

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 Standar Perencanaan Bandar Udara

ICAO dan *FAA*, keduanya telah membuat persyaratan-persyaratan bagi sebuah lapangan terbang baru ataupun lapangan terbang yang dikembangkan lagi, dengan tujuan agar terdapat keseragaman, kriteria perencanaan sehingga bisa dipakai oleh perencana untuk pedoman.

Kriteria-kriteria yang dibuat antara lain mengenai, lebar landasan, *helling* dan lebar area pendaratan harus memenuhi kebutuhan lebar sayap pesawat yang bermacam-macam itu, juga harus memenuhi kebutuhan berbagai teknik pilot mengudara serta kondisi cuaca. Terdapat tiga persyaratan dalam perencanaan bandar udara serta faktor yang mempengaruhi ukuran bandara menurut *ICAO* serta *FAA*.

3.2.1. Karakteristik pesawat terbang

Perencanaan atau pengembangan terhadap bandar udara beserta dengan fasilitasnya, sebelum dilakukan diperlukan mengetahui terlebih dahulu terhadap jenis pesawat terbang secara umum untuk merencanakan bandara dan prasarananya. Untuk saat ini pesawat yang digunakan pada operasi penerbangan saat ini mempunyai kapasitas yang bervariasi mulai dari 10 sampai 30 penumpang.

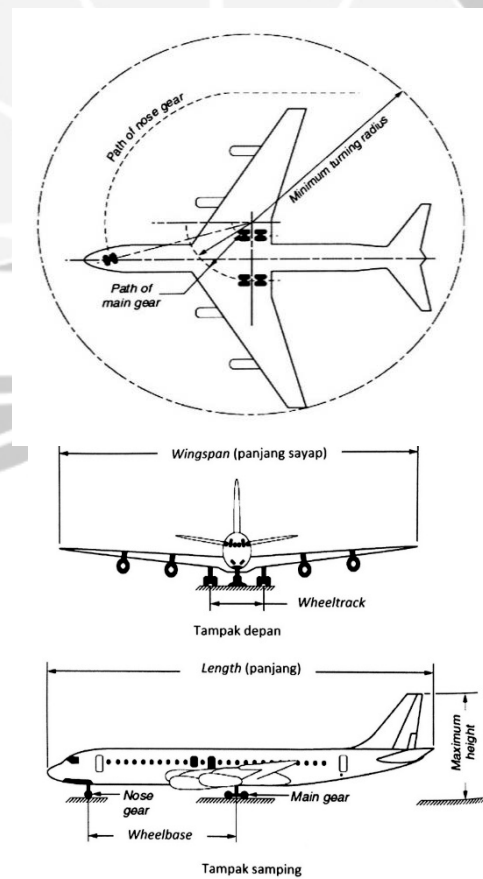
a. Standar dimensi

Gambaran tentang karakteristik pesawat terbang transport utama dapat dilihat dalam tabel 3.1 yang lengkap dengan ukuran-ukuran mengenai berat, kapasitas angkut dan panjang landas pacu yang dibutuhkan, dan serta ada pula gambar mengenai istilah-istilah yang berhubungan dengan ukuran pesawat.

Gambar 3.1 menunjukkan beberapa istilah yang terkait dengan dimensi pesawat terbang yang penting terhadap perencanaan dan perancangan Bandar udara.

- 1) *Length* (panjang) didefinisikan sebagai jarak dari ujung depan badan pesawat sampai ke ujung belakang ekor pesawat yang dikenal sebagai *empennage*.
- 2) *Wingspan* (panjang sayap) adalah sebuah jarak dari ujung sayap ke ujung sayap lainnya pada sayap utama pesawat.
- 3) *Maximum height* (tinggi maksimum) adalah sebagai jarak dari lantai dasar (*ground*) sampai puncak bagian ekor (*tail*) pesawat.

- 4) *Wheelbase* sebuah pesawat terbang didefinisikan sebagai jarak antara as roda pendaratan utama pesawat dengan as roda depan, pada kasus pesawat *tail-wheel*.
- 5) *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.

Tabel 3.1 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

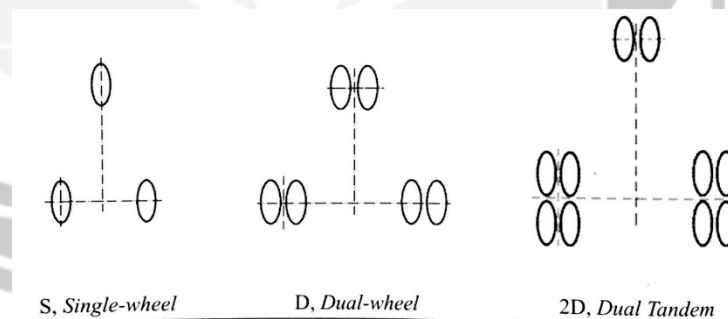
b. Konfigurasi roda pendaratan (*landing gear*)

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.

Tabel.3.2 Contoh standar penamaan *loading gear configuration* (FAA, 2005)

FAA NAME	FAA Designation	Contoh Pesawat	Tipikal
<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 dibagi menjadi empat kategori.

1) Beban kosong operasi (*operating weight empty*)

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.

2) Muatan berbayar (*pay load*)

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

3) Berat bahan kosong (*zero fuel weight*)

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.

4) 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.

3.2.2 Klasifikasi lapangan terbang

Untuk menetapkan standar perencanaan geometrik bagi berbagai ukuran lapangan terbang dan fungsi pelayanannya, telah dibuat klasifikasi lapangan terbang.

Klasifikasi menurut ICAO (*International Civil Aviation Organisation*) .ICAO membagi kelas-kelas lapangan terbang berdasarkan panjang saja dengan kode huruf (A,B, C, D, dan E), tidak berdasarkan fungsi dari bandar udara. Dan panjang landasan itu didasarkan pada kode nomor, dan kode huruf sesuai kemudian nilai ARFL di dapatkan. (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	<i>Aeroplane Referance Field Length</i> (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

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

a. Klasifikasi menurut FAA

Dalam perencanaan geometris lapangan terbang, FAA membagi 2 kelas yaitu pengangkutan udara (*air carrier*) dan pesawat-pesawat umum (*general aviation*).

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 (<i>knots</i>)
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)*

Nomopr Group	Tinggi Ekor (<i>Tail Height</i>)	Lebar Sayap (<i>Wingspan</i>)
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 $1,3 \times \text{stall speed}$ (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 Lebar antar roda utama Jarak roda utama dan roda depan	Sampai 120 Sampai 30 Sampai 60	Sampai 167 Sampai 41 Sampai 87	Sampai 200 Sampai 41 Sampai 87	Sampai 240 Sampai 50 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 : *Horenjeff 1983*

3.2.3 Konfigurasi lapangan terbang

Konfigurasi lapangan terbang merupakan jumlah dan arah dari landasan serta penempatan bangunan terminal termasuk lapangan parkir, *taxiway*, *apron* dan jalan masuk yang terkait dengan landasan itu.

Kebutuhan dari fasilitas tersebut merupakan pengembangan permintaan, rencana geometris dan standar-standar yang menentukan perencanaan bandar udara. Standar-standar oleh *FAA* dan *ICAO*.

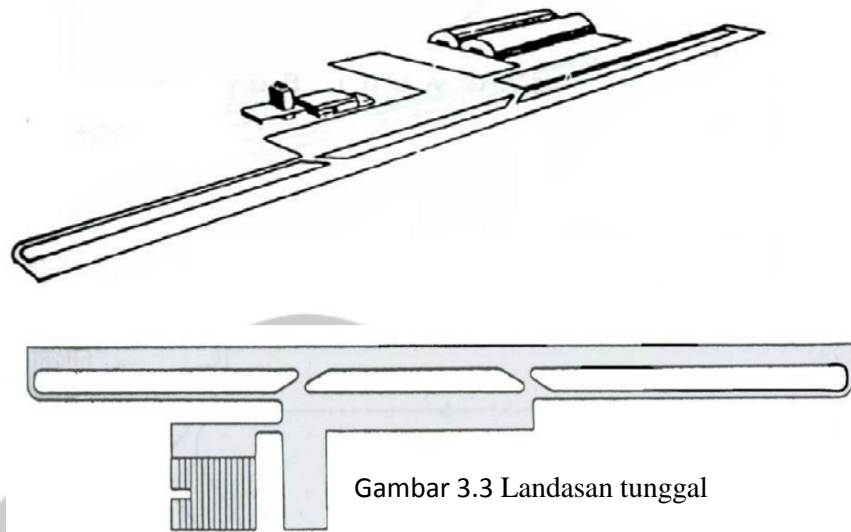
Jumlah landasan pacu yang dibutuhkan dalam bandar udara tergantung pada volume lalu lintas, dan orientasi landasan tergantung pada luas tanah yang tersedia bagi pengembangannya dan arah angin bertiup.

1. Landas pacu (*runway*)

Mengenai konfigurasi *runway* ada bermacam-macam, dan sering sekali konfigurasi itu merupakan kombinasi dari beberapa macam konfigurasi dasar (*basic configuration*).

a. Landasan tunggal (*single runway*)

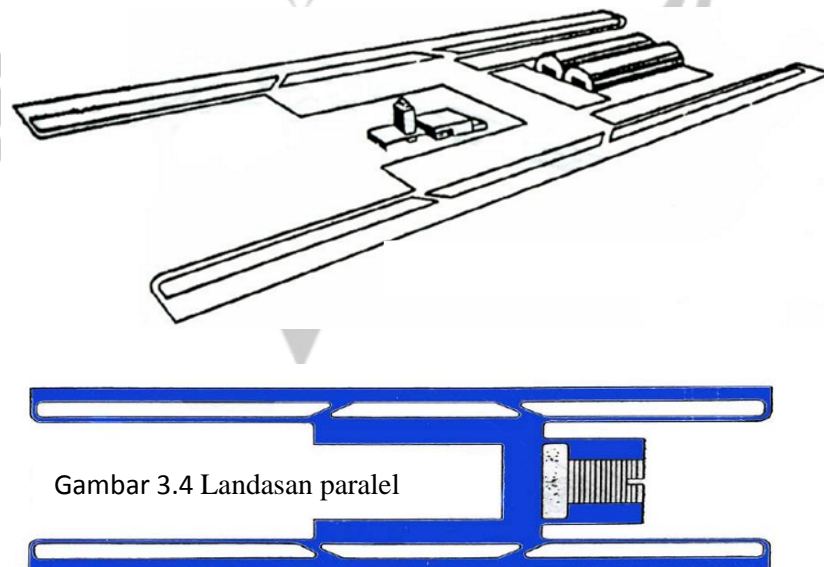
Merupakan bentuk yang paling sederhana, sebagian besar bandar udara yang ada di Indonesia menggunakan konfigurasi ini. Kapasitas landasan tunggal untuk kondisi *VFR* (*Visual Flight Rule*) kapasitasnya berkisar 45–100 operasi (*flight/jam*). Sedangkan pada kondisi *IFR* (*Instrument Flight Rule*) kapasitasnya menurun menjadi 40–50 *flight/jam*, tergantung pada komposisi pesawat dan campuran beserta tersedianya alat bantu navigasi. (Lihat Gambar 3.3)



Gambar 3.3 Landasan tunggal

b. Landasan paralel (*parallel runway*)

Kapasitas landasan sejajar terutama tergantung kepada jumlah landasan dan pemisahan/penjarakan antara dua landasan. (Lihat Gambar 3.4)



Gambar 3.4 Landasan paralel

Kapasitas landasan setiap jamnya dari pemisahan *close*, *intermediate* dan *far* dapat bervariasi dari 100 gerakan–200 gerakan pesawat dalam kondisi VFR, tergantung pada komposisi

campuran pesawat, kapasitas terbesar untuk pendaratan pesawat *general aviation*. Pemisahan/penjarakan landasan tidak mempengaruhi kapasitas, dalam penerbangan kondisi VFR, kecuali kalau ada pesawat-pesawat besar. Pada suatu saat karena alasan bentuk tanah yang tersedia untuk membangun landasan atau untuk memperkecil jarak *taxiway* pesawat mendarat dan lepas landas dan berbagai alasan lain lagi, kemungkinan kita perlu mengadakan penggeseran *threshold* (ujung) landasan sejajar, sehingga ujung landasan tidak pada suatu garis. (Lihat Gambar 3.5)



Gambar 3.5 Landasan sejajar digeser

c. Landasan dua jalur

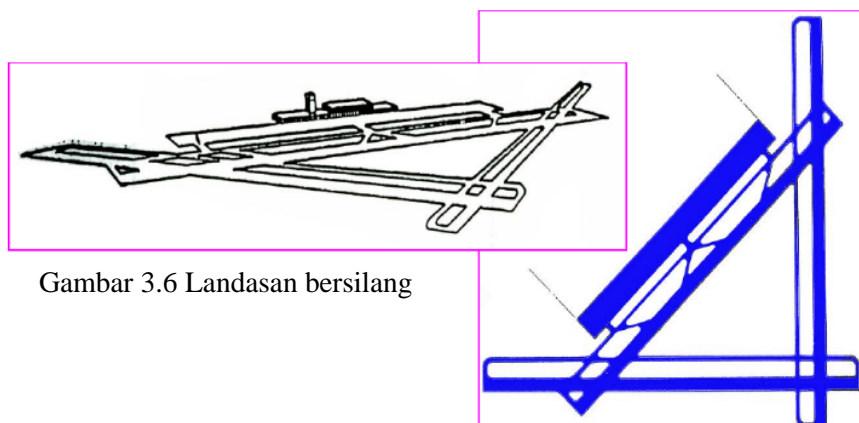
Landasan dua jalur terdiri dari dua landasan yang sejajar dipisahkan berdekatan (7ft–2.499ft) dengan *exit taxiway* secukupnya. Pada landasan ini kedua jalur dapat digunakan untuk operasi penerbangan campuran, tetapi operasinya tetap masih diatur, landasan terdekat dengan terminal untuk keberangkatan pesawat dan landasan jauh untuk kedatangan pesawat. Pada kenyataannya didapat bahwa kapasitas landasan untuk pendaratan dan lepas landas tidak begitu peka terhadap pemisahan sumbu landasan antara dua landasan bila pemisahan antara 1000–2499 ft. Apabila landasan akan dipakai untuk melayani pesawat komersial

dianjurkan untuk memisahkan dua landasan dengan jarak tidak kurang dari 1000 ft. Dan keuntungan utama dari landasan dua jalur adalah bisa meningkatkan kapasitas dalam kondisi IFR tanpa menambah luas tanah.

d. Landasan bersilang

Landasan ini diperlukan apabila angin yang bertiup keras lebih dari satu arah, yang akan menghasilkan tiupan angin berlebihan bila landasan mengarah ke satu mata angin. Apabila angin bertiup lemah (kurang dari 20 knots atau 13 *knots*) maka kedua landasan bisa dipakai bersama-sama. Kapasitas dua landasan yang bersilang, tergantung sepenuhnya dibagian mana landasan itu bersilangan (di tengah, di ujung) serta “cara” operasi penerbangan yaitu strategi dari pendaratan dan lepas landas. Persilangan jauh dari awal lepas landas dan *threshold* pendaratan akan mengurangi kapasitasnya.

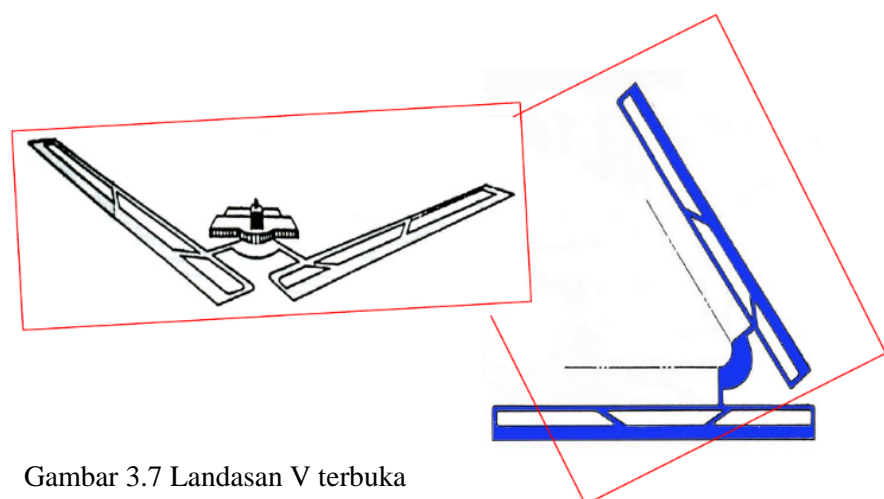
(Lihat Gambar 3.6)



Gambar 3.6 Landasan bersilang

e. Landasan V terbuka

Landasan V terbuka hampir mirip dengan landasan bersilang, yang dibentuk karena arah angin keras dari banyak arah, sehingga harus membuat landasan dengan dua arah. Apabila angin bertiup kencang dari satu arah saja maka landasan hanya bisa dioperasikan hanya satu arah saja, sedangkan pada keadaan angin bertiup lembut, landasan dua-duanya dapat dipakai bersama-sama. Kapasitas terbesar didapat saat menggunakan strategi operasi penerbangan *divergen*. (Lihat Gambar 3.7)



Gambar 3.7 Landasan V terbuka

Tabel 3.8. Kapasitas Landasan V Terbuka

Jenis Penerbangan	Kondisi	Kapasitas Operasi Penerbangan tiap jam
Divergen	IFR	60-70
	VFR	80 - 200
Konvergen	IFR	50-60
	VFR	50-100

Sumber: Heru Basuki. 1985 : 153

Dalam menentukan konfigurasi landas pacu, terlebih dahulu kita menghitung kapasitas landasan agar pergerakan pesawat yang beroperasi dapat diketahui. Untuk

jumlah pesawat ditentukan dengan menghitung jumlah penumpang pada jam/waktu tersibuk dibagi dengan kapasitas pesawat. Dan didasarkan pada adanya pesawat campuran yang beroperasi menurut tingkatan kelas pesawat.

Tabel 3.9 Penggolongan Pesawat Terbang Untuk Cara-cara Kapasitas Praktis

Kelas	Jenis Pesawat Terbang
A	Boeing 707, 747, 720; DC-8,DC-10; L-1011
B	Boeing 727, 737; DC-9; BACI; semua pesawat perusahaan penerbangan bermesin piston dan turboprop yang besar
C	Pesawat terbang kecil yang digerakkan propeller untuk perusahaan penerbangan, seperti F-27 dan pesawat jet bisnis
D	Pesawat penerbangan umum yang digerakkan propeller bermesin ganda dan beberapa pesawat dengan mesin tunggal yang lebih besar
E	Pesawat penerbang umum yang digerakkan propeler bermesin tinggi

Tabel 3.10 Presentase Kelas Tertentu Pada Pesawat

Kode	A	B	C	D+E
1	0	0	10	90
2	0	30	30	40
3	20	40	20	20
4	60	20	20	0

Tabel 3.11 Kapasitas Tahanan Praktis Landasan Pacu

Konfigurasi landasan tunggal	Mix	PANCAP	PHOCAP	
			IFR	VFR
Landasan Pacu Tunggal (kedatangan = keberangkatan)	1	215.000	53	99
	2	195.000	52	76
	3	180.000	44	54
	4	170.000	42	45
Sejajar berjarak rapat Kurang dari 350 0 feet (bergantung pada IFR)	1	385.000	64	198
	2	330.000	63	152
	3	295.000	55	108
	4	280.000	54	90
Sejajar berjarak sedang 3500 sampai 4999 feet (tidak bergantung pada IFR, kedatangan atau keberangkatan sejajar)	1	425.000	79	198
	2	390.000	79	152
	3	355.000	79	108
	4	330.000	74	90
Sejajar berjarak jauh 5000 feet atau lebih (tidak bergantung pada IFR, kedatangan / keberangkatan)	1	430.000	106	198
	2	390.000	104	152
	3	360.000	88	108
	4	340.000	84	90
Sejajar bebas ditambah dua landasan pacu Sejajar berjarak rapat, 5000 feet atau lebih	1	770.000	128	396
	2	660.000	126	304
	3	590.000	110	216
	4	560.000	108	180

Tabel lanjutan.

Konfigurasi landasan tunggal	Mix	PANCAP	PHOCAP	
			IFR	VFR
Landasan V terbuka, tidak bebas Operasi menjauh titik potong	1	320.000	71	198
	2	335.000	70	136
	3	300.000	63	94
	4	295.000	60	84
Dua landasan berpotongan didekat ujung Landasan	1	375.000	71	175
	2	310.000	70	125
	3	275.000	63	83
	4	255.000	60	69
Landasan V terbuka, tidak bebas Operasi menuju titik potong	1	235.000	57	108
	2	220.000	56	86
	3	215.000	50	66
	4	200.000	50	53

(Sumber: *Horenjeff*)

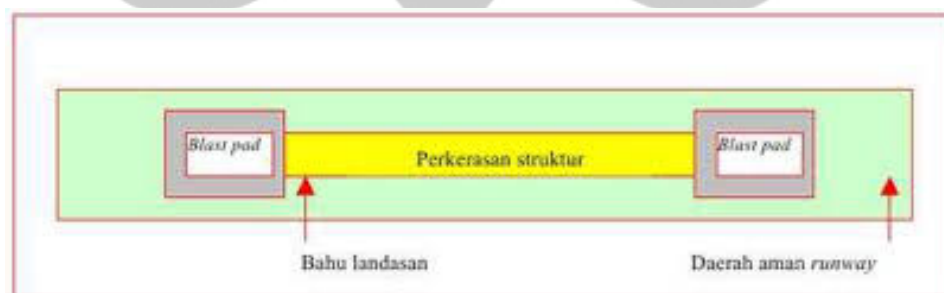
3.3 Pengertian Landasan Pacu (*Runway*), *Taxiway* dan *Apron*

a. Landasan pacu (*runway*)

Menurut SKEP – 161 IX (Petunjuk Perencanaan *Runway*, *Taxiway* dan *Apron*, 2003, *Runway*) adalah jalur perkerasan yang dipergunakan oleh pesawat terbang untuk mendarat (*landing*) atau lepas landas (*take off*). Menurut Horonjeff sistem *Runway* di suatu bandara terdiri dari perkerasan struktur, bahu landasan (*shoulder*), bantal hembusan (*blastpad*), dan daerah aman *runway* (*runway end safety area*). Perkerasan struktur mendukung pesawat sehubungan dengan beban struktur, kemampuan manuver, kendati, stabilitas dan kriteria dimensi dan operasi lainnya.

1. Bahu landasan (*shoulder*) yang terletak berdekatan dengan pinggir perkerasan struktur menahan erosi hembusan jet dan menampung peralatan untuk pemeliharaan dan keadaan darurat.

2. Daerah *runway* (*runway end safety area*) adalah daerah yang bersih tanpa kotoran atau benda-benda yang mengganggu, diberi drainase, rata dan mencakup perkerasan struktur, bahu landasan, bantal hembusan dan daerah perhentian, apabila disediakan. Daerah ini selain harus mampu untuk mendukung peralatan pemeliharaan dan dalam keadaan darurat juga harus mampu mendukung pesawat seandainya pesawat karena sesuatu hal keluar dari landasan.
3. Bantal hembusan (*blast pad*) adalah suatu daerah yang dirancang untuk mencegah erosi permukaan yang berdekatan dengan ujung-ujung *runway* yang menerima hembusan jet yang terus-menerus atau yang berulang. ICAO menetapkan panjang bantal hembusan 100 feet (30 m), namun dari pengalaman untuk pesawat-pesawat transport sebaiknya 200 feet (60 m), kecuali pesawat yang berbadan lebar panjang bantal hembusan yang dibutuhkan 400 feet (120 m). Lebar bantal hembusan harus mencakup baik lebar *runway* maupun bahu landasan.



Gambar 3.8 Tampak Atas Unsur-Unsur *Runway*

Sumber : Horonjeff (1994)

Dalam melakukan analisa lebar landas pacu (*runway*) baik untuk perencanaan pembangunan baru, maupun untuk perencanaan pengembangan landas pacu (*runway*) beberapa ketentuan klasifikasi lebar *runway* harus dipenuhi

sebagai standar perencanaan bandar udara yaitu ketentuan-ketentuan yang dikeluarkan oleh *International Civil Aviation Organization (ICAO)*.

Tabel 3.12 Lebar Landasan Pacu (*Runway*) Berdasarkan Annex 14

KODE (NO)	Kode (Huruf)					
	A	B	C	D	E	F
1	18 m	18 m	23 m	0	0	0
2	23 m	23 m	30 m	0	0	0
3	30 m	30 m	30 m	45 m	0	0
4	0	0	45 m	45 m	45	60

Sumber : Annex 14, 2004

Catatan : jika *code number precision approach runway* adalah 1 atau 2, maka lebar runway harus tidak kurang dari 30 m.

- Lebar *runway* dapat dikurangi menjadi 15 m atau 10 m tergantung pada larangan/restriksi yang diberlakukan pada operasional pesawat terbang kecil.

(Sumber : ICAO – Annex 14 vol.1 *Aerodrome Design and Operations*, 2009)

Keadaan sekeliling bandara juga mempengaruhi panjang-pendeknya *runway*. Terdapat tujuh keadaan (*condition*) yang penting untuk diperhatikan.

1. Temperatur

Keadaan temperatur bandara pada masing-masing tempat tidak sama. Makin tinggi temperatur di bandara makin panjang *runway*. Sebab semakin tinggi temperatur maka *density*-nya makin kecil yang mengakibatkan *thrust* (kekuatan mendesak) pesawat (untuk lari diatas landasan) itu berkurang sehingga dengan kondisi seperti ini akan dituntut *runway* yang panjang.

Pada temperatur yang lebih tinggi, diperlukan panjang landas pacu lebih panjang. Besarnya koreksi temperatur adalah 1 % untuk setiap derajat diatas temperatur standar pada ketinggian daerah. Temperatur standar dapat ditentukan dengan 0,0036 untuk setiap *feet* kenaikan.

$$T_r = T_a + \frac{1}{3} (T_m - T_a) \quad \dots(3.1)$$

$$F_t = 1 + 0,0056 \{ T_r - (59 - 0,0036 \times h) \} \quad \dots(3.2)$$

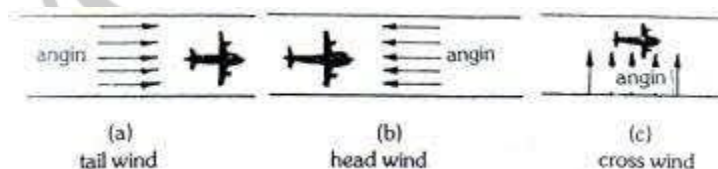
Keterangan:

T_r = Temperatur petunjuk lapangan

T_a = Temperatur rata-rata sehari dari rata-rata sebulan untuk bulan terpanas dalam setahun.

T_m = Temperatur rata-rata harian maksimum dari rata-rata sebulan pada bulan terpanas dalam satu tahun.

2. *Surface wind* (angin yang lewat di atas permukaan landasan)



Gambar 3.9 *surface wind*
Sumber : Achmad Zainanudin

Panjang *runway* sangat ditentukan oleh angin. Dibedakan atas 3 keadaan.

- a. Keadaan (a) arah angin searah pesawat, hal ini akan memperpanjang landasan.
- b. Keadaan (b) arah angin berlawanan dengan arah pesawat, hal ini akan memperpendek landasan.

- c. Keadaan (c) arah angin tegak lurus arah pesawat, hal ini tidak mungkin dipakai suatu perencanaan.

3. *Runway gradient* (kemiringan landasan)

Kemiringan ini juga mempengaruhi panjang pendek landasan. Tanjakan landasan akan menyebabkan tuntutan panjang yang lebih suka dibandingkan apabila panjang landasan itu datar (rata). Landasan yang menurun juga mempengaruhi panjang *runway* dimana panjang *runway* akan menjadi pendek (memperpendek panjang *runway* yang dituntut).

Hubungan kemiringan dan penambahan panjang mendekati linear, sebagai perbandingan panjang.

- a) Untuk ruang yang melayani jenis pesawat turbo jet maka tiap 1 % dari kemiringan akan menuntut 7-10 % penambahan panjang.

$$Fs = I + 10\% \times S \quad \dots(3.3)$$

Keterangan:

S = Kemiringan Landasan

- b) Pada peraturan-peraturan penerbangan maka kemiringan yang dipakai pada umumnya kemiringan “*average-uniform gradienr* “ (kemiringan rata-rata yang sama). Walaupun kemiringan tanah itu tidak sama (*tidak uniform gradient*).

4. *Altitude of the airport* (ketinggian)

Bila letak bandara semakin tinggi dari permukaan laut maka hawanya lebih tipis dari hawa laut (temperatur semakin kecil) sehingga pada landasan membutuhkan *runway* yang lebih panjang. Makin tinggi letak *runway* dari

permukaan laut maka perpanjangan runway yaitu setiap naik 1000ft perpanjangannya 7 %.

$$= 1 + (0,07 \times h/1000) \quad \dots(3.4)$$

Keterangan:

h = ketinggian bandar udara terhadap permukaan laut.

5. *Condition of the runway surface*

Adanya genangan air akan menyebabkan *runway* lebih panjang karena pada waktu *take off* pesawat mengalami hambatan–hambatan kecepatan dengan adanya genangan air tersebut. Dengan adanya genangan–genangan air tersebut juga menyebabkan percikan–percikan air yang membahayakan bagian–bagian mesin pesawat.

6. Landasan hubung/*taxiway*

Menurut Basuki (1984), landasan hubung/*taxiway* berfungsi sebagai jalan keluar masuk pesawat dari landasan pacu ke apron dan sekitarnya, atau dari landasan pacu ke hanggar pemeliharaan. *Taxiway* diatur sedemikian sehingga pesawat yang baru saja mendarat tidak mengganggu pesawat lain yang sedang *taxiing*. Siap menuju ujung lepas landas. Di banyak lapangan terbang, *taxiway* membuat sudut siku-siku dengan landasan sehingga pesawat yang mendarat harus memperlambat sampai kecepatan yang sangat direncanakan untuk pesawat berbelok dengan kecepatan tinggi meninggalkan landasan, akan mengurangi waktu pemakaian landasan. Berikut ini perhitungan panjang *taxiway* dengan mengacu kepada metode JICA dan ICAO :

Persamaan panjang *taxiway* (JICA 1996)(3.5)

$$T = (\frac{1}{2} \text{ runway strip} - \frac{1}{2} \text{ runway (titik tengah)}) + (7 \times H - (\frac{1}{2} L_t + \frac{1}{2} W + 15 \text{ m}))$$

- Keterangan :
- * T = Panjang *taxiway*
 - * H = Tinggi pesawat
 - * Lt = Lebar *runway*
 - * W = *Wingspan*

7. *Apron*

Menurut SKEP – 161 – IX Petunjuk Perencanaan *Runway, Taxiway* dan *Apron* (2003), *Apron* adalah suatu bagian tertentu dari bandara udara yang diperpanjang untuk menaikkan/menurunkan penumpang ke/dari pesawat, bongkar muat barang atau pos, pengisian bahan bakar, parkir dan pemeliharaan pesawat. *Apron* berada pada sisi udara (*air side*) yang langsung bersinggungan dengan bangunan terminal, dan juga dihubungkan dengan *taxiway* yang menuju ke landasan pacu. Geometri *apron* ditentukan oleh *layout* parkir, jumlah dan ukuran *gates* serta geometri pesawat yang dilayani.

Apron ini direncanakan untuk dua sampai tiga pesawat dari ukuran terbesar yang diramalkan akan mendarat dilapangan, dengan jalan cukup lebar bagi pesawat lain yang melintas. Dalam menentukan ukuran dari *apron-gates* tergantung pada tiga faktor.

a. Jumlah pintu hubung ke pesawat (*gates*)

Jumlah dari *gates* tergantung dari jumlah pesawat yang akan dilayani berdasarkan waktu yang direncanakan sesuai dengan jenis pesawat. Setiap jenis pesawat mempunyai waktu yang berbeda baik waktu pesawat yang akan datang untuk parkir maupun sebaliknya, waktu menaikkan atau menurunkan penumpang, maupun waktu pengisian bahan bakar.

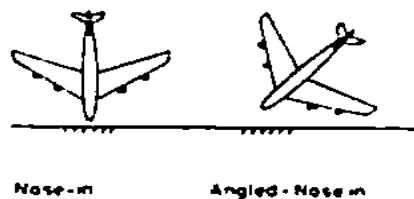
b. Ukuran dari *gates*

Ukuran dari *gates* tergantung pada ukuran pesawat dan *system* parkir pesawat yang akan digunakan, karena ukuran pesawat menentukan luasan tempat parkir terutama dalam gerak bebas untuk parkir ataupun berangkat.

c. Cara menempatkan pesawat parkir

Terdapat empat bentuk konfigurasi parkir pesawat.

- a) Konfigurasi parkir hidung ke dalam / pesawat mengarah ke terminal (*Nose in*). Disini pesawat diparkir tegak lurus gedung terminal dengan hidung berjarak sedekat mungkin. Memudahkan penumpang naik pesawat karena letaknya yang dekat dengan terminal. Tidak menimbulkan suara bising yang menimpa bangunan terminal. Harus menyediakan alat pendorong pesawat untuk memungkinkan pesawat bergerak dengan kekuatan mesin sendiri

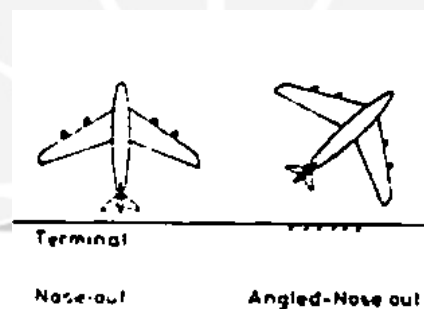


Gambar 3.10 Konfigurasi Parkir *Nose in*

- b) Konfigurasi parkir hidung ke dalam bersudut / mengarah ke dalam tapi bersudut (*Angled-Nose in*). Disini sama dengan konfigurasi diatas tetapi pesawat tidak diparkir tegak lurus gedung terminal. Disini menimbulkan polusi suara yang lebih tinggi dan

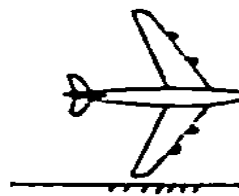
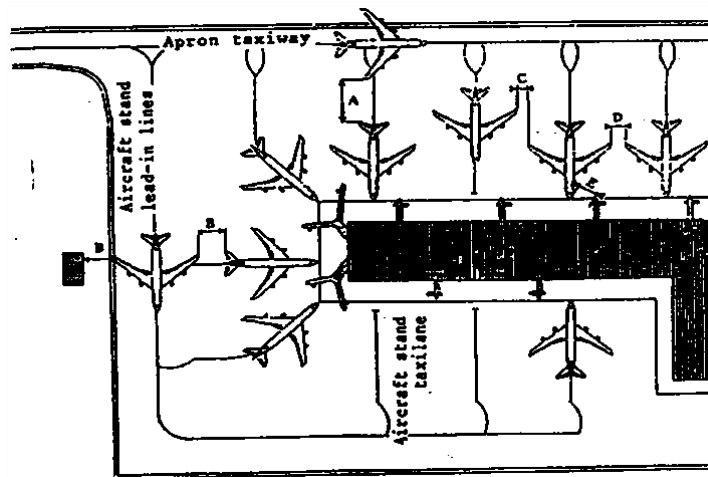
memerlukan luas *taxiway* yang lebih luas. Keuntungannya adalah pesawat dapat memasuki dan keluar dari *taxiway* dengan kekuatan sendiri

- c) Konfigurasi parkir hidung keluar bersudut / pesawat mengarah keluar (*Nose out*). Disini pesawat diparkir dengan hidung yang menjauhi terminal. Keuntungannya disini adalah pesawat dapat memasuki atau keluar dari *taxiway* dengan kekuatan mesin sendiri. Kerugiannya adalah menimbulkan kebisingan suara yang lebih tinggi.



Gambar 3.11 Konfigurasi *Parkir Nose out* dan *Angled-Nose out*

- d) Konfigurasi parkir sejajar (Paralel)
- Konfigurasi ini adalah yang paling mudah dipandang dari sudut manuver pesawat. Kebisingan dikurangi karena tidak diperlukan gerakan memutar yang tajam.



Parallel

Gambar 3.12 Konfigurasi Parkir Paralel

d. Kedudukan dari *apron*

Lay out dari *apron* tergantung pada cara penempatan pesawat parkir atau kedudukan *gates* secara grup disekitar terminal, dan bentuk dari sirkulasi parkir dari pesawat yang dikaitkan pula dengan kedudukan / lokasi antara terminal dan landasan.

1. Bagian - bagian dari *apron*

Tiga bagian penting yang terdapat dalam suatu *apron* adalah seperti dibawah ini.

a) *Traffic Area*

Adalah daerah yang diperlukan untuk keperluan yang bersifat komersil.

b) *Parking Area*

Di sediakan untuk keperluan parkir pesawat (*non* komersial).

c) *Maintenance Area*

Disediakan untuk keperluan perbaikan atau *overhaul*.

2. Konfigurasi *Apron*

Perhitungan untuk konfigurasi apron menurut penumpang yang akan dilayani menggunakan sistem *gates* untuk semua jenis pesawat. Dalam menentukan jumlah *gate position* dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut (Horonjef, 1988) :

$$G = \frac{V \times T}{U} \quad \dots(3.6)$$

dimana :

G = jumlah gate position,

V = volume rencana pesawat yang tiba dan berangkat,

U = faktor penggunaan (*utility* faktor),

T = faktor pemakaian pintu hubung, 0,5 - 0,8.

Berdasarkan dari rumus diatas ditentukan untuk penggunaan mutlak U yakni 0,6 – 0,8, sedangkan untuk penggunaan eksklusif U = 0,5 – 0,6 *gate occupancy time* untuk tiap tipe pesawat berbeda, sebagai berikut :

pesawat kelas A , nilai T = 60 menit,

pesawat kelas B, nilai T = 45 menit,

pesawat kelas C, nilai T = 30 menit,

pesawat kelas D, E, nilai T = 20 menit.

Dalam menentukan ukuran *Gate Position* digunakan rumus :

$$\text{Turning Radius (TR)} = \frac{1}{2} (\text{Wingspan} + \text{Wheel track}) \\ + \text{Forward roll}$$

$$\text{Diameter (D)} = (2 \times \text{TR}) + \text{Wingtip Clearance}$$

Kategori *Wing Tip Clearance* ditunjukkan pada Tabel 3.13

Tabel 3.13 *Wing Tip Clearance*

Code Letter	Ukuran <i>Wingspan</i>	Clearance
A	> 15 m	3 m
B	15 m > L > 24 m	3 m
C	24 m > L > 36 m	4,5 m
D	36 m > L > 52m	7,5 m
E	52 m > L > 60 m	7,5 m

Sumber : (ICAO,2006)

3. Dimensi *Apron*

a. Menurut ICAO dan FAA

Untuk menghitung panjang *apron* diperhitungkan menurut panjang pesawat, berarti panjang *apron* perjenis pesawat dijumlahkan. Panjang *apron* dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

$$P = G \times W + (G-1) C + (2 \times \text{PB}) \quad \dots(3.7)$$

dimana :

P = panjang *apron* (m),

G = *gate position* (buah),

C = *wing tip clearance*,

W = *wingspan*,

PB = panjang badan pesawat.

Untuk menghitung lebar *apron* menggunakan pesawat terpanjang (*critical aircraft*), dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$L = 2 \times PB + 3C \dots\dots\dots (3.8)$$

dimana :

L = lebar *apron* ,

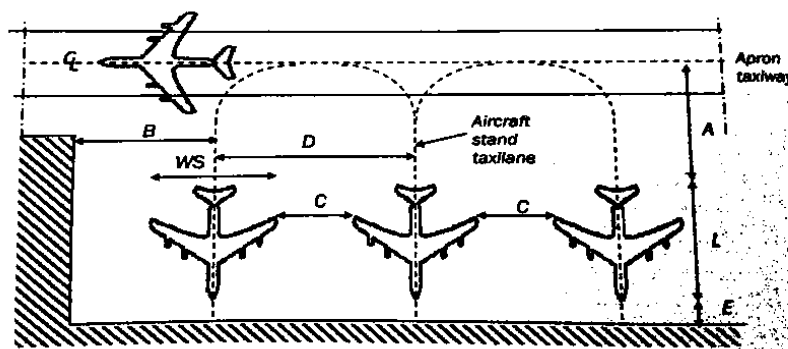
Pb = panjang badan pesawat (m),

C = *wing tip clearance* (m).

Tabel 3.14 Jarak Bebas minimum di *apron* menurut ICAO

Code Letter	Minimum Jarak Clearance		
	Jarak antara pesawat dan object tetap atau bergerak (C)	Jarak garis tangan pesawat dan objek (B)	Jarak tengah Taxiway apron ke objek (A)
A	3 m	12 m	16,25 m
B	3 m	16,5 m	21,5 m
C	4,5 m	24,5 m	26 m
D	7,5 m	36 m	40,5 m
E	7,5 m	42,5 m	47,5 m
F	7,5 m	50,5 m	57,5 m

Sumber : ICAO, 2005



Gambar 3.13 Jarak bebas minimum (*clearance*)

Keterangan : $W_s = \text{Wingspan}$ pesawat (m)

$D = \text{Jarak antara aircraft stand centre line (m)} = W_s - C$

$C = \text{Jarak pesawat ke pesawat dan objek tetap}$

$L = \text{Panjang pesawat}$

b. Menurut JICA (*Japan International Cooperation Agency*)

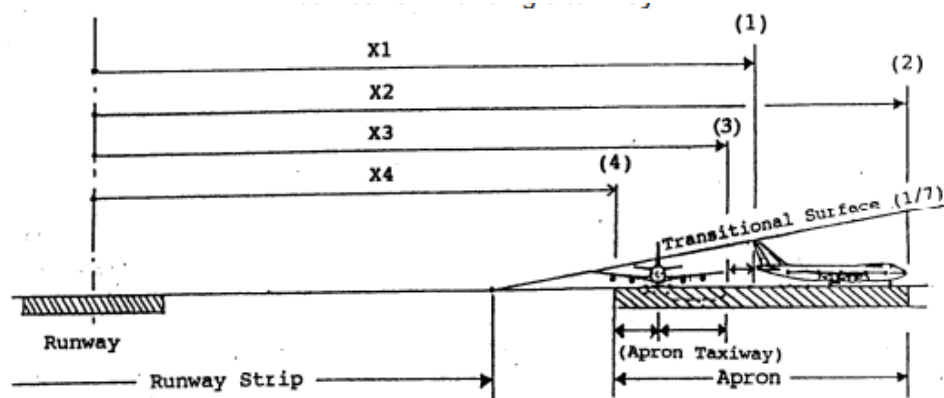
Jarak bersih *cleareance* (A) antar pesawat yang jalan di *apron taxiway*, besarnya $A = 15 \text{ m}$ atau lebih.

Untuk Panjang *apron* dengan kondisi parker *nose-in parking*, posisi *apron* dari garis tengah *runway*, ditentukan sebagai berikut (JICA) *Japan International Cooperation Agency* (Gambar 3.15).

Tabel 3.15 Dimensi *Apron*

Uraian	Penggolongan pesawat					
	I	II	III	IV	V	VI
1. Dimensi untuk satu pesawat						
a. Slef taxiing (45° taxiing)						
o Panjang (m)	40	40	70	70-85	70-85	70-85
o Lebar (m)	25	25	55	55-80	55-80	55-80
b. Nose in						
o Panjang (m)	-	-	95	190	190	190
o Lebar (m)	-	-	45	70	70	70
c. Clearence antar pesawat dengan pesawat di Apron (m)	3	3	4,5	4,5	4,5	4,5
2. Slope/Kemiringan						
a. Ditempat Pesawat Parkir, Maksimum	$1 \leq$	$1 \leq$	$1 \leq$	$1 \leq$	$1 \leq$	$1 \leq$
b. Didaerah Pemuatan Bahan Bakar Pesawat	+ 1/2	+ 1/2	+ 1/2	+ 1/2	+ 1/2	+ 1/2

Sumber : SKEP 77 IV 2005 Dirjen Perhub.



Gambar 3.14 Posisi Apron (JICA 1996)

Keterangan :

*. Menetapkan dari posisi ujung ekor pesawat maks, dengan ekor pesawat tidak boleh melampaui permukaan transisi (X1).

*. Menetapkan posisi dari ujung *apron* di sisi gedung terminal (X2) :

($X2 = X1 + \text{panjang pesawat maks}$).

*. Menetapkan *wing tip* (ujung sayap) pesawat yang berjalan di *apron taxiway* (X3) .

*. Menetapkan posisi dari tepi *apron* di sisi *runway* (X4)

($X4 = X3 - \text{lebar dari pesawat maksimum}/2 - \text{lebar yang dibutuhkan oleh apron taxiway}/2$).

Rumus: Panjang Apron (B)

$$B = C + F + 15 \text{ m} + \frac{1}{2} W + \frac{1}{2} Lt \quad \dots(3.9)$$

Lebar Apron (A)

$$A = S \times W + (S + 1) \times C \quad \dots(3.10)$$

Keterangan : $C = \text{Clearways pesawat (m)}$

$F = \text{Panjang pesawat (m)}$

$W = \text{Bentang sayap (m)}$

L_t = Lebar *taxiway apron* (m)

S = Jumlah pesawat yang akan dilayani

3.4 **Prakiraan volume penumpang**

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

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:

$$a = \frac{(\sum Y)(\sum X^2) - (\sum X)(\sum XY)}{n \sum X^2 - (\sum X)^2} \dots(3.11)$$

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

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.

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

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

Peramalan dilakukan dengan rumus sebagai berikut.

$$Y = A I^{BX} \quad \dots(3.12)$$

$$\ln Y = \ln A + Bx \ln I ;$$

$$\ln Y = \ln A + BX$$

$$\ln A = \frac{\sum \ln Y - B \sum X}{n}$$

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

keterangan: Y = jumlah pengguna jasa transportasi,

X = tahun pengamatan.

Nilai koefisien korelasi dihitung dengan rumus:

$$r = \frac{n(\sum X \ln Y) - (\sum X)(\sum \ln Y)}{\sqrt{[n \sum X^2 - (\sum X)^2][n \sum (\ln Y)^2 - (\sum \ln Y)^2]}}$$

3. Ekstrapolasi modifikasi eksponensial

Metode ini menggunakan rumus sebagai berikut. Y adalah nilai data yang diramal, X adalah tahun pengamatan, t adalah interval waktu, P_1 adalah nilai data pada tahun ke X_{p1} , P_2 adalah nilai data pada tahun ke X_{p2} , P_3 adalah nilai data pada tahun ke X_{p3} dan P_4 adalah nilai data pada tahun ke X_{p4} .

$$Y = AX^B \quad \dots(3.13)$$

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

$$\ln A = \frac{\sum \ln Y - B \sum \ln X}{n}$$

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

keterangan: Y = nilai data yang diramal,

X = tahun pengamatan,

Koefisien korelasi dapat dicari dengan analogi berikut.

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

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

$$r = \frac{n(\sum \ln X \ln Y) - (\sum \ln X)(\sum \ln Y)}{\sqrt{[n \sum (\ln X)^2 - (\sum \ln X)^2][n \sum (\ln Y)^2 - (\sum \ln Y)^2]}}$$