Planing and Design of Airports*”, Fourth Edition, Mc. Graw-Hill, Inc., New York, 1994.
 6. ICAO, Annex 14, “*Aerodromes*”, Fourth Edition, Montreal, 2004.
 7. ICAO, Doc.4444-ATM/501, “*Procedures for Air Navigation Services, Air Traffic Management*”, Fourteenth Edition, Montreal, 2001.
 8. ICAO, Doc.8168-OPS/611, “*Aircraft Operation*”, Fifth Edition, Montreal, 2006.
 9. Oka, I Gusti Agung Ayu Mas. 2010. “Analisis Perhitungan Kapasitas Runway Bandar Udara Soekarno-Hatta” dalam Jurnal Ilmiah Aviasi Langit Biru Volume 3. Tangerang: Sekolah Tinggi Penerbangan Indonesia Curug.
 10. Wells, A.T., and Young, S.B., “*Airport Planning and Management*”, Fifth Edition, Mc. Graw Hill, Inc., New York, 1995.

DAFTAR PUSTAKA

1. Aminarno B.P., “*Peraturan Penerbangan dan Pelayanan Lalu Lintas Udara*”, Edisi Pertama, STPI, 2000.