

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Umum

Pada studi pengembangan ini digunakan metode - metode yang menyangkut bandar udara dan disesuaikan dengan data yang ada di lapangan. Dengan demikian diharapkan hasil yang diperoleh dapat sesuai dengan yang direncanakan dan dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

3.2. Perencanaan Panjang Landasan Pacu

Kebutuhan panjang landasan untuk perencanaan lapangan terbang telah dibuat persyaratannya oleh FAA. 150/5324-4 atau ICAO. DOC 7920-AN/865 *part Lairy Craft Characteristic*, untuk menghitung panjang landasan berbagai macam jenis pesawat. Dalam semua perhitungan untuk panjang landasan pacu dipakai suatu standar yang disebut ARFL (*Aeroplane Reference Field Length*). Menurut ICAO (*International Civil Aviation Organization*), ARFL (*Aeroplan Reference Field Length*) adalah landasan pacu minimum yang dibutuhkan pesawat untuk lepas landas, pada saat *maximum takeoff weight*, elevasi muka laut, kondisi standar atmosfer, keadaan tanpa ada angin bertiup, landasan pacu tanpa kemiringan. Dalam merencanakan panjang landasan pacu kita harus melakukan penyesuaian (koreksi) dengan standar yang ada.

3.3. Karakteristik pesawat terbang

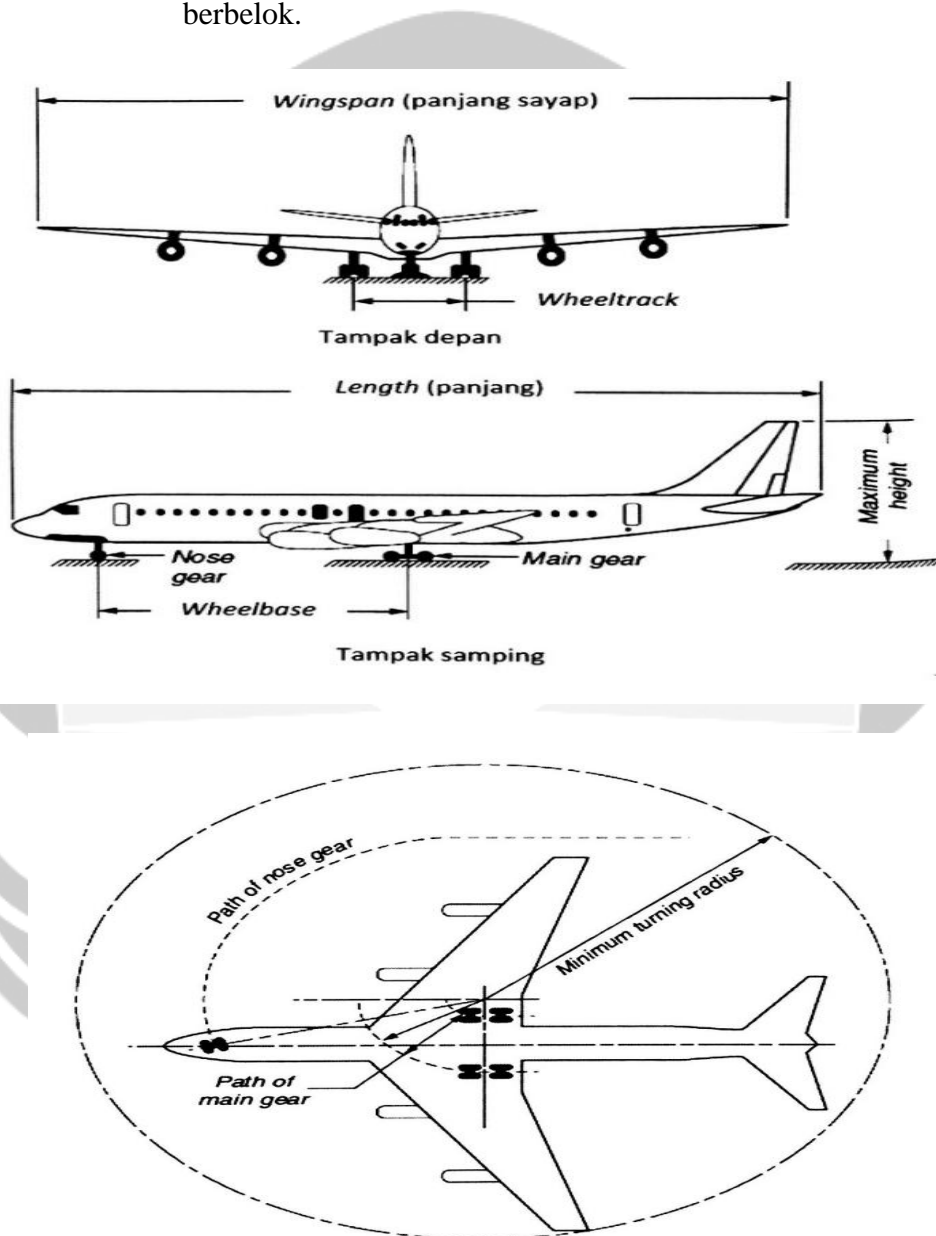
Dalam perencanaan atau pengembangan bandar udara beserta dengan fasilitasnya, diperlukan data-data berupa jenis pesawat terbang dan kapasitas angkutnya. Pada operasi penerbangan saat ini, kapasitas angkutan penumpang dimulai dari 10 sampai 140 penumpang. Sedangkan untuk penentuan karakteristik pesawat terbang, terdiri dari:

a. Standar Dimensi

Gambaran tentang karakteristik pesawat terbang. Beberapa istilah yang terkait dengan dimensi pesawat terbang yang penting terhadap perencanaan dan perancangan bandar udara, yaitu:

- *Length* (panjang) didefinisikan sebagai jarak dari ujung depan badan pesawat sampai ke ujung belakang ekor pesawat yang dikenal sebagai *empennage*.
- *Wingspan* (panjang sayap) adalah sebuah jarak dari ujung sayap ke ujung sayap lainnya pada sayap utama pesawat.
- *Maximum height* (tinggi maksimum) adalah sebagai jarak dari lantai dasar (*ground*) sampai puncak bagian ekor (*tail*) pesawat.
- *Wheelbase* sebuah pesawat terbang didefinisikan sebagai jarak antara as roda pendaratan utama pesawat dengan as roda depan, pada kasu pesawat *tail-wheel*.
- *Wheel Track* adalah jarak antara as roda terluar dari *main landing gear* pesawat. *Wheel base* dan *wheel track* digunakan untuk menetapkan radius putar minimum (*turning radius*) yang

berperan penting dalam perencanaan *taxiway turnoffs*, *taxiway intersections* dan daerah lainnya di bandara yang digunakan untuk berbelok.



Gambar 3.1. Dimensi Pesawat dan *Turning Radius* (Horonjef, dk, 2010(4))

Berikut adalah penggolongan karakteristik pesawat terbang berdasarkan jenis pesawat udara yang di tampilkan dalam tabel 3.1, yaitu:

Tabel 3.1 Tabel Karakteristik Pesawat Terbang

No	Jenis Pesawat Udara	Bentang Sayap (m)	Panjang Pesawat (m)	Jarak Sumbu Roda (feet)	Jumlah dan Tipe Mesin	Maksimal Penumpang (orang)	Jarak Tempuh (km)	Tinggi Maksimum (m)	Panjang Runway (ARFL) (m)	MTOW	MLW	ICAO Kode
1.	Boeing 737-800	34,30	39,50	15,60	2 x Turbofan (117,3 kN)	160 – 184	5425	12,5	2090	70534kg / lbs	65317 kg / lbs	4C
2.	Boeing 737-900ER	27,05	40,67	35,79	2 x Turbofan (117,3)	177 - 215	5900	12,55	2240	74389 kg / lbs	66361 kg / lbs	4C
3.	Boeing 737-500	29,79	28,88	11,07	2 x Turbofan (89,kN)	108 – 149	3515	11,15	2470	52390 kg / lbs	49896 kg / lbs	4C
4.	CJR1000	39,10	26,20	21,00	2 x Turbofan (64,5 kN)	104	2491	7,50	2120	41640 kg / lbs	36968 kg / lbs	4C
5.	ATR 72-500	27,05	27,16	10,77	2 x PW 12 F	68 – 74	1500	7,65	1215	22800 kg / lbs	22350 kg / lbs	4C
6.	Grand Caravan 208	15,88	11,46		1 x turboprop (503 kW)	13	1,982	4,55			3538 kg / lbs	

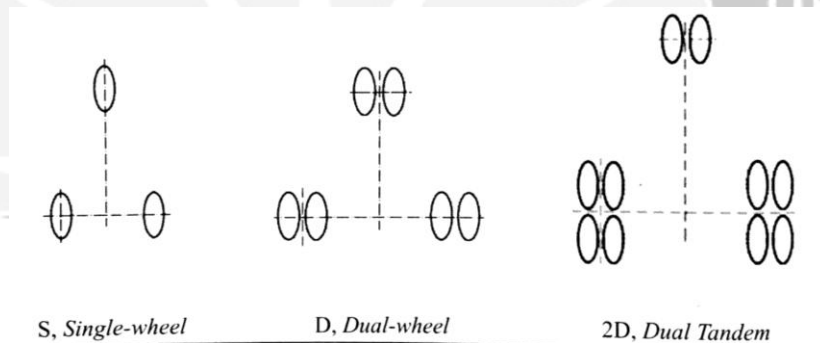
Sumber: Bandar Udara, Edisi Pertama, UGM 2016

b. Konfigurasi Roda Pendaratan (*Landing Gear*)

Konfigurasi roda berperan penting dalam mendistribusikan berat pesawat ke permukaan yang ditumpangnya, dengan kata lain berperan besar terhadap desain perkerasan pesawatnya.

Terdapat beberapa definisi dalam konfigurasi roda pesawat yaitu:

1. *Single wheel configuration* (konfigurasi roda tunggal)
2. *Dual-wheel configuration* (konfigurasi roda ganda)
3. *Dual tandem configuration* (konfigurasi roda ganda tandem)



Konfigurasi roda pesawat ini dapat dilihat pada gambar 3.2 dibawah ini:

Gambar 3.2 *Basic Landing Configuration*

(Sumber: FAA, 2005)

Untuk pesawat-pesawat dengan tipe *Transport Aircraft* (TA) besar memiliki *landing gear configuration* (konfigurasi roda pendaratan) yang kompleks, antara lain Boeing 747, Boeing 777, dan Airbus A-380.

Kerumitan dan keberagaman *landing gear configuration* ini menginisiasi FAA untuk membuat standar penamaan untuk *landing gear configuration*. Contoh penamaan ini ditunjukkan pada tabel 3.2

Table 3.2 contoh standar penamaan *landing gear configuration* (FAA, 2005[29])

FAA NAME	FAA Designation	Contoh Tipikal Pesawat
<i>Single wheel</i>	S	F-14, F-15
<i>Dual wheel</i>	D	Beech 1900
<i>Singel tandem</i>	2S	C-130
<i>Dual tandem</i>	2D	Boeing 757
<i>Doubel dual tandem</i>	2D/2D2	Boeing 747
<i>Tripel tandem</i>	3D	Boeing 777
<i>Dual Tandem plus tripel tandem</i>	2D/3D2	Airbus A-380

c. Beban Pesawat

Menurut Basuki (1986) adapun beberapa jenis beban pesawat yang berhubungan dengan pengoperasiannya, sebagai berikut :

- Beban Kosong Operasi (*Operating Weight Empty*)

Adalah berat dasar suatu pesawat yang sudah termasuk awak dan peralatan pesawat tetapi tidak termasuk berat dari bahan bakar pesawat maupun penumpang dan suatu ataupun barang yang dikenai biaya untuk mengangkutnya.

- Muatan Berbayar (*Pay Load*)

Adalah muatan (barang / penumpang) yang diperbolehkan untuk diangkut ke dalam pesawat sesuai persyaratan yang dikenai biaya dan bisa menghasilkan pendapatan bagi perusahaan.

- Berat Bahan Kosong (*Zero Fuel Weight*)

Adalah suatu batasan berat yang sesuai dengan spesifikasi setiap jenis pesawat termasuk tambahan berat bahan bakar, sehingga pada saat pesawat terbang tidak terjadi momen lentur yang berlebihan pada sambungan.

- Beban Ramp Maksimum (*Maximum Ramp Weight*)

Beban maksimum pesawat yang diizinkan pada saat melakukan pergerakan/ berjalan dari apron menuju pangkal landas pacu, dan terjadi pembakaran bahan bakar yang menyebabkan kehilangan berat pada pesawat tersebut.

3.4. Klasifikasi Lapangan Terbang

Untuk menetapkan standard perencanaan geometrik bagi berbagai ukuran lapangan terbang dan fungsi pelayanannya, telah dibuat klasifikasi lapangan terbang antara lain:

- a. Klasifikasi menurut ICAO (*International Civil Aviation Organisation*)

ICAO membagi kelas-kelas lapangan terbang berdasarkan panjang lapangan terbang dengan kode huruf (A, B, C, D, E), tidak berdasarkan

fungsi dari bandar udara. Dan panjang landasan itu didasarkan pada kode nomor, dan kode huruf sesuai kemudian nilai ARFL (*Aeroplane Reference Field Length*) di dapatkan.

ARFL adalah panjang landasan minimum yang di perlukan untuk lepas landas suatu pesawat terbang dengan ketentuan yang ada, setiap jenis pesawat terbang mempunyai ARFL sendiri yang tercantum Dalam manual yang dibuat oleh pabrik yang memproduksi pesawat tersebut.

(Lihat Tabel 3.3 dan 3.4).

Tabel 3.3 Pemberian Kode bagi Bandar Udara oleh ICAO

(*Aerodrome Reference Code*)

Unsur Kode 1	
Code Number	Aeroplane Reference Field Length (feet)
1	$L < 800$
2	$800 > L > 1200$
3	$1200 > L > 1800$
4	$L > 1800$

Sumber: Horenjeff 1988

Tabel 3.4 Pemberian Kode bagi Bandar Udara oleh ICAO
(*Aerodrome Reference Code*)

Unsur Kode 2		
Code Letter	Lebar Sayap	Jarak Terluar
A	< 15M	< 4,5 M
B	15 - 24M	4,5 - < 6 M
C	24 - 36M	6 - < 9 M
D	35 - 52 M	9 - < 14 M
E	52 - 60 M	9 - < 14 M

Sumber: Horenjeff 1988

Dari pembagian kelas-kelas lapangan terbang berdasarkan panjang landas pacu diatas, dalam perhitungan panjang landas pacu minimum dihitung menggunakan metoda ARFL.

b. Klasifikasi menurut FAA

Dalam perencanaan geometris lapangan terbang, FAA membagi 2 kelas yaitu pengangkutan udara (*Air Carrier*) dan pesawat-pesawat umum (*General Aviation*). Pesawat umum (*General Aviation*) dibagi sebagai berikut .

- Bandar Udara utilitas (*utility airport*)
- *Basic Utility stage I*
- *Basic Utility stage II*
- *General Utility*

- *Basic Transport dan General Transport*

Tabel 3.5. Klasifikasi Kategori berdasarkan *Aircraft Approach Category*
(FAA)

Kategori pendekatan	Kecepatan Mendekati Landasan (knots)
A	Kurang dari 91
B	91 - 120
C	121 - 140
D	141 - 165
E	166 atau lebih besar

Tabel 3.6. *Airplane Design Group* (FAA)

Nomor Group	Tinggi Ekor (Tail Height)	Lebar Sayap (Wingspan)
I	< 6 m	< 15 m
II	6 m - 9 m	15 m - < 24 m
III	9 m - <13,5 m	24 m - < 36 m
IV	13,5 m - < 18,5 m	36 m - < 52 m
V	18,5 m - < 20 m	52 m - < 65 m
VI	20 m - < 24,5 m	65 m - < 80 m

Sumber: Horenjeff 1988

FAA menggunakan dua penanda Airport Reference Code (ARC) yang meliputi sebagai berikut:

1. Kategori berdasarkan aircraft approach category (Tabel 3.5), yaitu kecepatan pesawat pada saat landing, yang didefinisikan sebagai $1,3 \times$

stall speed (kehilangan daya angkat) pada konfigurasi pendaratan pesawat dengan berat maksimum pendaratan (MDLW)

2. Nomor group yang memperhitungkan *tail height* (tinggi ekor) dan *wingspan* (lebar sayap) pesawat (Tabel 3.6.)

Tabel 3.7 Ukuran Pesawat yang berhubungan dengan Taxiway

	Kelompok Rancangan Landas-Hubung/Pesawat Terbang			
	I	II	III	IV
Ukuran pesawat, kaki				
Bentang sayap	Sampai 120	Sampai 167	Sampai 200	Sampai 240
Lebar antar roda utama	Sampai 30	Sampai 41	Sampai 41	Sampai 50
Jarak roda utama dan roda depan	Sampai 60	Sampai 87	Sampai 87	Sampai 104
Tipe pesawat	B-727-100 B-737 BAC 1-11 CV 580 DC-9	B-707 B-727-200 B-757 B-767 DC-10 L-1011	B747	Belum ada

Sumber : Horonjeff.1983 : 289

3.5. Konfigurasi Bandar Udara

Konfigurasi bandar udara adalah jumlah dan arah (orientasi) dari landasan serta penempatan bangunan terminal termasuk lapangan parkirannya yang berkaitan dengan landasan itu. Jumlah landasan bergantung pada volume lalu lintas, sedangkan orientasi landasan bergantung pada arah angin dominan yang bertiup. Dalam perencanaan dan pengembangan bandar udara juga dipengaruhi oleh luas tanah yang tersedia.

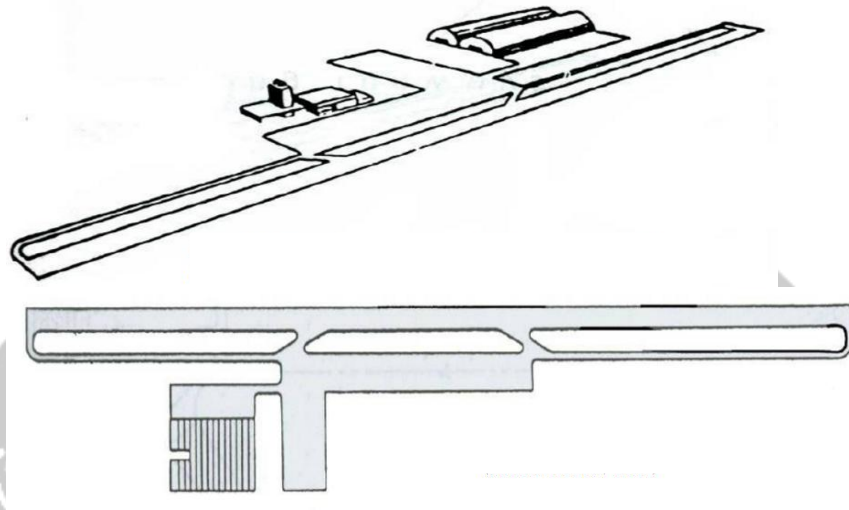
3.6. Konfigurasi landasan pacu (runway)

Menurut Horonjeff (1993), sistem *runway* terdiri atas perkerasan struktur, bahu landasan (*shoulder*), bantal hembusan (*blast pad*) dan daerah aman *runway* (*runway end safety area*).

Konfigurasi *runway* ada bermacam-macam dan konfigurasi itu biasanya merupakan kombinasi dari beberapa macam konfigurasi dasar (*basic configuration*). Konfigurasi dasar tersebut yaitu:

a. Landasan Pacu Tunggal

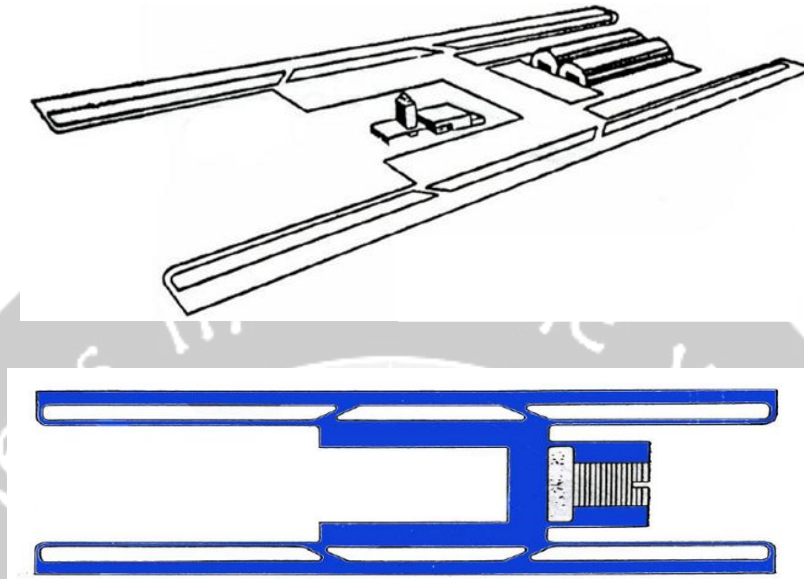
Konfigurasi ini merupakan konfigurasi yang paling sederhana. Kapasitas *runway* jenis ini dalam kondisi VFR (*Visual Flight Rule*) berkisar antara 45-100 operasi per jam, sedangkan dalam kondisi IFR (*Instrument Flight Rule*) kapasitasnya berkurang menjadi 40-50 operasi, tergantung pada komposisi pesawat campuran dan tersedianya alat bantu navigasi.



Gambar 3.3 Landasan Pacu Tunggal

b. Landasan Pacu Paralel

Kapasitas sistem sangat tergantung pada jumlah *runway* dan jarak diantaranya. Untuk *runway* sejajar berjarak rapat, menengah dan renggang kapasitasnya per jam dapat bervariasi di antara 100 sampai 200 operasi dalam kondisi VFR, tergantung pada komposisi campuran pesawat terbang. Sedangkan dalam kondisi IFR kapasitas per jam untuk jarak rapat berkisar antara 50 sampai 60 operasi, tergantung pada komposisi campuran pesawat terbang. Untuk *runway* sejajar yang berjarak menengah kapasitas per jam berkisar antara 60 sampai 75 operasi dan untuk berjarak renggang antara 100 sampai 125 operasi.



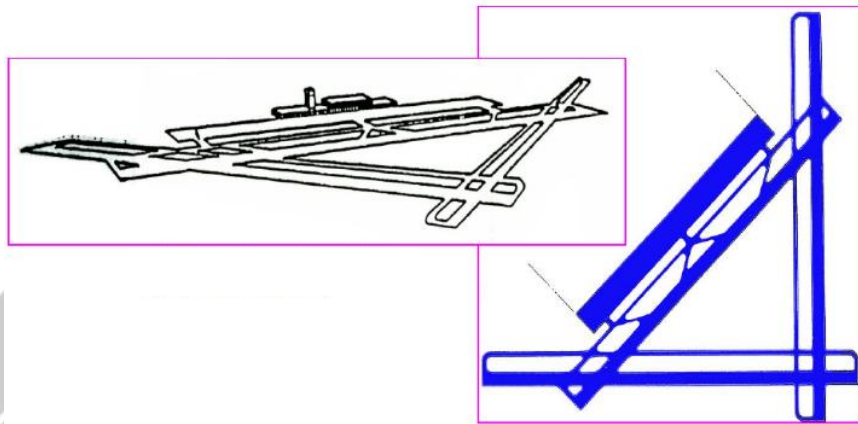
Gambar 3.4 Landasan Pacu Paralel

c. Landasan Pacu Dua Jalur

Runway dua jalur dapat menampung lalu lintas paling sedikit 70% lebih banyak dari *runway* tunggal dalam kondisi VFR dan kira-kira 60% lebih banyak dari *runway* tunggal dalam kondisi IFR.

d. Landasan Pacu yang Berpotongan

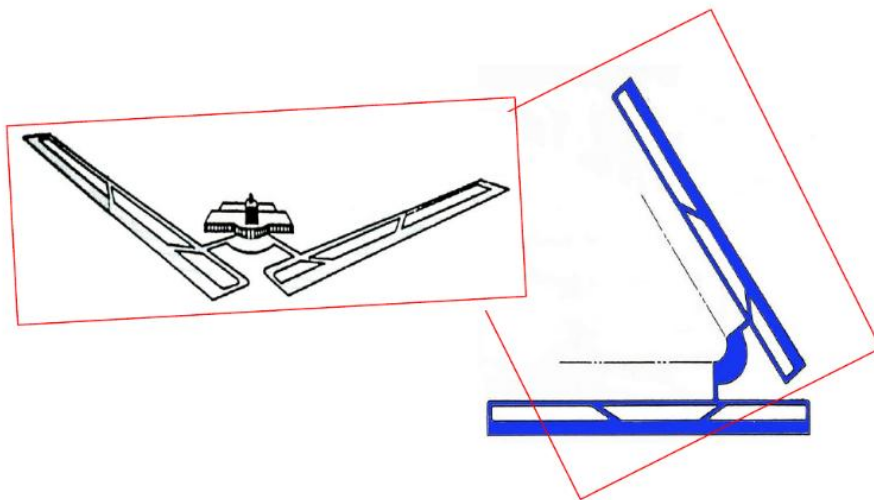
Kapasitas *runway* yang bersilangan sangat tergantung pada letak persilangannya dan cara pengoperasiannya. Makin jauh letak titik silang dari ujung lepas landas *runway* dan ambang (*threshold*) pendaratan, kapasitasnya makin rendah. Kapasitas tertinggi dicapai apabila titik silang terletak dekat dengan ujung lepas landas dan ambang pendaratan.



Gambar 3.5 Landasan Pacu Berpotongan

e. Landasan Pacu V-Terbuka

Runway V-terbuka merupakan *runway* yang arahnya memencar (*divergen*) tetapi tidak berpotongan. Strategi yang menghasilkan kapasitas tertinggi adalah apabila operasi penerbangan dilakukan menjauhi V.



Gambar 3.6 Landasan Pacu V-Terbuka

Sedangkan menurut Basuki (1986) pada dasarnya landasan pacu diatur sedemikian rupa untuk:

- a. Memenuhi persyaratan (*separation*) pemisahan lalu lintas udara.
- b. Meminimalisasi gangguan akibat operasional suatu pesawat dengan pesawat lainnya, serta akibat penundaan pendaratan.
- c. Memberikan jarak landas hubung yang sependek mungkin dari daerah terminal menuju landasan pacu.
- d. Memberikan jumlah landasan hubung yang cukup sehingga pesawat yang mendarat dapat meninggalkan landasan pacu secepat mungkin dan mengikuti rute yang paling pendek ke daerah terminal.

3.7. Prakiraan volume penumpang

Suatu rencana bandar udara harus dikembangkan berdasarkan prakiraan (*forecast*). Dari prakiraan permintaan dapat ditetapkan evaluasi keefektifan berbagai fasilitas - fasilitas bandar udara. Pada umumnya prakiraan dibutuhkan untuk jangka pendek, menengah dan jangka panjang atau kira - kira 5, 10, dan 20 tahun. Makin panjang jangka prakiraan, ketepatannya makin berkurang dan harus dilihat sebagai suatu pendekatan saja. Teknik prakiraan yang paling sederhana adalah memproyeksikan ke masa depan kecenderungan volume perjalanan dimasa lalu.

Untuk memperkirakan karakteristik kebutuhan mendatang, prediksi yang masuk akal adalah suatu keharusan. Data yang diperlukan untuk estimasi mendatang seperti jumlah pesawat, penumpang, barang, surat, termasuk informasi yang sangat berkaitan meliputi:

- a) area yang dilayani oleh lapangan terbang,
- b) asal tujuan dari perjalanan.
- c) karakteristik dari pertumbuhan penduduk dan populasi,
- d) karakteristik ekonomi dari suatu daerah seperti: tingkat pendapatan (*income* per kapita), jenis dan tingkat aktivitas masyarakat, dan akomodasi yang tersedia.
- e) Kecenderungan terhadap moda perjalanan
- f) Kecenderungan pergerakan lalu-lintas secara nasional
- g) Karakteristik daerah yang berdekatan dengan lapangan terbang
- h) Pertimbangan faktor geografis
- i) Tingkat persaingan moda pesawat dengan moda lain.

Dalam memprakirakan volume penumpang dimasa depan, penulis menggunakan Metoda ekstrapolasi garis kecenderungan yaitu merupakan salah satu metode yang sering digunakan dalam peramalan lalu lintas udara. Metode ini didasarkan pada konsep *time series*, dimana suatu pengujian pola data historis kegiatan dan menganggap bahwa faktor-faktor yang menentukan variasi lalu lintas pada masa lalu menunjukkan hubungan yang serupa pada masa yang akan

datang serta analisis dilakukan dengan memperhatikan pola kecenderungan data yang ada. Tiga model garis pada metode ini adalah sebagai berikut.

1. Ekstrapolasi linier

Metode Ekstrapolasi linier yaitu berpedoman bahwa jumlah pangkat dua dari jarak antara titik-titik dengan garis regresi harus sekecil mungkin. Garis linier menunjukkan dua variabel dengan persamaan umum $Y = a \pm b.X$, maka koefisien a dan b dapat dihitung dengan rumus:

$$a = \frac{(\sum Y) X^2 - (\sum X)(\sum XY)}{n X^2 - (\sum X)^2} \dots\dots(3.1.)$$

$$b = \frac{n(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{n X^2 - (\sum X)^2} \dots\dots(3.2)$$

keterangan: Y = jumlah pengguna jasa transportasi,

X = tahun pengamatan,

n = jumlah tahun pengamatan.

Peramalan dapat dilakukan jika data pada masa lalu menunjukkan adanya hubungan yang artinya variabel yang dihasilkan variabel bebas mempunyai pola teratur. Kuat tidaknya hubungan tersebut diukur dengan nilai koefisien korelasi (r) dengan rumus sebagai berikut.

$$r = \frac{n(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{[\sum n X^2 - (\sum X)^2 (\sum n Y^2 - (\sum Y)^2)]} \dots\dots(3.3)$$

Jika nilai $r = 1$ maka sifat hubungannya adalah sempurna dan positif, sedangkan jika $r = (-1)$ maka sifat hubungannya adalah sempurna dan negatif. Jika $r = 0$ maka tidak ada hubungan. Bila koefisien korelasi $\neq 1$ maka ada sifat-sifat lain yang mempengaruhi hubungan tersebut. Pengaruh tersebut dinyatakan dengan koefisien penentu (*coefisient of determination*) dengan rumus : $Kp = r^2$ dengan r adalah koefisien korelasi.

2. Ekstrapolasi eksponensial

Pasangan variabel (X_i, Y_i) untuk $i=1,2,3,\dots,n$ apabila dihitung dengan persamaan regersi eksponensia, maka diperoleh modelnya: $Y = a e^{bX}$ disebut regresi eksponensial Y terhadap X , merupakan variabel tak bebas. Untuk:

X = Variabel bebas

a, b = parameter

e = bilangan pokok nolaritma asli = 2,7183 dan $Y_i > 0$.

Persamaan $Y = b e^{aX}$, ditransformasi menjadi persamaan linier fungsi (ln) menjadi

$$\ln Y = \ln a e^{bX}$$

$\ln Y = \ln a + bX \ln e$ karena $\ln e = 1$, maka:

$\ln Y = \ln a + bX$, merupakan persamaan fungsi semi logaritmik antara $\ln Y$ dan X , dan merupakan persamaan garis dengan lurus gradien b dan memotong sumbu $\ln Y$ di $\ln a$.

$$A = \frac{\sum X \sum X^2 - \sum X \sum XP}{n \sum X^2 - (\sum X)^2} \dots\dots\dots(3.4.)$$

$$B = \frac{n \sum XY - \sum X \sum P}{n \sum X^2 - (\sum X)^2} \dots\dots\dots(3.5.)$$

Persamaan regresinya dengan rumus

$$R = \frac{n \sum XP - \sum X \sum P}{\sqrt{n \sum X^2 - (\sum X)^2} \sqrt{n \sum P^2 - (\sum Y)^2}} \dots\dots\dots(3.6)$$

3. Ekstrapolasi modifikasi eksponensial

Metode ini menggunakan rumus sebagai berikut. Y adalah nilai data yang diramal, X adalah tahun pengamatan, t adalah interval waktu, P₁ adalah nilai data pada tahun ke X_{p1}, P₂ adalah nilai data pada tahun ke X_{p2}, P₃ adalah nilai data pada tahun ke X_{p3} dan P₄ adalah nilai data pada tahun ke X_{p4}.

$$Y = AX^B.$$

$$\ln Y = \ln A + B \ln X$$

$$\ln A = \frac{\ln Y - B \ln X}{n} \dots\dots\dots(3.7)$$

$$b = \frac{n(\sum \ln X \ln Y) - (\sum \ln X)(\sum \ln Y)}{n(\sum \ln X)^2 - (\sum \ln X)^2} \dots\dots\dots(3.8)$$

keterangan: Y = nilai data yang diramal,

X = tahun pengamatan,

Koefisien korelasi dapat dicari dengan analogi berikut.

$$Y = a + b \ln X$$

$$\ln Y = \ln A + B \ln X,$$

$$r = \frac{n(\sum \ln X \ln Y) - (\sum \ln X)(\sum \ln Y)}{n(\sum (\ln X)^2) - (\sum \ln X)^2} \cdot \frac{1}{[n(\sum (\ln Y)^2) - (\sum \ln Y)^2]} \dots (3.9)$$

