

PERENCANAAN PENGEMBANGAN BANDAR UDARA BETOAMBARI DI KOTA BAUBAU PROVINSI SULAWESI Tenggara

Evelin Sintia Mantouw,
Lintong Mieke Elisabeth, Freddy Jansen
Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado
Email: evelinmantouw@gmail.com

ABSTRAK

Kota Baubau merupakan salah satu kota budaya yang ada di Pulau Buton, Provinsi Sulawesi Tenggara. Baubau memperoleh status kota pada tanggal 21 Juni 2001. Dan saat ini sedang giat-giatnya membenahi dan meningkatkan sarana infrastruktur terutama dibidang pariwisata. Bandar Udara Betoambari terletak di Kelurahan Katobengke, Kecamatan Betoambari berjarak sekitar 8 km dari pusat kota dan saat ini tergolong sebagai Bandara Kelas III dengan jenis pesawat yang beroperasi yaitu ATR 72-500 sehingga dianggap perlu untuk ditingkatkan kemampuan pelayanannya agar dapat memenuhi permintaan masyarakat serta ikut menunjang pertumbuhan dan perkembangan kota.

Dalam merencanakan perkembangan suatu lapangan terbang harus memperkirakan arus lalu lintas dimasa yang akan datang. Oleh karena itu penelitian yang akan dilakukan bersifat research. Dengan menganalisa data lima tahun jumlah penumpang, pesawat, bagasi dan cargo menggunakan analisa regresi untuk meramalkan arus lalu lintas dimasa yang akan datang sehingga pengembangan bandar udara dianggap perlu dilakukan atau tidak. Berdasarkan 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 Betoambari yang akan direncanakan adalah Runway, Taxiway, Apron, Terminal penumpang, Gudang dan Parkir Kendaraan.

Berdasarkan hasil perhitungan yang mengacu pada standar International Civil Aviation Organization (ICAO) dengan pesawat terbang rencana Boeing 737-800 NG maka dibutuhkan panjang landasan 2800 meter lebar 45 meter dan jarak antara sumbu landasan pacu dan sumbu landasan hubung adalah 175 meter lebar total taxiway 25 meter dengan tebal perkerasan lentur 85 cm, luas apron $722 \times 93 = 67.146 \text{ m}^2$, tebal perkerasan rigid pada apron Metode Federal Aviation Administration (FAA) = 40 cm, luas terminal penumpang 147000 m^2 , luas gudang 15100 m^2 dan luas pelataran parkir 27600 m^2 .

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

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Kota Baubau adalah sebuah kota di Pulau Buton. Secara geografis terletak pada koordinat $5,21^\circ - 5,33^\circ$ LS dan diantara $122,33^\circ - 122,47^\circ$ BT. Yang memiliki daratan seluas $293,18 \text{ km}^2$ (sumber: Badan Pusat Statistik Kota Baubau 2017).

Sebagai salah satu daerah yang memiliki destinasi wisata yang banyak sehingga banyak wisatawan lokal maupun mancanegara yang berkunjung juga tingkat pertumbuhan penduduk di Kota Baubau semakin lama semakin meningkat dan sangat bergantung pada transportasi udara hanya saja fasilitas-fasilitas penunjang dari bandara kurang memadai dan pesawat yang beroperasi ATR 72-500 untuk Garuda Indonesia

dan ATR 72-500 untuk Wings Air sedangkan jumlah masyarakat pengguna cukup banyak, ini dapat dilihat dari pemesanan tiket dimana para calon penumpang melonjak dan juga harus menggunakan daftar tunggu selama satu sampai dua minggu untuk mendapatkan tiket keberangkatan, sedangkan jika dilihat dari segi tingkat pariwisata dan perekonomian kedua sektor ini akan memberikan keuntungan bagi daerah ini tetapi harus didukung dengan infrastruktur yang ada salah satunya transportasi udara.

Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana merencanakan pengembangan Bandar Udara Betoambari di Kota Baubau Provinsi Sulawesi Tenggara di masa yang akan datang.

Batasan Masalah

Ruang lingkup penelitian ini terbatas pada perencanaan runway, taxiway, exit taxiway, apron, dan terminal area yang terdiri dari gedung terminal, gudang, hangar dan pelataran parkir dimana yang akan dihitung hanya luas yang dibutuhkan untuk masa yang akan datang sesuai dengan perencanaan pengembangannya. Analisa yang digunakan pada skripsi ini adalah analisa teknis namun tidak termasuk perencanaan sistem drainase lapangan terbang dan struktur dari bangunan terminal.

Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini yaitu untuk Merencanakan Pengembangan Bandar Udara Betoambari di Kota Baubau Provinsi Sulawesi Tenggara, dengan jenis Boeing 737-800 NG sebagai pesawat rencana. Dengan adanya perencanaan untuk memasukkan pesawat yang lebih besar dapat memberikan tingkat pelayanan yang lebih maksimal bagi pengguna jasa transportasi udara. Hal ini juga didukung oleh ketersediaan lahan yang masih cukup luas untuk pengembangannya dan juga guna mengantisipasi lonjakan arus penumpang yang terjadi.

Manfaat Penulisan

Manfaat yang dapat diambil dalam penelitian ini antara lain dapat memberikan informasi dan pertimbangan kepada para perencana, kontraktor maupun pemerintah dalam hal pengembangan dan peningkatan bandar udara dimasa yang akan datang.

LANDASAN TEORI

Komponen Lapangan Terbang

Untuk mendukung semua kegiatan yang berlangsung dalam lapangan terbang maka komponen lapangan terbang harus memadai dan berfungsi dengan baik. 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 kebandar-udaraan. Komponen-komponen yang dimaksudkan adalah:

- a. *Runway* atau landas pacu
- b. *Taxiway* atau landas hubung
- c. *Apron* atau tempat parkir pesawat
- d. Terminal *Building* atau gedung terminal
- e. Gudang
- f. *Tower* atau 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 (*International Civil Aviation Organization*) dan FAA (*Federal Aviation Administration*) telah mengeluarkan syarat-syarat yang harus dipenuhi oleh sebuah lapangan terbang.

Klasifikasi Menurut ICAO

ICAO mengklasifikasikan suatu lapangan terbang yang disebut *Aerodrome Reference Code* dengan mengkategorikan dalam dua elemen. Kode nomor 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	9 m - < 14 m
		F	65 m - < 80 m	9 m - < 16 m

Sumber: ICAO, 2013

Klasifikasi Menurut FAA

FAA mengklasifikasikan lapangan terbang dalam dua kategori yaitu :

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

Menentukan Panjang Runway

Yang mempengaruhi runway dari suatu bandar udara adalah temperatur dan elevasi. Kebutuhan akan panjang runway untuk perencanaan bandar udara dari ICAO, ARFL (*Aero Reference Field Length*) 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

Dalam menentukan arah runway hal yang sangat penting diperhatikan adalah arah dan kecepatan angin.

Persyaratan ICAO, panjang landasan pacu yang diperlukan oleh pesawat rencana dalam muatan penuh harus dikoreksi terhadap elevasi, temperatur dan slope sesuai dengan kondisi bandara.

Koreksi terhadap Elevasi

Menurut ICAO, ARFL bertambah sebesar 7% setiap kenaikan 300 m (100ft) dihitung dari ketinggian muka laut, maka koreksinya terhadap landasan adalah sebagai berikut:

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

dimana:

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

H = Elevasi (m)

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

Koreksi Terhadap Temperatur

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:

$$L2 = L1 \times [1 + 0,01 \times (T(150,0065H))] \tag{2}$$

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:

$$L3 = L2 \times (1 + 0,1 \times \text{slope}) \tag{3}$$

dimana:

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

L2 = Panjang landasan setelah dikoreksi terhadap temperetur (m)

Menentukan Lebar Landas Pacu

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

Tabel 2. Lebar Perkerasan Landasan

Code Number	Code Letter					
	A	B	C	D	E	F
1 ^a	18 m	18 m	23 m	-	-	-
2 ^a	23 m	23 m	30 m	-	-	-
3	30 m	30 m	30 m	45 m	-	-
4	-	-	45 m	45 m	45 m	45 m

Note: 1. ^aRunway width may be reduced to 15 m or 10 m depending on the restrictions placed on small aeroplane operations.

Sumber :ICAO, 2012

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. *Taxiway* diatur sedemikian rupa sehingga pesawat yang baru mendarat tidak mengganggu pesawat lain yang siap menuju ujung lepas landas.

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 :

$$\text{Distance to exit taxiway} = \text{Touchdown Distance} + D \tag{4}$$

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

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

dimana:

S1 = *Touchdown speed* (m/s)

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

a = *Perlambatan* (m/s²)

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%.

$$L1 = L0 (1 + 0,03 \times H/300) \quad (6)$$

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

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

Lebar Taxiway

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

Tabel 3. Lebar Taxiway

Code Letter	Taxiway Width
A	7,5 m
B	10,5 m
C	15 m if the taxiway is intended to be used by aeroplanes with a wheel base less than 18 m; 18 m if the taxiway is intended to be used by aeroplanes with a wheel base equal to or greater than 18 m.
D	18 m if the taxiway is intended to be used by aeroplanes with an outer main gear wheel span of less than 9 m; 23 m if the taxiway is intended to be used by aeroplanes with an outer main gear wheel span equal to or greater than 9 m.
E	23 m
F	25 m

Sumber: ICAO, 2013.

Metode Perencanaan Perkerasan Landas Pacu

Perkerasan adalah struktur yang terdiri dari beberapa lapisan material dengan kekuatan dan daya dukung yang berlainan. Perkerasan berfungsi sebagai tumpuan rata-rata pesawat, permukaan yang rata menghasilkan jalan pesawat yang *comfort* maka harus dijamin bahwa tiap lapisan tingkat kekerasan dan ketebalannya cukup agar tidak mengalami “*distress*” (perubahan karena tidak mampu menahan beban).

Perkerasan terdiri atas dua macam yaitu :

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

Perencanaan perkerasan landas pacu menggunakan bantuan grafik yang dikeluarkan oleh FAA. 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,

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

dimana:

R_1 = *Equivalent Annual Departure* pesawat rencana

R_2 = *Annual departure* campuran yang dinyatakan dalam roda pendaratan pesawat Rencana

W_1 = Beban roda dari pesawat rencana

W_2 = 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 course* untuk tebal *subbase course* didapat dari grafik yang sama. Sedangkan tebal *base course* didapat dengan mengurangkan tebal total dengan tebal *surface* dan *subbase*.

$$\text{Tebal Base Course} = T - (\text{surface} + \text{subbase}) \quad (9)$$

Untuk daerah non-kritis tebal *base* dan *subbase course* dipakai faktor pengali 0,9 dari tebal pada daerah kritis. Sedangkan *surface course* pada daerah non-kritis ditetapkan sesuai pada kurva. Pada daerah transisi lapisan *base course* 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 :

$$G = \frac{V \times T}{U} \quad (10)$$

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 tread, forward roll, wing tip clearance.

Turning radius (r)

= 1/2 (wingspan + wheel track) + forward roll

D = (2 x r) + wing tip clearance (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 dibawah ini:
 - Perkiraan harga k dari sub grade
 - Tentukan *Flexural strength* beton. Pengalaman menunjukan 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 ditopang oleh roda pendaratan. Bagi pesawat berbadan lebar MTOW dibatasi sampai 300.000 lbs (136.100 kg) dengan dual tandem.
 7. Gunakan rumus:

$$\text{Log } R_1 = (\text{Log } R_2) \left(\frac{W_2}{W_1}\right)^{1/2} \quad (12)$$
 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 didapat adalah ketebalan betonnya saja, diluar *sub base*. Ketebalannya adalah untuk daerah kritis, sedang untuk daerah tidak kritis dapat direduksi menjadi 0,9T (T=Tebal perkerasan).
 10. 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 0,9T.

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 Ruang	Kebutuhan ruangan 100 m ² untuk setiap 100 penumpang pada jam sibuk
Ticket / check in	1,0
Pengambilan barang	1,0
Ruang tunggu penumpang	2,0
Ruang tunggu pengunjung	2,5
Bea cukai	3,0
Imigrasi	1,0
Restoran	2,0
Operasi airline	5,0
Total ruang domestik	25,0
Total ruang internasional	30,0

Sumber: Horonjeff, 1979

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 0,09m²/ton/tahun untuk pergerakan barang ekspor dan 0,1m²/ton/tahun untuk barang import.

Untuk menghitung luas dari gudang tersebut diambil angka 0,1m²/ton/tahun dikali dengan pos paket + barang.

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

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 (*International Civil Aviation Organization*).

Perencanaan arah landas pacu didasarkan pada data angin. Dengan menggunakan *Wind Rose diagram* 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 (*flexible pavement*), didasarkan pada data pesawat rencana dan data tanah, yang mengacu pada metode yang dikembangkan oleh FAA.

Analisa Data

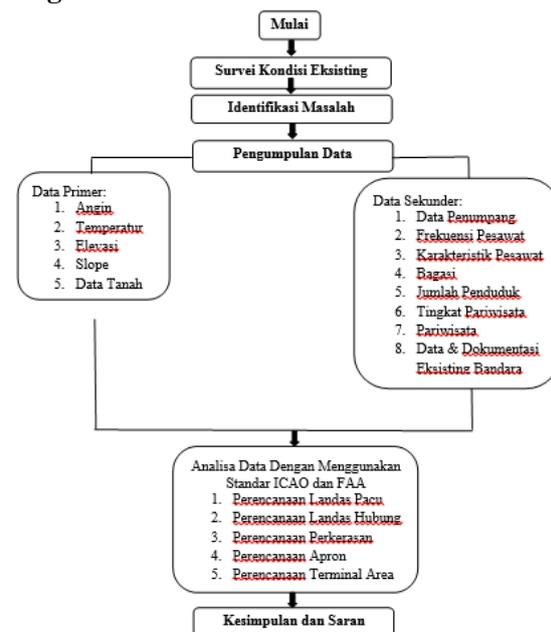
Dari data yang diperoleh, kita dapat memperkirakan dikemudian hari bagaimana ramalan dan permintaan (*forecast and demand*) yang akan terjadi. Data tersebut dapat dianalisa dengan menggunakan metode statistik yang populer seperti analisa regresi. Dimana dengan menggunakan analisa regresi kita dapat meramalkan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

- Ramalan jangka pendek sekitar 5 tahun
- Ramalan jangka menengah sekitar 10 tahun
- 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 kecenderungan data yang akan datang berdasarkan garis trend atau garis regresi. Analisa trend yang akan digunakan pada perencanaan pengembangan ini adalah :

- Trend Linear
- Trend Eksponensial
- Trend Logaritma

Bagan Alir Penelitian



Gambar 3. Bagan Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Existing Bandar Udara Betoambari

Nama Kota : Baubau
 Nama Bandara : Betoambari
 Kelas Bandara : III (Tiga)
 Pengelola : Ditjen Perhubungan Udara-Kementerian Perhubungan
 Jam Operasional : 08.00 – 23.00 WITA
 Jenis Pelayanan : AFIS
 Kemampuan Operasi : ATR 72-500/600
 Koordinat Lokasi : 05°28'LS/122°34'BT
 Arah dan No Runway : 04-22
 Elevasi : 35 MSL
 Runway Area (Daerah Landasan Pacu):
 Panjang Runway : 1800 m
 Lebar Runway : 30 m
 Jenis Konstruksi : Asphalt
 Taxiway (Landas Hubung):
 Panjang x Lebar : 2 x (53 x 23) m
 Konstruksi : Hotmix
 Apron : 85 m x 63 m
 Konstruksi : Hotmix

Analisa Arus Lalu Lintas Udara Tahunan

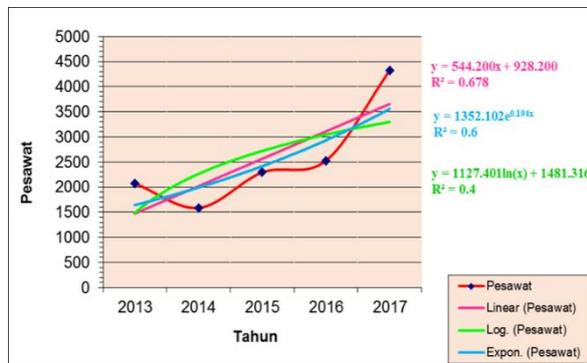
Analisa Pesawat

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

Tabel 5. Data Pesawat Tahun 2013-2017

Tahun	Pesawat
2013	2.074
2014	1.586
2015	2.292
2016	2.528
2017	4.324

Sumber : Kantor Bandar Udara Betoambari



Gambar 4. Diagram Pergerakan Pesawat

Dari hasil analisa perhitungan regresi pesawat menunjukkan bahwa koefisien korelasi terbesar dan mendekati data awal analisa regresi

exponensial dengan $r = 0,830$, jadi untuk meramalkan jumlah pesawat digunakan regresi Exponensial dengan persamaan yang dipakai $Y = 1352,102 e^{0.194x}$

Tabel 6. Ramalan Jumlah Pesawat

Tahun	X	Regresi Exponensial
2022	10	9408,941
2027	15	24820,264
2032	20	65474,478

Analisa Penumpang

Data penumpang yang datang dan berangkat di Bandar Udara Betoambari adalah sebagai berikut:

Tabel 7 Data Penumpang Tahun 2013-2017

Tahun	Penumpang (orang)
2013	120.364
2014	94.955
2015	122.301
2016	152.478
2017	242.333

Sumber: Kantor Bandar Udara Betoambari



Gambar 5. Diagram Pergerakan Penumpang

Dari hasil analisa perhitungan regresi penumpang menunjukkan bahwa koefisien korelasi terbesar dan mendekati data awal analisa regresi exponensial dengan $r = 0,838$, jadi untuk meramalkan jumlah pesawat digunakan regresi exponensial dengan persamaan yang dipakai adalah $Y = 79169,239 e^{0.187x}$

Tabel 8. Ramalan Jumlah Penumpang

Tahun	X	Regresi Exponensial
2022	10	513.673,488
2027	15	1.308.436,022
2032	20	3.332.865,845

Analisa Bagasi

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

Tabel 9. Data Bagasi Tahun 2013-2017

Tahun	Bagasi (kg)
2013	867.108
2014	597.839
2015	627.089
2016	910.179
2017	1.406.428

Sumber : Kantor Bandar Udara Betoambari



Gambar 6. Diagram Pergerakan Bagasi

Dari hasil analisa perhitungan regresi Bagasi menunjukkan bahwa koefisien korelasi terbesar dan mendekati data awal *analisa regresi linier* dengan $r = 0,677$, jadi untuk meramalkan jumlah pesawat digunakan regresi linier dengan persamaan yang dipakai adalah :

$$Y = 464434.6 + 139098 (x)$$

Tabel 10. Ramalan Jumlah Bagasi

Tahun	X	Regresi Linier
2022	10	1.855.414,6
2027	15	2.550.904,6
2032	20	3.246.394,6

Analisa Cargo

Data-data cargo yang keluar dan masuk di Bandar Udara Betoambari adalah sebagai berikut:

Tabel 11. Data Cargo Tahun 2013-2017

Tahun	Cargo (kg)
2013	867.108
2014	597.839
2015	627.089
2016	910.179
2017	1.406.428

Sumber: Kantor Bandar Udara Betoambari

Dari hasil analisa perhitungan regresi cargo menunjukkan bahwa koefisien korelasi terbesar dan mendekati data awal *analisa regresi eksponensial* dengan $r = 0,883$, jadi untuk meramalkan jumlah pesawat digunakan regresi eksponensial dengan persamaan yang dipakai adalah : $Y = 28279,134 e^{0.428x}$



Gambar 7. Diagram Pergerakan Cargo

Tabel 12. Ramalan Jumlah Cargo

Tahun	X	Regresi Eksponensial
2022	10	2.042.897,08
2027	15	17.363.476,34
2032	20	147.579.784,18

Perencanaan Runway

Runway adalah 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 Betoambari terletak pada arah 04 – 22.

Dari hasil analisa wind rose arah NE-SW 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 Betoambari yang ada saat ini adalah 1800 m. Direncanakan akan didarati oleh pesawat Boeing 737-800 NG dengan kode landasan 4C mempunyai nilai ARFL (*Aero Reference Field Length*) = 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 Betoambari yang ada. Adapun data-data yang diperoleh:

- Pesawat rencana = Boeing 737-800 NG
- ARFL = 2.256 m

- Elevasi = 35 m
- Slope = 0,8%
- Temperature = 28,08°C

Koreksi terhadap elevasi

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

$$= 2256 \times \left(1 + \frac{7}{100} \times \frac{35}{300} \right)$$

$$= 2.274,42 \text{ m}$$

Koreksi terhadap temperatur

$$L2 = L1 [1 + 0,01 (T_{ref} - (15 - 0,0065 H))]$$

$$= 2.274,42 [1 + 0,01 (28,08 - (15 - 0,0065 \times 35))]$$

$$= 2.577,08 \text{ m}$$

Koreksi terhadap slope

$$L3 = L2 \times (1 + 0,1 \times \text{slope})$$

$$= 2.577,08 \times (1 + 0,1 \times 0,8/1\%)$$

$$= 2.783,246 \text{ m} \approx \mathbf{2.800 \text{ m}}$$

Lebar runway

Lebar runway yang direncanakan akan ditentukan berdasarkan pada kode huruf dan angka dari pesawat rencana, maka untuk Pesawat rencana Boeing 737-800 NG sesuai dengan Aerodrome Reference Code yang dikeluarkan ICAO untuk ARFL > 1800 m mempunyai kode huruf C dan kode angka 4, sehingga bandar udara Betoambari 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 = 60 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. (Basuki, 1986)

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

- S₁ = Touchdown speed (m/s)
- S₂ = Initial Exit Speed (m/s)
- a = Perlambatan (m/s²)

Data Perencanaan

Pesawat rencana **Boeing 737-800 NG** termasuk dalam pesawat group C (Jansen, 2007).

$$S_1 = 222 \text{ km/jam} = 62 \text{ m/dt}$$

$$S_2 = 32 \text{ km/jam} = 9 \text{ m/dt}$$

$$a = 1,5 \text{ m/dt}^2 = 2,25 \text{ m/dt}$$

$$\text{Jarak touchdown} = 450 \text{ m}$$

$$D = \frac{(62)^2 - (9)^2}{2 \times 1,5} = 1.254,34 \text{ m}$$

$$\text{Distance to Exit Taxiway} = 450 \text{ m} + 1.254,34 \text{ m}$$

$$= 1.704 \text{ m} \rightarrow L_0$$

Jarak ini (L₀) 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 %

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

$$= 1.704 \left(1 + 0,03 \times \frac{35}{300} \right)$$

$$= 1.709,96 \text{ m}$$

Koreksi terhadap temperature

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

$$L_2 = L_1 \times \left[1 + 1\% \times \frac{(T_{ref} - 15)}{5,6} \right]$$

$$= 1.709,96 \times \left[1 + 0,01 \times \frac{(28,08 - 15)}{5,6} \right]$$

$$= \mathbf{1.749,89 \text{ m} \approx 1.750 \text{ m}}$$

Jadi Bandar Udara Betoambari direncanakan akan membutuhkan jarak dari *threshold* sampai titik awal *exit taxiway* dengan pesawat rencana Boeing 737-800 NG adalah **1.750 m**

Lebar Taxiway

Lebar taxiway dan lebar total taxiway termasuk shoulder sesuai dengan yang ditetapkan ICAO adalah seperti pada Tabel 13.

Berdasarkan pesawat rencana Boeing 737-800 NG yang akan mendarat di Bandar Udara Betoambari termasuk dalam kategori kelas 4C.

$$\text{Lebar taxiway} = 15 \text{ m}$$

$$\text{Lebar total taxiway dan shoulder} = 25 \text{ m}$$

Jarak minimum antara landasan pacu dan landas hubung dapat diperoleh dengan persamaan:

$$J_{rt} = 0,5 \times (LS + W_1)$$

dimana : LS = lebar strip area total

W₁ = lebar wingspan pesawat rencana.

Tabel 13. Lebar Taxiway

Code Letter	Taxiway Width
A	7,5 m
B	10,5 m
C	15 m if the taxiway is intended to be used by aeroplanes with a wheel base less than 18 m; 18 m if the taxiway is intended to be used by aeroplanes with a wheel base equal to or greater than 18 m.
D	18 m if the taxiway is intended to be used by aeroplanes with an outer main gear wheel span of less than 9 m; 23 m if the taxiway is intended to be used by aeroplanes with an outer main gear wheel span equal to or greater than 9 m.
E	23 m
F	25 m

Sumber: ICAO, 2013.

Tabel 14. Lebar Runway Strip

Kode Angka	Jenis Pendekat	Lebar Runway Strip (m)
1	Non instrumen	30
	Instrumen	75
2	Non instrumen	40
	Instrumen	75
3 dan 4	Non instrumen	75
	Instrumen	150

Dari tabel tersebut diperoleh *runway strip* untuk lapangan terbang dengan kode angka 4 untuk jenis pendekatan instrument adalah 150 m dengan lebar total 300m. maka klasifikasi bandara kode angka 4 lebar total 300 m dan $W_1 = 35,8$ m.

$$\begin{aligned} Jrt &= 0,5 \times (LS + W_1) \\ &= 0,5 \times (300 + 35,8) \\ &= 168 \text{ m} \approx 175 \text{ m} \end{aligned}$$

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, 1979.

PENUTUP

Kesimpulan

Dari Perencanaan Pengembangan Bandar Udara Betoambari di Kota Baubau Provinsi Sulawesi Tenggara didapat kesimpulan sebagai berikut:

1. Arah landas pacu dengan azimuth 04 – 22 dengan panjang landas pacu 2.800 meter, lebar landas pacu 45 meter. Jarak dari *threshold* sampai titik awal *exit taxiway* adalah 1750 meter.
2. Konstruksi perkerasan untuk perpanjangan landas pacu adalah sebagai berikut:

Daerah kritis:

$$\begin{aligned} \text{Surface Course} &= 10 \text{ cm,} \\ \text{Base Course} &= 44 \text{ cm,} \\ \text{Sub Base Course} &= 31 \text{ cm.} \end{aligned}$$

Daerah non kritis:

$$\begin{aligned} \text{Surface Course} &= 9 \text{ cm,} \\ \text{Base Course} &= 39,6 \text{ cm,} \\ \text{Sub Base Course} &= 27,9 \text{ cm.} \end{aligned}$$

Daerah Pinggir:

$$\begin{aligned} \text{Surface Course} &= 7 \text{ cm,} \\ \text{Base Course} &= 30,8 \text{ cm,} \\ \text{Sub Base Course} &= 21,7 \text{ cm.} \end{aligned}$$

3. Luas *apron* = $722 \times 93 \text{ m} = 67.146 \text{ m}^2$. Tebal perkerasan *apron* dengan metode FAA dengan pesawat rencana Boeing 737-800 NG dengan tebal *sub base* 12,4 inch = 31 cm dan *flexural strength* = 650 Pci adalah 15,5 inch = 40 cm, sedangkan dengan menggunakan metode PCA dengan *working stress* = 359,268 Psi adalah 13,9 inch = 34,75 cm. Ukuran slab beton 7x7 dengan ketebalan 15,5 inch = 40 cm (diambil metode FAA) dengan ketebalan ini, tegangan yang terjadi lebih kecil dari pada tegangan yang diijinkan.
4. Luas gedung hanggar = $60 \times 53 \text{ m} = 3128 \text{ m}^2$. Luas gedung 147.000 m² dibuat dua lantai dengan dimensi 350 x 210 m tiap lantai.
5. Luas minimum gudang 500 x 30,2 m = 15.100 m².
6. Luas minimum pelataran parkir 276 x 100 m = 27.600m².

Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan kondisi Bandar Udara Betoambari untuk saat ini, maka disarankan:

1. Pemerintah Daerah perlu memperluas lahan Bandar Udara Betoambari untuk keperluan perluasan lahan, baik sisi udara (*air side*) maupun sisi darat (*land side*).

2. Bandar Udara Betoambari perlu meningkatkan fasilitas perlampuan dan pemarkaan, sehingga layanan penerbangan bisa ditingkatkan baik di malam hari maupun di siang hari.
3. Setelah tahun 2032, perlu diadakan evaluasi kembali untuk pengembangan Bandar Udara Betoambari.
4. Pemerintah Daerah harus lebih giat melakukan promosi ke berbagai daerah agar banyak wisatawan hendak berkunjung ke Kota Baubau.

DAFTAR PUSTAKA

- Australian Government Civil Aviation Safety Authority. 2012. *Manual Of Standards Part 139- Aerodromes. Version 1,8*. Canberra.
- Basuki, H., 1986. *Merancang Merencana Lapangan Terbang*. Alumni Bandung
- Federal Aviation Administration, 2011. *Airfield Standards Quick References. 2nd Edition*.
- Feriska Apriana, Freddy Jansen, dan Lintong Elisabeth, 2017. *Perencanaan Pengembangan Sisi Udara Bandar Udara Mutiara Sis Al-Jufri Di Kota Palu Provinsi Sulawesi Tengah*. Jurnal Sipil Statik Vol.5 No.6 Agustus 2017 (345-356) ISSN: 2337-6732
- Horonjeff, R., 1979. *Planning and Design of Airport. 5th Edition*. New York Mac Graw – Hill Book Company.
- International Civil Aviation Organization (ICAO). 1983. *Aerodromes Design Manual Pavements. Part 3. 2nd Edition*.
- International Civil Aviation Organization (ICAO). 2013. *Aerodromes - Annex 14 International Standards & Recommended Practices. Volume 1. 6th Edition*. Canada.
- Jansen, F., 2007. *Pelengkap Kuliah Lapangan Terbang*. Universitas Sam Ratulangi. Manado.
- Kantor Bandar Udara Betoambari, 2017. *Data Lalu Lintas Udara Tahun 2013-2017 dan Data Teknis*. Baubau
- Kantor BMKG Stasiun Meterologi Betoambari. 2017. *Data Angin dan Temperatur*. Baubau
- Kantor BPS Kota Baubau, 2017. *Kota Baubau dalam Angka*. Baubau
- Kantor Dinas Pariwisata Kota Baubau, 2017. *Data Destinasi Wisata dan Wisatawan Tahun 2013-2017*. Baubau
- Khana, S. K .dan Aurora, M. G., 1979. *Airport Planning and Design. 3rd Edition*. India, Nem Chan Broos.
- Neufert, E., 2002. *Data Arsitek Jilid 2 Edisi 33*. Jakarta:Erlangga
- Pongsipulung L. Irwanto, Freddy Jansen, Audie L. E. Rumayar 2015. *Perencanaan Pengembangan Bandar Udara Wasior Di Kabupaten Teluk Wondana Provinsi Papua Barat*. Jurnal Sipil Statik Vol.3 No.12 Desember 2015 (835-846) ISSN: 2337-6732

Tulungen B. B., Freddy Jansen, Mecky Manoppo. 2016. *Perencanaan Pengembangan Bandar Udara Melonguane Kabupaten Kepulauan Talaud Provinsi Sulawesi Utara*. Jurnal Sipil Statik Vol.4 No.1 Januari 2016 (1-12) ISSN: 2337-6732.

Wardhani, S. H., 1992. *Airport Engineering*. Civil Engineering, Gadjah Mada University

Yoder, E. J., Woizack, M. W., 1975. *Principle of Pavement Design*. Canada