

PERENCANAAN PENGEMBANGAN BANDAR UDARA PITU KABUPATEN PULAU MOROTAI PROVINSI MALUKU UTARA

Angelica Lydia Debora Tambengi

Lintong Elisabeth, Freddy Jansen

Fakultas Teknik, Jurusan Sipil, Universitas Sam Ratulangi Manado

Email: tambengiangelica@gmail.com

ABSTRAK

Pulau Morotai adalah kabupaten definitif baru yang terletak di kepulauan Halmahera, Kepulauan Maluku, Indonesia. Sebagai bagian dari Provinsi Maluku Utara, pulau ini menjadi salah satu pulau paling utara di Indonesia. Pulau Morotai merupakan 1 dari 10 destinasi pariwisata prioritas di Indonesia. Pulau Morotai juga sangat strategis sebagai jalur perdagangan di Indonesia Timur. Bandar Udara Pitu terletak di ibu kota kabupaten dan saat ini tergolong sebagai bandar udara perintis dengan jenis pesawat yang beroperasi ATR 72-500/600 sehingga dianggap perlu untuk dilakukan pengembangan agar wisatawan dapat menjangkau pulau ini lebih cepat.

Perencanaan pengembangan suatu lapangan terbang harus memperkirakan arus lalu lintas dimasa yang akan datang. Dengan menganalisa data tiga tahun pergerakan pesawat, jumlah penumpang, bagasi dan cargo menggunakan analisa regresi dapat diramalkan arus lalu lintas dimasa yang akan datang sehingga pengembangan bandar udara dianggap perlu dilakukan atau tidak. Untuk data-data sekunder yang diperoleh dari bandara seperti data klimatologi, data frekwensi pesawat, data penumpang, data bagasi, dan data CBR digunakan sebagai acuan merencanakan pengembangan bandar udara.

Rencana pengembangan bandar udara Pitu Morotai antara lain: Runway, Taxiway, Apron, Perkerasan landasan, Terminal penumpang, Gudang, Area parkir, Marking landasan, dan Perlampuan.

Hasil perhitungan mengacu pada standar International Civil Aviation Organisation (ICAO) dengan pesawat rencana B 737-900 ER, diperoleh ukuran runway 2.800 x 45 meter, taxiway 175 x 25 meter, dan luas apron 285 x 98 meter = 27.930 m². Tebal perkerasan lentur dengan menggunakan metode Federal Aviation Administration (FAA) adalah 31 inch, dan tebal perkerasan kaku yang diperoleh dengan menggunakan metode Portland Cement Afiation (PCA) adalah 14,5 inch. Luas total gedung terminal 56.250 m² (sudah termasuk dengan fasilitas pendukung), luas gudang 70 m², dan luas area parkir 22.500 m².

Kata kunci: Pulau Morotai, Pengembangan Bandar Udara, B 737-900 ER.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pariwisata menjadi salah satu tumpuan bagi peningkatan pendapatan nasional. Pulau Morotai yang terletak di Kabupaten Pulau Morotai, Provinsi Maluku Utara merupakan 1 dari 10 destinasi pariwisata prioritas di Indonesia. Pulau Morotai sangat strategis sebagai jalur perdagangan di Indonesia Timur. Pulau ini memiliki kekayaan alam seperti emas, biji besi, dan potensi wisata bahari yang mempesona.

Pulau Morotai memiliki peran penting dalam sejarah Perang Dunia II. Disana terdapat tujuh landasan pesawat (*Pitu Street*), sebagai saksi sejarah yang digunakan Amerika Serikat untuk pendaratan pesawat tempur. Sejarah itu bermula pada September 1944, ketika Jenderal *Douglas*

MacArthur membawa ratusan pesawat sekutu ke Morotai. *MacArthur* memilih pulau itu karena posisinya sangat dekat dengan Filipina dan berada disisi Samudera Pasifik. Dalam waktu tiga bulan Morotai menjadi pulau militer.

Dari tujuh landasan di pulau ini, hanya satu landasan yang digunakan oleh bandar udara Pitu atau yang masih disebut Bandar Udara Leo Wattimena oleh Tentara Nasioanl Indonesia – Angkatan Udara (TNI-AU). Bandar udara Pitu Morotai merupakan bandara kelas III yang memiliki total luas terminal 2.200 m², panjang runway 2.400 x 30 m dengan elevasi bandara pada ketinggian 15 MDPL (*Direktorat Jendral Perhubungan Udara, hubud.dephub.go.id*).

Namun pada kenyataannya untuk mengakses pulau ini perlu perjalanan yang cukup panjang dikarenakan bandar udara Pitu Morotai hanya

melayani rute penerbangan dari Kota Ternate dan sebaliknya yang mengharuskan pengunjung untuk transit di beberapa Kota lain.

Untuk dapat menjangkau Pulau Morotai lebih cepat, maka bandar udara Pitu Morotai perlu dilakukan pengembangan baik pada sisi darat (*land side*) maupun sisi udara (*air side*). Pengembangan tersebut dapat menambah rute penerbangan dari kota-kota besar yang jaraknya lebih jauh dari rute penerbangan sebelumnya dan juga akan berdampak pada tingkat kunjungan wisatawan dan tingkat perekonomian daerah.

Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang ada, maka dapat dirumuskan suatu masalah yaitu bagaimana rencana pengembangan bandar udara Pitu di Pulau Morotai dengan pesawat rencana tipe Boeing 737-900 ER.

Batasan Masalah

Dalam penelitian ini dilakukan pembatasan masalah sebagai berikut:

1. Perencanaan pengembangan yang dilakukan adalah *Runway, Taxiway, Apron*, dan Terminal Area (gedung terminal, pelataran parkir, dan gudang);
2. Menghitung perkerasan dari *Runway, Taxiway* dan *Apron*;
3. Perencanaan tentang *marking* (tanda-tanda visual), dan perlampuan;
4. Tidak membahas saluran drainase;
5. Tidak membahas tentang kekuatan struktur (konstruksi) dari gedung terminal;
6. Tidak membahas masalah ekonomi dan besarnya rencana anggaran biaya (RAB) yang diperlukan dari perencanaan;

Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Perencanaan fasilitas sisi darat yaitu: menghitung luas gedung terminal, pelataran parkir dan gudang;
2. Membuat perencanaan fasilitas sisi udara: *runway* atau landas pacu, *taxiway* atau landas hubung, dan apron.

Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi yang baik dalam bidang transportasi udara, khususnya dalam mendesain dan merencanakan pengembangan suatu bandar udara dan juga sebagai referensi untuk penelitian yang lebih lanjut.

LANDASAN TEORI

Komponen Lapangan Terbang

Dalam merencanakan suatu bandar udara dikenal istilah airport system, yaitu keseluruhan dari segala sesuatu yang terdapat dalam bandar udara. Airport system inilah yang merupakan inti dari permasalahan yang harus dipecahkan dalam proses perencanaan sebuah bandara. Airport system dapat dibagi atas dua komponen utama yaitu:

- a. *Landside area* (gedung terminal, gudang, area parkir, fasilitas keselamatan, ATC (*air traffic control*), dan *utility*).
- b. *Airside area* (*runway, taxiway*, dan apron)

Klasifikasi Lapangan Terbang

Untuk menetapkan standar perencanaan dari lapangan terbang, dua badan penerbangan internasional yaitu ICAO (*International Civil Aviation Organization*) dan FAA (*Federal Aviation Administration*) telah menetapkan syarat-syarat dari suatu lapangan terbang.

Klasifikasi Menurut ICAO

ICAO menetapkan klasifikasi lapangan terbang yang disebut *Aerodrome Reference Code* dengan mengkategorikan dalam dua elemen. Elemen pertama adalah kode nomor yang berdasarkan *Aeroplane Reference Field Length* (ARFL) atau panjang minimum dari *Runway* yang dibutuhkan (panjang pada kondisi standar). Elemen kedua adalah kode huruf yang berdasarkan lebar sayap pesawat (*Wingspan*) dan jarak terluar 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	< 800m	A	< 15m	< 4,5m
2	800m < 1200m	B	15m ≤ 24m	4,5m ≤ 6m
3	1200m < 1800m	C	24m ≤ 36m	6m ≤ 9m
4	≥ 1800m	D	36m ≤ 52m	9m ≤ 14m
		E	52m ≤ 60m	9m ≤ 14m
		F	65 ≤ 80m	9m ≤ 16m

Sumber: (Basuki H, 1986. *Merancang dan Merencanakan Lapangan Terbang*, hal 177)

Klasifikasi Menurut FAA

FAA mengklasifikasikan lapangan terbang dalam dua kategori yaitu:

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

Menentukan Panjang Runway

Faktor-faktor yang mempengaruhi dalam perencanaan suatu landas pacu adalah sebagai berikut:

- a. Angin dapat mempengaruhi arah dan konfigurasi landas pacu
- b. Keadaan cuaca
- c. Elevasi
- d. Temperatur
- e. Kemiringan landas pacu
- f. Jenis dan karakteristik pesawat rencana

Untuk perhitungan landasan pacu, dipakai standart Aeroplane Field Length (ARFL). Menurut ICAO, ARFL adalah landasan pacu minimum yang dibutuhkan untuk lepas landas pada kondisi standar atmosfer 15° F, tidak ada angin bertiup, elevasi muka laut sama dengan nol, landas pacu tanpa kemiringan dan keadaan pesawat *maximum certificated takeoff weight* (MTOW).

Persyaratan ICAO mengoreksi panjang pesawat terhadap elevasi, temperatur, dan *slope* sesuai dengan kondisi bandara.

Koreksi Terhadap Elevasi

Berdasarkan persyaratan ICAO, ARFL bertambah 7% setiap kenaikan 300 m (1000ft) dihitung dari ketinggian muka laut, maka panjang landasan yang harus dikoreksi terhadap elevasi dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$L1 = L0 \times (1 + 0,07 \times \frac{H}{300}) \quad (1)$$

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 landasan harus dikoreksi terhadap temperatur sebesar 1%. Untuk setiap kenaikan 1° C, sedangkan setiap kenaikan 1000 m dari muka laut rata-rata temperatur turun 6,5° C. Dengan dasar ini, ICAO menyarankan hitungan koreksi temperatur terhadap panjang landasan yang dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$L2 = L1 \times [1 + 0,01 \times (T - (15 - 0,0065H))] \quad (2)$$

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

Berdasarkan ICAO, setiap kenaikan slope 1% panjang landas pacu dengan ARFL >900 m bertambah 10%. Sehingga dapat dihitung panjang landas pacu yang dibutuhkan oleh suatu pesawat rencana dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

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

dimana:

- L3 = panjang landasan yang dibutuhkan oleh pesawat rencana (m)
- L2 = panjang landasan setelah dikoreksi terhadap temperetur (m)

Menghitung Lebar Landasan Pacu

Dalam menentukan lebar landasan pacu dapat diambil sesuai dengan persyaratan yang di keluarkan ICAO. Secara umum dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 2 Lebar Perkerasan Landasan

CODE NUMBER	CODE LETTER					
	A	B	C	D	E	F
1 ^a	18m	18m	23m			
2 ^a	23m	23m	30m			
3	30m	30m	30m	45m		
4			45m	45m	45m	60m

a. Lebar landasan presisi harus tidak kurang dari 30m (100ft) untuk kode angka 1 dan 2

Sumber: (*Aerodrome Design and Operations - ICAO Annex 14, 2013. Sixth Edition, Vol. 1; p. 3-3*)

Perencanaan Landasan Hubung (*Taxiway*)

Taxiway merupakan jalan penghubung antara landasan pacu dengan pelataran pesawat (apron), hangar, terminal, atau fasilitas lainnya di sebuah bandar udara. *Taxiway* diatur sedemikian hingga pesawat yang baru saja mendarat tidak mengganggu pesawat lain yang siap menuju landasan pacu. Rutenya dipilih jarak terpendek dari bangunan terminal menuju ujung landasan yang dipakai untuk areal lepas landas. Di banyak lapangan terbang, *taxiway* membuat sudut siku-siku dengan landasan, maka pesawat yang akan mendarat harus diperlambat sampai kecepatan yang sangat rendah sebelum belok ke *taxiway*.

Menentukan Lokasi *Exit Taxiway*

Exit taxiway atau *turnoff* adalah jenis *taxiway* yang diletakkan menyudut pada beberapa bagian dari landas pacu sebagai sarana bagi pesawat untuk dengan segera meninggalkan *runway* sehingga *runway* bisa dengan cepat digunakan lagi oleh pesawat lainnya

Untuk menentukan lokasi *exit taxiway* yang harus diperhatikan adalah sebagai berikut:

- Kecepatan waktu *touchdown* (menyentuh landasan)
- Kecepatan awal sampai titik A
- Jarak dari *threshold* sampai ke *touchdown*
- Jarak dari *touchdown* sampai titik A

Untuk menentukan *exit taxiway* digunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Distance to taxiway} = \text{Touchdown Distance} + D \quad (4)$$

dimana:

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

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

$S1$ = *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%.

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

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

$$L2 = L1 (1 + 1\% \times (\frac{T_{ref} - T_0}{5.6})) \quad (7)$$

Metode Perkerasan Landasan Pacu

Perkerasan adalah struktur yang terdiri dari beberapa lapisan dengan tingkat kekerasan 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-tiap lapisan memenuhi syarat untuk tingkat kekerasan

dan ketebalannya sehingga tidak mengalami “*distress*” (perubahan karena tidak mampu menahan beban).

Perkerasan dapat dibagi atas dua yaitu:

- Perkerasan Flexible (perkerasan lentur)
- Perkerasan Rigid (perkerasan kaku)

Perencanaan perkerasan pada *runway* menggunakan perkerasan lentur dengan metode FAA.

Analisa annual departure dari pesawat rencana menggunakan konversi pesawat rencana dengan rumus:

$$\text{Log } R_1 = (\text{log } R_2) \left(\frac{W_2}{W_1} \right) \quad (8)$$

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

Menghitung berat roda (*wheel load*) dengan rumus:

$$W_1 = 0.95 \times MTOW \times \frac{1}{n} \quad (9)$$

dimana:

n = jumlah roda pendaratan utama

MTOW = *maximum take off weight*

Apron

Fasilitas pelataran parkir pesawat terbang (*apron*) adalah fasilitas sisi udara yang disediakan sebagai tempat bagi pesawat saat melakukan kegiatan menaikkan dan menurunkan penumpang, muatan pos dan kargo dari pesawat, pengisian bahan bakar, parkir dan perawatan pesawat.

Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi ukuran apron adalah:

- Jumlah *gate position*
- Ukuran *gate*
- Wing tip clearance*
- Clearance* antara pesawat yang sedang *taxiing* dan yang sedang parkir di apron
- Konfigurasi bangunan terminal
- Efek *jet blast*
- 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

$$U = 0,5 - 0,6$$

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 or no serving* T = 20 – 30 menit, untuk *Turn around flight (complete serving)* T = 40 – 60 menit.

Pengambilan harga T:

Kelas Pesawat	T (menit)
A	60
B	45
C	30
D = E	20

Menghitung Ukuran Gate

Untuk menghitung ukuran *gate* tergantung ukuran standart pesawat berdasarkan *wingspan*, *whell track*, *forward roll*, *wing tip clearance*. Ukuran *gate* dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\text{Turning radius (r)} = \frac{1}{2} (\text{wingspan} + \text{whell track}) + \text{forward roll}$$

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

Menghitung Perkerasan Apron

Dalam perencanaan menghitung perkerasan apron menggunakan metode FAA (*Federal Aviation Administration*) dan PCA (*Portland Cement Afiation*). Langkah-langkah yang digunakan dalam perencanaan perkerasan ini adalah sebagai berikut:

a. Metode FAA (*federal aviation administration*)

Perencanaan tebal perkerasan kaku tanpa tulangan dengan metode FAA dipakai dalam desain-desain perkerasan kaku untuk lapangan terbang. Selain mudah dalam pelaksanaannya juga aman terhadap bahaya karena banyaknya joint yang digunakan dalam pelaksanaannya.

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

1. Buatlah ramalan *annual departure* dari tiap-tiap pesawat yang harus dilayani
2. Tentukan tipe roda pendaratan untuk setiap tipe pesawat,
3. Hitung *MTOW* setiap tipe pesawat
4. Tentukan “Pesawat rencana” dengan prosedur sebagai berikut:
 - Perkiraan harga dari *subgrade*
 - Tentukan *flexural strenght* 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 didapat 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 tipe roda pendaratan tipe-tipe pesawat yang diramalkan harus dilayani ke pesawat rencana
6. Tentukan *wheel load* tiap tipe pesawat, 95% *MTOW* ditopang oleh roda kendaraan
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, dan *equivalent annual departure* total sebagai data untuk menghitung perkerasan rigid dengan kurva rencana yang sesuai

b. Metode PCA (*portland cement afiation*)

Ada dua metode yang dibuat oleh PCA untuk merencanakan perkerasan rigid. Metode pertama didasarkan kepada “Faktor Keamanan” metode kedua didasarkan pada “Konsep Kelelahan” (*Fatigue Concept*). Kedua metode ini juga untuk evaluasi kapasitas structural ketebalan perkerasan kaku yang telah ditentukan. *Flexural Stress* yang digunakan dalam prosedur perencanaan PCA adalah tegangan yang terjadi didalam slab beton, dengan menganggap bahwa beban pesawat terjadi pada suatu jarak dari tepi bebas slab beton.

PCA menerangkan bahwa apabila *joint* slab beton dilengkapi dengan besi-besi pemindah beban, kondisi pada setiap titik didalam perkerasan kaku hampir sama seperti halnya dengan tegangan yang terjadi pada setiap titik ditengah slab yang luas.

Kurva rencana untuk berbagai tipe pesawat telah dibuat oleh PCA dan arena dasar pemikiran analisisnya sama, bisa digantikan oleh kurva-kurva dari FAA.

1. Perencanaan Dengan Dasar Faktor Keamanan
Faktor keamanan adalah perbandingan *modulus of rupture* beton umur 90 hari dengan *working stress* (tegangan kerja):

$$FK = \frac{MR_{90}}{Working\ Stress} \quad (13)$$

2. Perencanaan Dengan Dasar Konsep Kelelahan

Dalam memakai prosedur konsep kelelahan data yang dipergunakan adalah lalu lintas pesawat campuran yang harus dilayani perkerasan. Prosedur konsep kelelahan bisa saling dikontrol dengan faktor keamanan.

$$Fatigue\ Repetition = D \times LRF \quad (14)$$

Salah satu data penting yang harus ada dalam merencanakan perkerasan kaku adalah ramalan lalu lintas kritis pesawat dimasa depan. Jenis-jenis pesawatnya, *MTOW*-nya dan roda-roda pendaratan yang sepadan sehingga bisa ditentukan *working stress* yang diizinkan pada kurva rencana. Dianjurkan memakai angka keamanan sebagai berikut:

Tabel 3 Angka Keamanan

Daerah Perkerasan	Angka Keamanan
Kritis: Apron, Taxiway, ujung landasan sampai jarak 300m, lantai hangar.	1.7 – 2.0
Non Kritis: Landasan bagian tengah, Taxiway.	1.4 – 1.7

Sumber: (Basuki H, 1986. *Merancang dan Merencanakan Lapangan Terbang*, hal. 363)

Joint (Sambungan) dan Susunannya

Joint/sambungan dibuat pada perkerasan kaku agar beton bisa mengembang dan menyusut tanpa halangan, sehingga mengurangi tegangan bengkok (*flexural stress*) akibat gesekan, perubahan temperature, perubahan kelembaban, serta untuk melengkapi konstruksi.

Penulangan dari segi arah dikenal dua jenis yaitu tulangan sambungan melintang (*dowel*) dan sambungan memanjang (*tie bar*).

Fungsi dari penutup sambungan adalah untuk mencegah masuknya benda-benda asing yang berbentuk padat (pasir, kerikil, dll) yang akan mencegah kesempurnaan merapatnya sambungan yang dapat menimbulkan tegangan tinggi pada plat.

Gedung Terminal

Terminal merupakan suatu daerah utama yang mempunyai hubungan (*interface*) antara lapangan udara (*airfield*) dengan bagian bandar udara yang mencakup fasilitas-fasilitas pelayanan penumpang, penanganan barang bawaan (*baggage handling*), penanganan barang kiriman (*cargo handling*), administrasi, dan perawatan bandar udara. 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 100m ² 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 Domestik	25,0
Total Ruang Internasional	30,5

Perencanaan Gudang

Fungsi utama dari gudang adalah tempat barang dan paket-paket pos yang tiba maupun yang akan dikirim. Untuk perencanaan gudang standar yang dipakai adalah yang dikeluarkan oleh IATA yaitu 0,09m²/ton/tahun untuk pergerakan barang ekspor dan 0,1m²/ton/tahun untuk barang import.

Untuk menghitung luas dari gudang tersebut diambil 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 kendaraan adalah (2,6 x 5,5) m.

Perencanaan Marking (Tanda-Tanda Visual)

Marking hanya berguna pada siang hari saja, sedangkan malam hari fungsi marking digantikan dengan sistem perlampuan. Warna yang dipakai biasanya putih pada landasan yang mempunyai perkerasan aspal, sedangkan warna kuning untuk taxiway dan apron. Pada dasarnya warnanya harus mencolok terhadap sekitarnya. Jadi, kalau landasan berwarna putih (landasan beton) harus diberi warna lain untuk markingnya.

Perencanaan Lighting (Perlampuan)

Pada lapangan terbang threshold bisa dikenali sebagai garis perlampuan menerus berwarna hijau dan melintang landasan dari tepi ke tepi dengan jarak tiap lampu sejauh 3m.

Unit-unit lampu tepi landasan dipasang tetap, ditinggikan sekitar 30cm di atas perkerasan. Setiap lampu dirancang dengan lensa khusus sehingga pertemuan sinar dua lampu yang bersebelahan hanya bisa menyinari ke arah bawah perkerasan.

Lampu tepi taxiway berwarna biru sedangkan lampu sumbu taxiway berwarna hijau dengan jarak tiap lampu 60m.

METODOLOGI PENELITIAN

Metode Penelitian

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

- Study literatur: Membaca buku dan tulisan ilmiah yang berhubungan dengan penulisan ini.
- Data sekunder: Data yang diperoleh dari kantor instansi terkait yaitu BPS, BMKG dan Bandar udara Pitu.

Metodologi Pelaksanaan Penelitian

Penelitian dilakukan dengan cara pengumpulan data yang diperlukan untuk perencanaan pengembangan bandar udara Pitu Morotai.

Perencanaan panjang landas pacu (runway), didasarkan pada pesawat rencana dan di koreksi dengan faktor elevasi landasan, temperatur dan slope. Dalam menentukan lebar landasan pacu, kemiringan memanjang (longitudinal), kemiringan melintang (transversal), jarak pandang (sight distance) pada landasan, stopway



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

(over run) dan clearway mengacu pada persyaratan yang dikeluarkan ICAO (International Civil Aviation Organisation).

Perencanaan taxiway dan apron didasarkan pada data pesawat rencana dan berpedoman pada persyaratan yang dikeluarkan ICAO (International Civil Aviation Organisation).

Perencanaan perkerasan runway dan taxiway (flexibel pavement); dan apron (rigid pavement), didasarkan pada data pesawat rencana dan data tanah. Perencanaan tersebut mengacu pada metode yang dikembangkan oleh FAA (Federal Aviation Administration) dan PCA (Portland Cement Afiation).

Perencanaan terminal area beserta fasilitas yang akan diperlukan didasarkan pada hasil analisa perkembangan arus lalu lintas udara serta jumlah gerakan pesawat terbang dan penumpang pada jam sibuk dimasa yang akan datang.

Sedangkan untuk perencanaan *marking* (tanda-tanda visual) dan perlampuan mengacu pada persyaratan yang dikeluarkan ICAO (*International Civil Aviation Organisation*) dan FAA (*Federal Aviation Administration*).

Analisa Data

Didalam merencanakan pengembangan suatu bandar udara kita harus membuat suatu ramalan atau perkiraan mengenai arus lalu lintas udara dimasa yang akan datang. Pengembangan bandar udara di dasarkan pada ramalan dan permintaan (*Forecasting and Demand*). Pada dasarnya peramalan dapat di golongkan menjadi tiga bagian yakni:

- Peramalan jangka pendek sekitar 5 Tahun
- Peramalan jangka menengah sekitar 10 Tahun
- Peramalan jangka panjang sekitar 20 tahun.

Ramalan jangka panjang 20 tahun hanyalah pendekatan karena semakin jauhnya jangka suatu ramalan, maka ketepatan dan ketelitiannya akan berkurang. Ada beberapa cara untuk meramalkan permintaan (*demand*) di waktu yang akan datang. Tiap-tiap metode peramalan bisa mempunyai perbedaan yang sangat besar. Ada metode yang rumit, tetapi mempunyai dugaan yang mendekati kebenaran. Tetapi ada juga metode memuaskan untuk jangka waktu panjang.

Metode peramalan (*forecasting*) terdiri dari beberapa metode peramalan yang salah satunya adalah metode kecenderungan (*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.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Eksisting Bandar Udara Pitu Morotai

Nama Kabupaten : Pulau Morotai
 Nama Bandara : Pitu
 Kelas Bandara : III (Tiga)
 Pengelola : Ditjen Perhubungan Udara Kementerian Perhubungan
 Jam Operasional : 08.00-17.00
 Kemampuan Operasi : ATR 72-500/600
 Koordinat Lokasi : 128°19'27,13"BT 2°2'46,5"LU
 Arah dan No. Runway : 09-27
 Elevasi : 15 MDPL

Runway Area (Daerah Landasan Pacu):

Panjang *Runway* : 2400 m

Lebar *Runway* : 30 m

Taxiway (Landas Hubung):

Lebar *Taxiway* : 25 m

Apron : 285x80 m

Analisa Arus Lalu Lintas Udara Tahunan

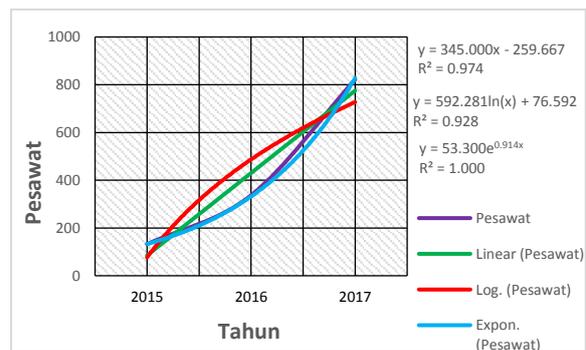
Analisa Penerbangan

Data pergerakan pesawat yang tiba dan berangkat di bandar udara Pitu Morotai adalah sebagai berikut:

Tabel 5 Data Penerbangan Tahun 2015-2017

TAHUN	PESAWAT
2015	132
2016	337
2017	821

Sumber: (Kantor Bandar Udara Pitu Morotai)



Gambar 2. Diagram Pergerakan Pesawat

Dari tabel perhitungan hasil regresi analisa pesawat diatas menunjukkan bahwa yang mempunyai koefisien korelasi terbesar dan yang mendekati data awal adalah analisa regresi eksponensial dengan $r = 1,0$. Jadi untuk meramalkan jumlah pesawat dimasa yang akan datang maka digunakan persamaan regresi eksponensial.

Tabel 6 Ramalan Jumlah Penerbangan

Tahun	X	Regresi Eksponensial
2027	10	1329,451
2032	15	1994,177
2037	20	2658,902

Analisa Penumpang

Data pergerakan penumpang yang tiba dan berangkat di bandar udara Pitu Morotai adalah sebagai berikut:

Tabel 7 Data Penumpang Dari Tahun 2015-2017

TAHUN	PENUMPANG
2015	2430
2016	33695
2017	46802

Sumber: (Kantor Bandar Udara Pitu Morotai)



Gambar 3. Diagram Pergerakan Penumpang

Dari tabel hasil perhitungan diatas menunjukkan bahwa yang mempunyai koefisien korelasi terbesar dan yang mendekati data awal adalah analisa regresi logaritma dengan $r = 0,996$. Jadi untuk meramalkan jumlah pesawat dimasa yang akan datang maka digunakan regresi logaritma.

Tabel 8 Ramalan Jumlah Penumpang

Tahun	X	Regresi Logaritma
2027	10	97385,365
2032	15	113967,689
2037	20	125733,035

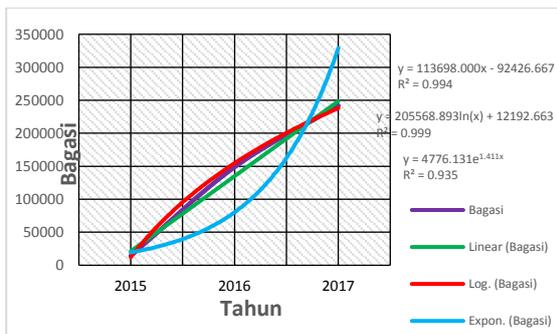
Analisa Bagasi

Data bagasi yang tiba dan berangkat di bandar udara Pitu Morotai adalah sebagai berikut:

Tabel 9 Data Bagasi Dari Tahun 2015-2017

TAHUN	BAGASI
2015	14.385
2016	148.742
2017	241.781

Sumber: (Kantor Bandar Udara Pitu Morotai)



Gambar 3 Diagram Pergerakan Bagasi

Dari tabel hasil perhitungan diatas menunjukkan bahwa yang mempunyai koefisien korelasi terbesar dan yang mendekati data awal adalah analisa regresi logaritma dengan $r = 0,999$. Jadi untuk meramalkan jumlah pesawat dimasa yang akan datang maka digunakan regresi logaritma.

Tabel 10. Ramalan Jumlah Bagasi

Tahun	X	Regresi Logaritma
2027	10	485532,532
2032	15	568883,545
2037	20	628022,030

Perencanaan Runway

Runway adalah jalur perkerasan yang digunakan oleh pesawat terbang untuk lepas landas (*take-off*) dan mendarat (*landing*). Ukuran runway yang ada pada bandar udara Pitu Morotai sekarang adalah 2800 x 45 m.

Arah Runway

Untuk merencanakan landas pacu (*runway*) ada dua 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. Arah runway yang dimiliki oleh bandar udara Pitu Morotai terletak pada arah 09 – 27.

Dari hasil analisa wind rose arah N-W 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 2800 m. Direncanakan akan didarati oleh pesawat Boeing 737-900 ER dengan kode landasan 4C mempunyai nilai ARFL (Aero Reference Field Length) = 2.256 m dan wingspan 34,3 m. Menurut ICAO panjang landasan harus dikoreksi terhadap temperatur, elevasi dan slope atau kemiringan sesuai dengan kondisi bandar udara Pitu Morotai yang ada. Adapun data-data yang diperoleh:

- Pesawat rencana = B 737-900 ER
- ARFL = 2.256 m
- Elevasi = 15 m
- Slope = 0,8%
- Temperatur = 28,25 ° C

Koreksi Terhadap Elevasi

$$L1 = 2.256 \times (1 + 0,07 \times \frac{15}{300})$$

$$= 2.279,69 \text{ m}$$

Koreksi Terhadap Temperatur

$$L2 = 2.279,69 \times [1 + 0,01 \times (28,25 - (15 - 0,0065 \times 15))]$$

$$= 2.584,05 \text{ m}$$

Koreksi Terhadap Slope

$$L3 = 2.584,05 \times (1 + 0,1 \times \frac{0,8\%}{1\%})$$

$$= 2.790,77 \text{ m} \approx \mathbf{2.800 \text{ m}}$$

Lebar Runway

Lebar runway yang direncanakan akan ditentukan berdasarkan pada kode huruf dan angka dari pesawat rencana, maka untuk pesawat rencana Boeing 737-900 ER sesuai dengan Aerodrome Reference Code yang dikeluarkan ICAO untuk ARFL > 1800 m mempunyai kode huruf C dan kode angka 4, sehingga bandar udara Pitu Morotai 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

Dalam menentukan *exit taxiway* di gunakan data-data sebagai berikut: Pesawat rencana b 737-900 ER dengan *design group C* (Jansen, 2007).

- $S1 = 222 \text{ Km/jam} = (222 \times 1000)/3600$
 $= 62 \text{ m/dt}$
- $S2 = 32 \text{ Km/jam} = 9 \text{ m/dt}$
- $a = 1,5 \text{ m/det}^2$
- Jarak *touchdown* = 450 m (untuk pesawat grup C dan D)

Diperoleh:

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

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

$$= 1.704,34 \text{ m} \approx \mathbf{1.704 \text{ m}}$$

Jadi $L0 = 1.704 \text{ m}$, $L0$ dihitung berdasarkan kondisi standart *sea level*.

Koreksi Terhadap Elevasi

$$L1 = 1.704 \times (1 + 0,03 \times \frac{15}{300})$$

$$= 1.706,56 \text{ m}$$

Koreksi Terhadap Temperatur

Syarat ICAO setiap kenaikan 5,6° C diukur dari 15° C (59° F), jarak bertambah 1%.

$$L2 = 1.706,56 \times \left[1 + 0,01 \times \frac{(28,25 - 15)}{5,6} \right]$$

$$L2 = 1.746,94 \text{ m} \approx \mathbf{1.747 \text{ m}}$$

Jadi jarak dari ujung *threshold* sampai titik awal *exit taxiway* dengan rencana b 737-900 ER adalah **1.747 m**, dari arah *runway* 09.

Lebar Taxiway

Berdasarkan pesawat rencana B 737-900 ER yang akan mendarat di bandar udara Pitu termasuk dalam kategori kelas 4C sehingga:

- Lebar *Taxiway* = 15 m
- Lebar total *Taxiway* dan *shoulder* = 25 m
- *Taxiway Strip* = 57 m
- Lebar Area yang diratakan untuk *Strip Taxiway* = 25 m

Jarak minimum antara landas pacu dan landas hubung dapat di peroleh dengan persamaan:

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

dimana:

LS = Lebar *Strip Area* Total

W_1 = Lebar *Wing Span* pada kode lapangan terbang tersebut.

Tabel 11. Dimensi *Taxiway*

	KODE HURUF TAXIWAY				
	E	D	C	B	A
Lebar <i>Taxiway</i>	23 m	23 m 18 m	18 m 15 m	10,5 m	7,5 m
Lebar Total <i>Taxiway</i> dan <i>Landasannya</i>	44 m	38 m	25 m		
<i>Taxiway Strip</i> Width	93 m	85 m	57 m	39 m	27 m
Lebar Area yang diratakan untuk <i>Strip Taxiway</i>	44 m	38 m	25 m	25 m	22 m

Sumber: (Basuki H, 1986. *Merancang dan Merencanakan Lapangan Terbang*, hal. 192)

Tabel 12 Lebar *Runway Strip*

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

Dari tabel diatas diperoleh lebar *runway strip* untuk lapangan terbang dengan kode angka 3 dan 4 untuk jenis pendekat instrumen adalah 150 m, dengan lebar total 300 m dan jarak minimum dari sumbu *runway* dan sumbu *taxiway* adalah 168 m.

Dikontrol dengan menggunakan rumus, diperoleh untuk klasifikasi bandara 4C maka lebar total 300 m dan pesawat rencana B 737-900 ER dengan kriteria *wingspan* (W_1) = 34,3 m didapat hasil sebagai berikut:

$$Jrt = 0,5 \times (300 + 34,3)$$

$$Jrt = 167,15 \text{ m} \approx 168 \text{ m}$$

Jadi jarak minimum dari sumbu *runway* dan sumbu *taxiway* di ambil adalah 168 m, untuk panjang *taxiway* diambil >168 m = 175 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 13 Radius *Fillet* Pada Pertemuan *Runway* dengan *Taxiway*

Angle of Intersection	Radius of Fillets			
	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 148)

PENUTUP

Kesimpulan

Dari perencanaan pengembangan bandar udara Pitu di Kabupaten Pulau Morotai Provinsi Maluku Utara didapat kesimpulan sebagai berikut:

- Perencanaan sisi darat (*land side*)
 - Luas gedung terminal 375 x 150 m = 56.250 m²;
 - Luas minimum gudang 14 x 5 m = 70 m²;
 - Luas area parkir diambil mendekati panjang gedung terminal 300 x 75 m = 22.500 m².
- Perencanaan sisi udara (*air side*)
 - Arah landas pacu dengan azimuth 09 – 27 telah memenuhi syarat ICAO yaitu minimal 95% arah angin dominan yang bertiup pada daerah tersebut dan arah landasan pacu masih sesuai dengan kondisi eksisting di lapangan;
 - Panjang landas pacu = 2.800 meter dan lebar *runway* = 45 meter;
 - Jarak dari *threshold* sampai titik awal *exit taxiway* = 1747 meter, lebar total *taxiway* dan *shoulder* = 25 meter;
 - Luas apron = 285 x 98 m = 27.930 m²;
 - Tebal perkerasan lentur (*flexible pavement*) = 31 inch. Tebal perkerasan kaku (*rigid pavement*) = 14,5 inch.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan kondisi bandar udara Pitu Morotai untuk saat ini, maka disarankan:

- Pemerintah perlu mengantisipasi lonjakan penumpang dengan merencanakan pengembangan bandar udara Pitu dengan pesawat yang lebih besar yaitu B 737-900 ER.
- Bandar Udara Pitu perlu meningkatkan fasilitas perlampuan dan pemarkaan, sehingga layanan penerbangan bisa ditingkatkan baik di malam hari maupun di siang hari.

DAFTAR PUSTAKA

- Apriana, Feriska, Freddy Jansen, dan Lintang 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
- Basuki, H. 1986. *Merancang dan Merencanakan Lapangan Terbang*. Alumni Bandung
- Direktorat Jenderal Perhubungan Udara. 2005. *Persyaratan Teknis Pengoperasian Fasilitas Teknik Bandar Udara*. Jakarta

- Direktorat Jenderal Perhubungan Udara. 2018. *Informasi Data Bandara Udara*. Bandar Udara Pitu Morotai
- Horonjeff, R. 1975. *Planning and Design of Airport*. Second Edition. New York Mac Graw-Hill Book Company
- International Civil Aviation Organization. 2005. *Annex 14, Part II – Taxiways, Aprons and Holding Bays*. Fourth Edition. Canada
- International Civil Aviation Organization. 2013. *Annex 14, Volume I - Aerodrome Design and Operations*. Sixth Edition. Canada
- Khana, S.K & Aurora, M.G. 1979. *Airport Planning and Design*. Third Edition. India, New Chand & Bross.
- Packard, R. G. 1995. *Design of Concrete Airport Pavement*.
- Tompodung, Gabriella Trifianny, Mecky Manoppo, Freddy Jansen. 2018. *Perencanaan Pengembangan Bandar Udara Gamarmalamo Di Kabupaten Halmahera Utara Provinsi Maluku Utara*. Jurnal Sipil Statik Vol.6 No.9 September 2018 (629-640) ISSN: 2337-6732
- Tulungen, Bryan Barsel, Freddy Jansen, Mecky R. E. 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 Sartono, H. 1992. *Airport Engineering*.
- Wignall, A. 2004. *Proyek Jalan Teori dan Praktek*.