

# PERENCANAAN PENGEMBANGAN BANDAR UDARA SULTAN BABULAH KOTA TERNATE PROVINSI MALUKU UTARA

Adechrystie P. Olang

Freddy Jansen , Mecky Manoppo

Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado

Email: [chrystiechr@gmail.com](mailto:chrystiechr@gmail.com)

## ABSTRAK

*Kota Ternate merupakan salah satu kota budaya yang terletak Propinsi Maluku Utara. Saat ini Kota Ternate sedang giat-giatnya membenahi dan meningkatkan sarana infrastruktur yang ada terutama dalam bidang pariwisata. Bandar udara Sultan Babullah terletak di Desa Tafure, Kota Ternate, Provinsi Maluku Utara, berjarak kurang lebih 6 km sebelah utara Kota Ternate. Jenis pesawat yang beroperasi yaitu ATR 72-500, ATR 72-600, Boeing 737-500, dan Boeing 727-800 sehingga dianggap perlu untuk ditingkatkan kemampuan pelayanannya agar dapat memenuhi permintaan masyarakat serta ikut menunjang pertumbuhan dan perkembangan kota.*

*Dalam merencanakan pengembangan suatu lapangan terbang harus memperkirakan arus lalu lintas dimasa yang akan datang. Oleh karena itu penelitian yang akan dilakukan bersifat reser. Dengan menganalisa data lima tahun jumlah penumpang, pesawat dan bagasi menggunakan analisa regresi dapat diramalkan arus lalu lintas dimasa yang akan datang sehingga pengembangan bandar udara dianggap perlu dilakukan atau tidak. Berdasarkan data-data primer yang diperoleh dari bandara seperti data klimatologi, data karakteristik pesawat, data tanah, keadaan Topografi dan data existing bandara digunakan sebagai acuan merencanakan pengembangan bandar udara.*

*Untuk pengembangan bandar udara Sultan Babullah yang akan direncanakan adalah Runway, Taxiway, Apron, Terminal penumpang, Gudang dan Parkir kendaraan.*

*Berdasarkan hasil perhitungan yang mengacu pada standar Internasional Civil Aviation organization (ICAO) dengan pesawat terbang rencana Boeing 737-900 maka dibutuhkan panjang landasan 2.400 meter lebar 51 meter dan jarak antara sumbu landasan pacu dan sumbu landasan hubung adalah 170 meter lebar total taxiway 25 meter dengan tebal perkerasan lentur 70 Cm, luas apron  $143 \times 87 = 12.441 \text{ m}^2$ , tebal perkerasan rigid pada apron Metode Federal Aviation Administration (FAA) = 35 Cm sedangkan dengan metode Portland Cemen Asosiation (PCA) = 41 Cm.*

**Kata kunci:** Kota Ternate, Pengembangan Bandar Udara, Runway, Taxiway, Apron.

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Kota Ternate memiliki luas wilayah daratan 249,75 Km<sup>2</sup> dan memiliki 8 buah pulau yang terbentang diatas 5.547,55 Km<sup>2</sup> wilayah perairan. Kota Ternate secara astronomis terletak pada koordinat 127°3 BT dan 124 LS.

Kota Ternate merupakan salah satu kota di Propinsi Maluku Utara yang memiliki prospek untuk berkembang lebih besar dibanding kota-kota lain di Propinsi Maluku Utara. Karena itu setiap tahun selalu meningkatkan pembangunannya

Oleh karena itu Kota Ternate sangat bergantung pada transportasi udara, maka perlu ditingkatkan fasilitas-fasilitas penunjang dari bandara dan jumlah pesawat yang beroperasi karena pesawat yg beroperasi saat ini hanya ATR 72-500, ATR 72-600, Boeing 737-500 dan Boeing 737-800 sedangkan jumlah masyarakat pengguna

cukup banyak, hal ini dikarenakan akses melalui pesawat lebih diminati daripada kapal laut, sedangkan jika dilihat dari segi perekonomian dan pariwisata, kedua sektor ini akan memberikan keuntungan bagi daerah ini tetapi harus didukung dengan penyediaan fasilitas – fasilitas penunjang seperti transportasi, salah satunya transportasi udara.

### Maksud dan tujuan penulisan

Yang menjadi maksud dan tujuan penulisan ini adalah untuk Merencanakan Pengembangan Lapangan Terbang Yang Berada di Kota Ternate Provinsi Maluku Utara yaitu Bandar Udara Sultan Babullah dengan pesawat jenis Boeing 737-900 sebagai pesawat rencana. Boeing 737-900 digunakan karena sesuai informasi dari pimpinan bandar udara Sultan Babullah akan disiapkan untuk didarati pesawat berbadan besar seperti B737-900 dan karena pesawat terbesar saat ini

adalah Boeing 737-800. Hal ini juga di dukung oleh ketersediaan lahan yang masih cukup luas untuk pngembangannya dan juga guna mengantisipasi lonjakan arus penumpang yang terjadi.

**Pembatasan Masalah**

Ruang lingkup penelitian ini hanya terbatas pada perencanaan runway, taxiway, exit taxiway, apron, dan terminal area yang terdiri dari gedung terminal, gudang dan pelataran parkir dimana yang akan dihitung hanya luas yang dibutuhkan untuk masa yang akan datang sesuai dengan perencanaan pengembangannya.

**Manfaat Penulisan**

Dalam penelitian ini penulis berharap kiranya skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi mahasiswa/mahasiswi Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi dalam menunjang pembelajaran perencanaan pengembangan Bandar Udara dalam bidang transportasi khususnya transportasi udara. Dan juga agar menjadi pertimbangan dalam memberikan informasi bagi para perencana, kontraktor maupun pemerintah dalam hal pengembangan dan peningkatan bandar udara dimasa yang akan datang.

**LANDASAN TEORI**

**Fungsi dan Peranan Lapangan Terbang**

Sistem lapangan terbang terbagi menjadi dua yaitu sisi udara ( *air side* ) dan sisi darat ( *land side* ), keduanya dibatasi oleh terminal yang memiliki komponen-komponen dan fungsi yang berbeda dalam kegiatan kebandarudaraan. Adapun komponen-komponen dari kedua sistem lapangan terbang tersebut adalah sebagai berikut:

- a. Runway (landas pacu)
- b. Taxiway (landas hubung)
- c. Apron (tempat parkir pesawat)
- d. Terminal Building ( gedung terminal )
- e. Gudang
- f. Tower ( Menara pengontrol )
- g. Fasilitas keselamatan (pemadam kebakaran)
- h. Utility (Fasilitas listrik, Telepon, Air, dan Bahan bakar).

**Klasifikasi Lapangan Terbang**

Dalam merencanakan suatu lapangan terbang ditetapkan standar-standar perencanaan oleh dua badan penerbangan internasional yaitu ICAO dan FAA yang merupakan badan penerbangan yang mengeluarkan syarat-syarat yang harus dipenuhi oleh sebuah lapangan terbang.

**Klasifikasi Menurut ICAO**

ICAO mengklasifikasikan suatu lapangan terbang dengan kode yang disebut *Aerodrome Reference Code* dengan mengkategorikan dalam dua elemen. Kode nomor 1 - 4 mengklasifikasikan panjang landas pacu minimum atau *Aerodrome Reference Field Length (ARFL)*. Sedangkan kode huruf A-F mengklasifikasikan lebar sayap pesawat (*wingspan*) dan jarak terluar pada roda pendaratan dengan ujung sayap.

Tabel 1 Klasifikasi lapangan terbang menurut ICAO

Elemen 1		Elemen 2		
Kode Angka	ARFL	Kode Huruf	Wingspan	Jarak terluar roda pendaratan
1	< 800 m	A	< 15 m	< 4,5 m
2	800 m - < 1.200 m	B	15 m - < 24 m	4,5 m - < 6 m
3	1.200 m - < 1.800 m	C	24 m - < 36 m	6 m - < 9 m
4	≥ 1.800 m	D	36 m - < 52 m	9 m - < 14 m
		E	52 m - < 60 m	9m - < 14 m
		F	65 m - < 80 m	9 m - < 16 m

(Sumber : ICAO, *Aerodrome Design Manual Parth 1 Edition, 2006. Halaman 1-4*)

**Klasifikasi Menurut FAA**

FAA mengklasifikasikan lapangan terbang dalam dua kategori yaitu :

- Pengangkutan udara ( *air carrier* )
- Penerbangan umum ( *General Aviation* )

**Konfigurasi Lapangan Terbang**

Konfigurasi lapangan terbang adalah jumlah dan arah (orientasi) dari landasan (*runway*) serta penempatan bangunan terminal termasuk lapangan parkirnya yang berkaitan dengan landasan itu.

**Menentukan Panjang Runway**

Saat merencanakan runway, keadaan lingkungan lapangan terbang yang sangat berpengaruh adalah temperatur dan elevasi. Kebutuhan akan panjang runway untuk perencanaan bandar udara dari ICAO, ARFL (*Aero Reference Field Lenght*) adalah panjang landasan pacu minimum yang dibutuhkan pada kondisi standar yaitu:

- Elevasi muka laut = 0
- Kondisi standar atmosfir = 15°C = 59°F
- Tidak ada angin bertiup
- Kemiringan (slope) = 0%
- Maximum certificate take off weight

Persyaratan ICAO, panjang landasan pacu yang diperlukan oleh pesawat rencana dalam muatan penuh harus dikoreksi terhadap elevasi, temperature dan slop pada daerah pengembanagan setempat.

**Koreksi Terhadap Elevasi**

Menurut ICAO, ARFL bertambah sebesar 7% setiap kenaikan 300m (100ft) dihitung dari

ketinggian muka laut. Maka koreksinya terhadap landasan adalah sebagai berikut:

$$L1 = L0 \times (1 + \frac{7}{100} \times \frac{H}{300}) \dots\dots\dots(\text{persamaan 1})$$

Dimana :

Lo = panjang landas pacu minimum pada kondisi standar (m)

H = Elevasi (m)

L1 = Panjang landas pacu setelah dikoreksi terhadap elevasi (m)

**Koreksi Terhadap Temperature**

Menurut ICAO panjang landas pacu harus dikoreksi terhadap temperatur sebesar 1% untuk kenaikan 1°C, sedangkan untuk setiap kenaikan 1.000 m dari muka laut rata-rata temperatur turun 6,5°C. Dengan dasar ini ICAO merekomendasikan hitungan koreksi temperatur sebagai berikut:

$$L2 = L1 \times [1 + 0,01 \times (T - 15)] \dots\dots\dots(\text{persamaan 2})$$

Dimana :

T = Temperatur

H = Elevasi

L1 = Panjang landas pacu setelah dikoreksi terhadap elevasi (m)

L2 = Panjang landas pacu setelah dikoreksi terhadap temperatur (m)

**Koreksi Terhadap Slope**

Menurut ICAO bahwa setiap kenaikan slope 1 % panjang landas pacu bertambah 10%. Sehingga dapat dihitung panjang landas pacu yang dibutuhkan oleh suatu pesawat rencana dengan menggunakan koreksi sebagai berikut:

$$L3 = L2 \times (1 + 0,1 \times \frac{\text{slope}}{1\%}) \dots\dots\dots(\text{persamaan 3})$$

Dimana :

L3 = Panjang landasan yang dibutuhkan oleh pesawat rencana (m)

L2 = Panjang landasan setelah dikoreksi terhadap temperature (m)

**Menentukan Lebar Landas Pacu**

Untuk menentukan lebar landas pacu dapat diambil sesuai persyaratan yang dikeluarkan ICAO.

**Perencanaan Landas Hubung (Taxiway)**

Fungsi utama taxiway adalah sebagai jalur keluar masuk pesawat dari landas pacu ke bangunan terminal dan sebaliknya atau dari landas pacu ke hangar pemeliharaan.

**Menentukan Lokasi Exit Taxiway**

Lokasi exit taxiway ditentukan berdasarkan jarak yang diperlukan pesawat sejak menentu

*Threshold* sampai pesawat dengan kecepatan tertentu bisa memasuki taxiway.

Adapun hal-hal yang harus diperhatikan dalam menentukan lokasi exit taxiway adalah sebagai berikut :

1. Jarak dari *Threshold* ke *touchdown*
2. Kecepatan waktu *touchdown*
3. Kecepatan awal sampai titik A
4. Jarak dari *touchdown* sampai titik A
5. Group desain pesawat

Untuk menentukan exit taxiway digunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Distance to exit taxiway} = \text{Touchdown Distance} + D \dots\dots\dots(\text{persamaan 4})$$

Dimana :

Jarak *touchdown* = 300 m untuk pesawat group B, sedangkan untuk pesawat group C dan D adalah 450 m.

$$D = \frac{(S1)^2 - (S2)^2}{2a} \dots\dots\dots(\text{persamaan 5})$$

S1 = *Touchdown speed* (m/s)

S2 = *Initial Exit Speed* (m/s)

a = Perlambatan (m/s<sup>2</sup>)

Hasil yang didapat pada perhitungan ini adalah berdasarkan kondisi pada standar sea level. Jarak yang didapat tersebut harus dikoreksi terhadap dua kondisi yaitu elevasi dan temperatur dengan rumus sebagai berikut: setiap kenaikan 300 m dari muka laut jarak harus ditambah 3%.

$$L1 = L0 (1 + 0,03 \times \frac{H}{300}) \dots\dots\dots(\text{peramaan 6})$$

Setiap kenaikan 6,5°C kondisi standar ( 15°C = 59°F ) jarak bertambah 1%

$$L2 = L1 (1 + 1\% \times \frac{T_{ref} - T_0}{5,6}) \dots\dots\dots(\text{persamaan 7})$$

**Lebar Taxiway**

Lebar taxiway dan lebar total taxiway yang termasuk didalamnya bahu taxiway sesuai dengan yang disyaratkan ICAO.

Tabel 3 Lebar Taxiway

	E	D	C	B	A
Lebar taxiway	23 m (75 ft)	23m (75 ft)18m (60 ft)	18m (60 ft)15m (50 ft)	10.5m (35 ft)	7.5m (25 ft)
Lebar total dan bahu landasan	44m (145 ft) 93m (306 ft)	38m (125 ft)	25m (82 ft)	-	-
Taxiway strip width	44m (145 ft)	85m (275 ft)	57m (188 ft)	39m (128 ft)	27m (74 ft)
Lebar area yang diratakan untuk strip taxiway		38m (125 ft)	25m (82 ft)	25m (82 ft)	22m (74 ft)

(Sumber : H.Basuki, "Merancang,Merencana Lapangan Terbang",hal 192)

**Metode Perencanaan Perkerasan Landas Pacu**

Perkerasan adalah struktur yang terdiri dari beberapa lapisan material dengan kekuatan dan daya dukung yang berlainan.

Perkerasan terdiri atas dua macam yaitu :

1. Perkerasan Lentur ( *Flexible Structural* )
2. Perkerasan Kaku ( *Rigid Structural* )

Dalam penggunaan grafik dari FAA ini diperlukan data nilai CBR dari *subgrade* dan nilai CBR *sub base*, berat lepas landas dari pesawat rencana (MTOW) dan jumlah *annual departure* dari pesawat rencana serta pesawat-pesawat yang telah terkonversi.

Analisa *annual departure* dari pesawat rencana menggunakan konversi pesawat rencana :  
dimana :

$$\text{Log } R_1 = (\text{Log } R_2) \left( \frac{w_2}{w_1} \right) \dots\dots\dots(\text{Persamaan 8})$$

$R_1 = \text{Equivalent Annual Departure}$  pesawat rencana

$R_2 = \text{Annual departure}$  campuran yang

$W_1 = \text{Beban roda dari pesawat rencana}$

$W_2 = \text{Beban roda dari pesawat yang ditanyakan}$

Untuk menentukan tebal perkerasan yang diperlukan, digunakan grafik yang telah ditentukan FAA. Dari grafik yang akan dipakai, didapat total perkerasan (T) dan kebutuhan *surface coarse* untuk tebal *subbase coarse* didapat dari grafik yang sama. Sedangkan tebal *base coarse* didapat dengan mengurangkan tebal total dengan tebal *surface* dan *subbase*.

$$\text{Tebal Base Coarse} = T - (\text{surface} + \text{subbase})$$

Untuk daerah non-kritis tebal *base* dan *subbase coarse* dipakai faktor pengali 0,9 dari tebal pada daerah kritis. Sedangkan *surface coarse* pada daerah non-kritis ditetapkan sesuai pada kurva. Pada daerah transisi lapisan *base coarse* direduksi sampai 0,7 dari tebal *base* pada daerah kritis, tapi *subbasenya* harus dipertebal sehingga permukaan satu dan lainnya seimbang.

**Apron**

Apron berfungsi sebagai tempat untuk menaikkan dan menurunkan penumpang dan barang, tempat pengisian bahan bakar, parkir pesawat dan juga tempat perawatan pesawat yang sifatnya ringan.

Faktor- faktor yang mempengaruhi ukuran apron:

- Jumlah *gate position*
- Ukuran *gate*
- Sistem dan tipe parkir pesawat
- *Wing tip clearance*

- *Clearance* antara pesawat yang diparkir dan yang sedang taxiing di apron
- Konfigurasi bangunan terminal
- Efek *jet blast* (semburan jet)
- Kebutuhan jalan untuk *gate position*.

Jumlah *gate position* yang diperlukan dipengaruhi oleh :

- Jumlah pesawat pada jam sibuk
- Jenis dan presentase pesawat terbang campuran
- Presentase pesawat yang tiba dan berangkat

Jumlah *gate position* dapat dipakai rumus sebagai berikut :

$$G = \frac{VxT}{U} \dots\dots\dots(\text{Persamaan 10})$$

(R. Horonjeff halaman 269 “planning and design airport”)

Dimana :

G = jumlah *gate position*

V = volume rencana pesawat yang tiba dan berangkat

U = faktor penggunaan (*utility factor*)

Untuk penggunaan secara mutual U = 0,6 – 0,8

Untuk penggunaan secara eksklusif = 0,5 - 0,6

*Gate occupancy time* untuk tiap pesawat berbeda.

Untuk pesawat kecil tanpa pelayanan T = 10 menit, sedangkan untuk pesawat besar dengan pelayanan penuh T = 60 menit.

Untuk Through Flight (*little or no serving*) T = 20-30 menit, untuk turn around flight (*complete servicing*) T = 40-60 menit. Pengambilan harga T

- Pesawat kelas A nilai T = 60 menit.
- B nilai T = 45 menit.
- C nilai T = 30 menit.
- D = E nilai T = 20 menit.

**Menghitung Ukuran Gate**

Untuk menghitung ukuran gate tergantung ukuran standart pesawat berdasarkan wingspan, wheel track, forward roll, wing tip clearance.

Turning radius ( r )

$$= \frac{1}{2} (\text{wingspan} + \text{wheel track}) + \text{forward roll}$$

$$D = (2 \times r) + \text{wing tip clearance} \dots\dots(\text{Persamaan 11})$$

**Menghitung Perkerasan Apron**

Dalam perencanaan menghitung perkerasan apron menggunakan dua metode yaitu metode FAA (*Federal Aviation Administration*) dan PCA (*Portland Cement Afiation*).

Langkah-langkah yang digunakan dalam perencanaan perkerasan ini adalah sebagai berikut:

1. Buatlah ramalan annual departure dari tiap-tiap pesawat yang harus dilayani oleh bandara itu. Bagi lapangan terbang yang telah beroperasi beberapa tahun, ramalan di buat dengan memproyeksikan kecenderungan lalu lintas yang ada ke masa depan
2. Tentukan tipe roda pendaratan untuk setiap pesawat.
3. *Maximum take off weight* dari setiap pesawat.
4. Tentukan pesawat rencana dengan prosedur seperti di bawah ini:
  - Perkiraan harga K dari sub grade
  - Tentukan *Flexural strength* beton. Pengalaman menunjukkan bahwa beton dengan modulus keruntuhan 600-700 psi akan menghasilkan perkerasan yang paling ekonomis.
  - Gunakan data-data, *flexural strength*, harga k, MTOW, dan ramalan annual departure untuk menentukan tebal slab yang dibutuhkan, yang dapat dengan memakai kurva rencana sesuai tipe pesawat yang diberikan oleh FAA.
  - Bandingkan ketebalan yang didapat untuk setiap pesawat dengan ramalan lalu lintas. Pesawat rencana adalah yang paling menghasilkan perkerasan yang paling tebal.
5. Konversikan semua model lalu lintas ke dalam pesawat rencana dengan equivalen annual departure dari pesawat –pesawat campuran tadi.
6. Tentukan *Wheel load* tiap tipe pesawat, 95% MTOW di topang oleh roda pendaratan. bagi pesawat berbadan lebar MTOW di batasi sampai 300.000 lbs (136.100 kg) dengan dual tandem.
7. Gunakan rumus:
 
$$\text{Log } R_1 = (\text{Log } R_2) \left(\frac{W_2}{W_1}\right)^{1/2} \dots\dots (\text{persamaan 12})$$
8. Hitung total *equivalent annual departure*
9. Gunakan harga-harga: *Flexural strength*, harga K, MTOW pesawat rencana dengan *equivalent annual departure* total sebagai data untuk menghitung perkerasan kaku dengan menggunakan perkerasan rencana yang sesuai dengan tipe roda pesawat, ketebalan yang di dapat adalah ketebalan betonnya saja, di luar *sub base*. Ketebalannya adalah untuk daerah kritis, sedang untuk daerah tidak kritis dapat di reduksi menjadi 0.9 T ( T= Tebal perkerasan).

Ketebalan yang didapat adalah ketebalan betonnya saja, diluar subbase. Ketebalannya adalah untuk daerah kritis “T” dan untuk daerah non-kritis ketebalannya akan direduksi 10% menjadi 0,9 T.

**Perkerasan Beton dengan Joint (Sambungan)**

Joint dikategorikan berdasarkan fungsinya, yaitu joint yang berfungsi kembang disebut *expansion joint*, untuk susut disebut *contraction joint* serta untuk perhentian waktu cor disebut *construction joint*.

**Gedung Terminal**

Gedung terminal adalah tempat untuk memberikan pelayanan bagi penumpang maupun barang yang tiba dan berangkat. Oleh karena itu perlu disediakan ruang keberangkatan, ruang kedatangan, ruang tiket, dan lain-lain.

Tabel 4 Faktor pengali kebutuhan ruang gedung terminal

Fasilitas Ruangan	Kebutuhan ruangan 100 m <sup>2</sup> untuk setiap 100 penumpang pada jam sibuk
Tiket/check in	1,0
Pengambilan barang	1,0
Ruang tunggu penumpang	2,1
Ruang tunggu pengunjung	2,5
Bea cukai	3,0
Imigrasi	1,0
Restoran	2,0
Operasi airline	5,0
Total ruang domestic	25,0
Total ruang internasional	30,0

(Sumber : R. Horonjeff halaman 258, “Planning and Design Airport”.)

**Perencanaan Gudang**

Fungsi utama dari gudang adalah tempat penumpang, barang dan paket-paket pos yang tiba maupun yang akan dikirim. Untuk perencanaan gudang standar yang dipakai adalah yang dikeluarkan oleh IAIA yaitu 0,09m<sup>2</sup>/ton/tahun untuk pergerakan barang ekspor dan 0,1m<sup>2</sup>/ton/tahun untuk barang import.

**Perencanaan Area Parkir**

Untuk merencanakan luas parkir kendaraan, terlebih dahulu dihitung besarnya jumlah penumpang pada jam sibuk. Maka diperkirakan untuk 2 orang penumpang menggunakan 1 kendaraan. Sedangkan luas rata-rata parkir 1 kendaraan adalah (2,6 × 5,5 ) m

**METODOLOGI PENELITIAN**

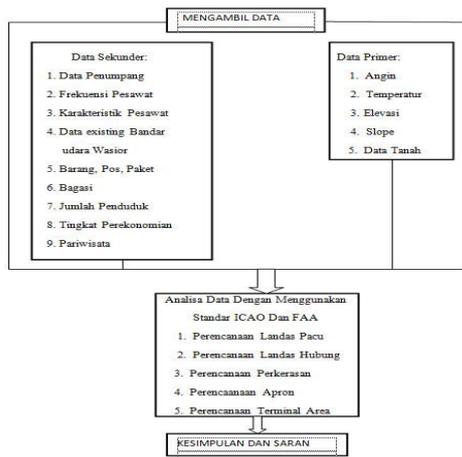
**Metode Penelitian**

Penulisan skripsi ini disusun dengan didukung oleh data atau informasi yang didapat berdasarkan:

- Study literatur : Membaca buku dan tulisan ilmiah yang berhubungan dengan penulisan ini.
- Data primer : Data yang diperoleh langsung dari hasil observasi penulis di lapangan.
- Data sekunder : Data yang diperoleh dari kantor instansi terkait yaitu BPS, BMKG dan Bandar Udara Sultan Babullah Ternate.

**Metodologi Pelaksanaan Penelitian**

Perencanaan panjang landas pacu (*runway*), didasarkan pada data pesawat rencana dan dikoreksi terhadap faktor elevasi, slope dan temperatur. Peraturan dan persyaratan yang digunakan dalam perencanaan ini mengacu pada ICAO (*Internasional Civil Aviation Organization*).



Gambar 3 Bagan Alir

Perencanaan arah landas pacu didasarkan pada data angin. Dengan menggunakan *Wind Rosediagram* dapat diketahui arah mana yang minimal 95% dari waktu yang ada, agar angin bertiup searah dengan arah tersebut.

Perencanaan *Taxiway*, didasarkan pada data pesawat rencana dan berpedoman pada syarat yang dikeluarkan oleh ICAO.

Perencanaan perkerasan (*flexibel pavement*), didasarkan pada data pesawat rencana dan data tanah. Yang mengacu pada metode yang dikembangkan oleh FAA (*Federal Aviation Administration*).

**Analisa Data**

Dari data-data yang diperoleh, kita dapat memperkirakan dikemudian hari bagaimana ramalan dan permintaan (*Forecast and demand*) yang akan terjadi. Data-data tersebut dapat dianalisa dengan menggunakan metode statistik yang populer seperti analisa regresi. Dimana dengan menggunakan analisa regresi kita dapat meramalkan perkembangan arus lalu lintas udara untuk masa yang akan datang. Pada dasarnya ramalan dapat dibagi menjadi tiga, yaitu :

- a. Ramalan jangka pendek sekitar 5 tahun
- b. Ramalan jangka menengah sekitar 10 tahun
- c. Ramalan jangka panjang sekitar 20 tahun

Dalam meramalkan atau memperkirakan arus lalu lintas udara dimasa datang kita dapat menggunakan perhitungan/analisa statistik yaitu *Analisa Trend ( trend method )*. Analisa trend adalah analisa yang meramalkan kecenderungan yang terjadi dari data-data yang ada saat ini. Dengan mengetahui kecendrungan data yang akan datang berdasarkan garis trend atau garis regresi. Analisa trend yang akan digunakan pada perencanaan pengembangan ini adalah :

- a. Trend Linear
- b. Trend Eksponensial
- c. Trend Logaritma

**Trend Linear**

Bentuk persamaan :  $Y = a + bx$  ... (persamaan 13)

Dimana : a dan b = koef regresi  
 x= tahun yang akan ditinjau  
 Y = hasil ramalan

**Trend Eksponensial**

Bentuk persamaan :  $Y = a \cdot k^x$  (persamaan 14)

Dimana : a dan k = bilangan tetap, maka persamaan itu dapat diubah menjadi :

$Y = a \cdot e^{bx}$  ..... (persamaan 15)

Dimana :  
 e = Bilangan tetap 2,718281828459045  
 x = Tahun yang akan ditinjau  
 Y = Hasil ramalan

Persamaan ini diubah menjadi :  
 $LogY = LogB + (LogB)X$

**Trend Logaritma**

Bentuk persamaan :

$y = a + b \ln x$  ..... (persamaan 16)

Dimana :  
 a dan b = Koefisien regresi  
 X = Tahun yang akan ditinjau  
 y = Hasil ramalan

**PEMBAHASAN**

**Kondisi Existing Bandar Udara Sultan Babullah**

**Data Umum**

Nama Kota	: Ternate
Nama Bandara	: Sultan Babullah
Kelas Bandara	: II (Dua)
Pengelola	: Ditjen Perhubungan Udara-Kementerian Perhubungan
Jam Operasional	: 07.00–17.00 UTC, MON-SUN (06.00 - 16.00 WITA)
Klasifikasi Operasi	: -
Kemampuan Operasi	: Boeing 737-800
Kordinat Lokasi	: 127°–128°BT 0°–1°LU
Kategori PKP-PK	: V (Lima)
Elevasi	: 14,7 m DPL

**Sisi Udara**

Runway Area ( Daerah Landasan Pacu):

Panjang Runway	: 2150 m
Lebar Runway	: 45 m
Arah Landasan	: 14 – 32

**Apron :**

- a. 180m x 90m

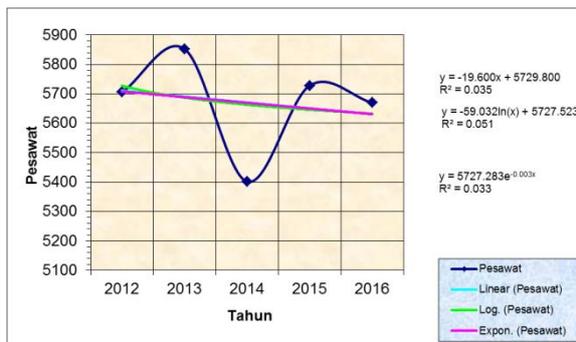
**Analisa Arus Lalu Lintas Udara Tahunan**  
**Analisa Pesawat**

Data pergerakan pesawat yang tiba dan berangkat di Bandar Udara Sultan Babullah adalah sebagai berikut:

Tabel 5 Data Pesawat Tahun 2012-2016

Tahun	Pesawat
2012	5.705
2013	5.852
2014	5.401
2015	5.728
2016	5.669

(Sumber : Kantor Bandar Udara Sultan Babullah)



Gambar 4 Diagram Pergerakan Pesawat

Dari hasil analisa perhitungan regresi pesawat menunjukkan bahwa koefisien korelasi terbesar dan mendekati data awal *analisa regresi logaritma* dengan  $r = 0,226$ , jadi untuk meramalkan jumlah pesawat digunakan regresi Exponensial.

Tabel 6 Ramalan Jumlah Pesawat

Tahun	X	Regresi Exponensial
2022	10	5901.705
2027	15	5990.8976
2032	20	6081.4384

**Analisa Penumpang**

Data-data penumpang yang datang dan berangkat di Bandar Udara Melonguane adalah sebagai berikut:

Tabel 7 Data Penumpang Tahun 2012-2016

Tahun	Penumpang(orang)
2012	569.266
2013	558.514
2014	505.195
2015	597.725
2016	743.514

( Sumber : Kantor Bandar Udara Sultan Babullah)



Gambar 5 Diagram Pergerakan Penumpang

Dari hasil analisa perhitungan regresi penumpang menunjukkan bahwa koefisien korelasi terbesar dan mendekati data awal *analisa regresi linier* dengan  $r = 0,684$ , jadi untuk meramalkan jumlah pesawat digunakan regresi linier dengan persamaan yang dipakai adalah  $Y=478530,700 e^{0,036x}$

Tabel 8 Ramalan Jumlah Penumpang

Tahun	X	Regresi Linear
2022	10	897164.1773
2027	15	1211044.9666
2032	20	1634739.715

**Analisa Bagasi**

Data bagasi yang masuk dan keluar pada Bandar Udara Sultan Babullah adalah sebagai berikut.

Tabel 9 Data Bagasi Tahun 2012-2016

Tahun	Bagasi (kg)
2012	4.828.226
2013	5.079.945
2014	4.656.411
2015	5.836.992
2016	6.434.915

(Sumber : Kantor Bandar Udara Sultan Babullah)



Gambar 6 Diagram Pergerakan Bagasi

Dari hasil analisa perhitungan regresi Bagasi menunjukkan bahwa koefisien korelasi terbesar dan mendekati data awal *analisa regresi logaritma* dengan  $r = 0,839$ , jadi untuk meramalkan jumlah

pesawat digunakan regresi linier dengan persamaan yang dipakai adalah :

$$Y = 4176170.3 + 397042.5x$$

Tabel 10 Ramalan Jumlah Bagasi

Tahun	X	Regresi Logaritma
2022	10	8747478.531
2027	15	12475484.654
2032	20	17792294.867

**Perencanaan Runway**

Runway adalah arah atau jalur landas perkerasan yang digunakan oleh pesawat pada saat *Landing* dan *Take off*. Landas pacu biasanya dirancang berdasarkan pada karakteristik dari suatu pesawat rencana yang ditentukan.

**Arah Runway**

Untuk merencanakan landas pacu (*Runway*) ada hal penting yang harus diperhatikan yaitu arah dan kecepatan angin. Untuk itu data angin disekitar bandar udara perlu diketahui kemudian dihitung atau dianalisa menggunakan *wind rose diagram* untuk mendapatkan presentase angin yang bertiup pada daerah yang ditinjau. Arah runway yang dimiliki oleh Bandar udara Sultan Babullah terletak pada arah 14 – 32.

Dari hasil analisa wind rose arah NW-SE memenuhi persyaratan ICAO yaitu harus memenuhi 95% atau lebih dari total waktu agar pesawat dapat *landing* dan *take off* dengan aman.

**Panjang Runway**

Panjang runway bandar udara Sultan Babullah yang ada saat ini adalah 2150 m. Berdasarkan klasifikasi lapangan terbang yang ditetapkan oleh ICAO yang disebut dengan *aerodrome reference code* (tabel 2.1 parth 1 hal. 1-4) maka, pesawat rencana B737-900 dengan kode 4C mempunyai nilai ARFL (*Aero Reference Field Lenght*) = 2.256 m dan wingspan 34,32 m.

Menurut ICAO panjang landasan harus dikoreksi terhadap temperatur, elevasi dan slope atau kemiringan sesuai dengan kondisi bandar udara Sultan Babullah yang ada. Adapun data-data yang diperoleh adalah sebagai berikut:

- Pesawat rencana = Boeing B737-900 Kode 4C (ICAO Parth 1 hal. A 1-4)
- ARFL = 2.256 m
- Elevasi = 3,9624 m
- Slope = 0,6%

**Koreksi terhadap elevasi**

$$L1 = L0 \times \left( 1 + \frac{7}{100} \times \frac{H}{300} \right)$$

$$= 2.256 \times \left( 1 + \frac{7}{100} \times \frac{14,7}{300} \right) = 2.263,7 \text{ m}$$

**Koreksi terhadap temperature**

$$L2 = L1 \times [1 + 0,01 \times (T_{ref} - (15 - 0,0065 H))] = 2.263,7 \times [1 + 0,01 \times (26,75 - (15 - 0,0065 \times 14,7))] = 2.531,8 \text{ m}$$

**Koreksi terhadap slope**

$$L3 = L2 \times (1 + 0,1 \times \text{slope}) = 2.531,8 \times (1 + 0,1 \times 0,6/1\%) = 2683,7 \text{ m} \approx 2.683 \text{ m}$$

**Lebar runway**

Lebar runway yang direncanakan akan ditentukan berdasarkan pada kode huruf dan angka dari pesawat rencana, maka untuk Pesawat rencana B737-900 Sesuai dengan Aerodrome Reference Code yang dikeluarkan ICAO untuk ARFL > 1800 m mempunyai kode huruf C dan kode angka 4, sehingga bandar udara Melonguane dalam pengembangannya memerlukan lebar runway, bahu landasan, kemiringan bahu dan kemiringan melintang sebagai berikut:

- Lebar runway = 45 m
- Bahu landasan = 7,5 m
- Lebar total runway = 51 m
- Kemiringan melintang = 1,5%
- Kemiringan bahu = 2,5%

**Menentukan Lebar Exit Taxiway**

Untuk menentukan exit taxiway digunakan rumus sebagai berikut :

$$Distance \text{ to Exit taxiway} = Touchdown \text{ Distance} + D$$

Dimana :

Jarak Touchdown 300 m untuk pesawat group I, sedangkan untuk pesawat group II dan III adalah 450 m. (sumber : Heru Basuki, ” Merancang, Merencana Lapangan Terbang” hal 204)

$$D = \frac{(S_1)^2 - (S_2)^2}{2a}$$

- S<sub>1</sub> = Touchdown speed (m/s)
- S<sub>2</sub> = Initial Exit Speed (m/s)
- a = Perlambatan (m/s<sup>2</sup>)

Data-data :

Pesawat rencana **B737-900** termasuk dalam pesawat group C → F. Jansen, 2007 “Pelengkap Kuliah Lapangan Terbang”, hal 26

- S<sub>1</sub> = 222 km/jam = 61,7 m/det
- S<sub>2</sub> = 32 km/jam = 9 m/det
- a = 1,5 m/dt<sup>2</sup> = 2,25 m/dt

Jarak touchdown = 450 m

$$D = \frac{61,7^2 - 9^2}{2 \times 2,25} = 827,97 \text{ m}$$

Distance to Exit Taxiway = 450 m + 827,97 m = 1.278 m → L<sub>0</sub>

Jarak ini (L<sub>0</sub>) dihitung berdasarkan kondisi standart *sea level*, lokasi *exit taxiway* setelah dikoreksi adalah sebagai berikut :

**Koreksi terhadap elevasi**

Syarat ICAO yaitu setiap kenaikan 300 m dari muka air laut jarak harus bertambah 3 %

$$L_1 = L_0 \left( 1 + 3\% \times \frac{h}{300} \right)$$

$$= 1.278 \left( 1 + 3\% \times \frac{3,96}{300} \right)$$

$$= \mathbf{1.278,51 \text{ m}}$$

**Koreksi terhadap temperature**

Syarat ICAO yaitu setiap kenaikan 5,6° C diukur dari 15° C, jarak bertambah 1%.

$$L_2 = L_1 \times \left\{ 1 + 1\% \times \left( \frac{T_{ref} - T_0}{5,6} \right) \right\}$$

$$L_2 = 1278,51 \times \left\{ 1 + 1\% \times \left( \frac{28,2 - 15}{5,6} \right) \right\}$$

$$L_2 = \mathbf{1.307,47 \text{ m} \approx 1.308 \text{ m}}$$

Jadi bandar udara Sultan Babullah direncanakan akan membutuhkan jarak dari *threshold* sampai titik awal *exit taxiway* dengan pesawat rencana B737-900 adalah **1.308 m**, baik dari runway arah 14 dan 32 .

**Lebar Taxiway**

Lebar taxiway dan lebar total taxiway termasuk shoulder sesuai dengan yang ditetapkan ICAO adalah sebagai berikut :

Tabel 13 Lebar Taxiway

Description	Code Letter				
	E	D	C	B	A
Taxiway width	23 m	23 m <sup>a)</sup> 18 m <sup>b)</sup>	<b>18 m</b> <sup>c)</sup>	10,5 m	7,5 m
Overall width of taxiway and shoulders	44 m	38 m	<b>15 m</b> <sup>d)</sup> <b>25 m</b>	-	-

(Sumber : (H. Basuki, 1984. "Merancang, merencanakan lapangan terbang", hal 192)

Berdasarkan pesawat rencana B737-900 yang akan mendarat di bandar udara Sultan Babullah termasuk dalam kategori kelas 4C. Lebar taxiway = 23 m

Lebar total taxiway dan shoulder = 25 m

Jarak minimum antara landasan pacu dan landas hubung dapat diperoleh dengan persamaan: Jrt = 0,5 × (LS + W1)

Dimana : LS = lebar strip area total

W<sub>1</sub> = lebar wingspan pesawat rencana.

Tabel 14. Lebar Runway Strip

Kode Angka	Jenis Pendekat	Lebar Runway Strip
1	Instrument	150 m
2	Instrument	150 m
3 dan 4	Instrument	300 m

(Sumber : (H. Basuki, 1984. "Merancang, merencanakan lapangan terbang", hal 187)

Dari tabel diatas diperoleh lebar *Runway strip* untuk lapangan terbang dengan kode angka **3** untuk jenis pendekat instrumen adalah 150 m, dengan lebar total 300 m dan jarak minimum dari sumbu *runway* dan sumbu *taxiway* adalah **168 m**.

$$Jrt = 0,5 \times (LS + W_1)$$

$$= 0,5 \times (300 + 34,32)$$

$$= \mathbf{167,16 \text{ m} \approx 170 \text{ m}}$$

**Perencanaan Fillet**

Fillet merupakan pelebaran sebelah dalam pada *intersection* dari dua atau lebih pada *traffic way*, misalnya *runway*, *taxiway*, dan *apron*. Persyaratan dari ICAO bahwa radius *fillet* tidak boleh lebih kecil dari lebar *taxiway*. Sedangkan FAA mensyaratkan bahwa radius *fillet* antara runway dan taxiway dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 15 Radius fillet pada pertemuan runway dengan taxiway

Angle of Intersection	Radius of Fillet			
	Small airport serving general aviation aircraft		Large airport serving transport category aircraft	
	(m)	(ft)	(m)	(ft)
0 - 45°	7.5	15	22.5	75
45 - 135°	15.0	50	30.0	100
More than 135°	60.0	200	60.0	200

(Sumber : Khana S. K and Aurora, "Airport and Planning", hal 146)

**PENUTUP**

**Kesimpulan**

Dari hasil analisa dan perhitungan untuk Perencanaan Pengembangan Bandar Udara Sultan Babullah Kota Ternate Provinsi Maluku Utara, disimpulkan sebagai berikut :

- Arah Runway untuk Azimuth 14-32 lebih besar dari 95% sudah memenuhi syarat ICAO.

- Dari hasil koreksi terhadap elevasi, temperature, slope Bandar Udara Sultan Babullah maka diperoleh panjang landasan pacu 2400m lebar 45m.

#### **Saran**

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh penulis terhadap keadaan bandar udara Sultan Babullah untuk saat ini maka, penulis ingin memberikan beberapa saran untuk jika dikemudian hari ketika perlu diadakan pengembangan adalah sebagai berikut:

1. Setidaknya perlu diadakan koreksi terhadap landas pacu bandar udara Sultan Babullah yang ada saat ini diantaranya koreksi terhadap elevasi, temperatur dan slope.

2. Pada perencanaan ini direncanakan untuk 20 tahun kedepan yaitu tahun 2022 sampai dengan tahun 2027, sehingga diatas dari tahun 2032 perlu diadakan evaluasi kembali untuk pengembangan bandar udara Sultan Babullah.

3. Untuk Bandar udara Sultan Babullah saat ini sudah dipasang fasilitas rambu perlampuan seperti ILS (*Instrument Landing System*) namun belum berfungsi dengan baik sehingga layanan penerbangan dipadatkan dimulai dari pagi hingga siang hari saja. Sehingga ketika dimana ada permintaan pergerakan meningkat maka penerbangan malam dapat dilakukan, maka perlu di fungsikan lampu rambu pada Bandar udara Sultan Babullah.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

Basuki, H 1986. **Merancang Merencana Lapangan Terbang**

Horonjeff, R. 1975. **Planning and Design of Airport**. Second Edition. New York Mac Graw – Hill Book Company

International Civil Aviation Organization (ICAO). 1999. **Aerodromes-Annex 14 International Standards & Recommended Practices**. 3<sup>rd</sup> Edition. Canada.

Jansen, F. 2007. **Pelengkap Kuliah Lapangan Terbang**. Universitas Sam Ratulangi. Manado

Kantor Bandar Udara Melonguane. 2015. **Data Lalu Lintas Udara Tahun 2010-2014 dan Data Teknis**. Kabupaten Talaud

Kantor BPS Kabupaten Talaud. 2015 **Kabupaten Talaud dalam Angka**

Khana, S.K & Aurora, M.G. 1979. **Airport Planning and Design** 3 edition India, New Chand & Bross.

Theo. K. Sendow ST. MT. **Perencanaan Lapangan Terbang**

Wardhani Sartono, H, **AIRPORT ENGINEERING**, 1992