



DIKTAT PRASARANA TRANSPORTASI
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA



UMY
UNIVERSITAS
MUHAMMADIYAH
YOGYAKARTA
Unggul & Islami



Muchlisin, S.T., M.Sc

E : muchlisin@umy.ac.id | C : +62821 3173 3706 | W : muchlisin.staff.umy.ac.id

1

AIR TRANSPORTATION SYSTEM



Muchlisin, S.T., M.Sc

E : muchlisin@umy.ac.id | C : +62821 3173 3706 | W : muchlisin.staff.umy.ac.id

2

• RENCANA PEMBELAJARAN SEMESTER

PERTEMUAN	POKOK BAHASAN
1	a. Sistem transportasi dan komponennya b. Pengantar Angkutan Penerbangan dan Aspek Perencanaan Bandar Udara c. Konsep Pelayanan Darat dan Udara dalam Bandar Udara
2	1. Karakteristik Pesawat Udara untuk Perencanaan Bandar Udara dan Bantuan Navigasi 2. Pengaruh Beban pada Pesawat
3	1. Perencanaan Fasilitas untuk Pergerakan Pesawat di Bandar Udara 2. Pengaruh Kinerja Pesawat Terhadap Runway
4	UCP I
5	Perencanaan Arah Runway dengan Metode <i>Wind Rose</i>
6	Perencanaan Dimensi Runway
7	Perencanaan Perkerasan Runway dengan menggunakan beberapa metode
8	UCP II

3

• REFERENSI

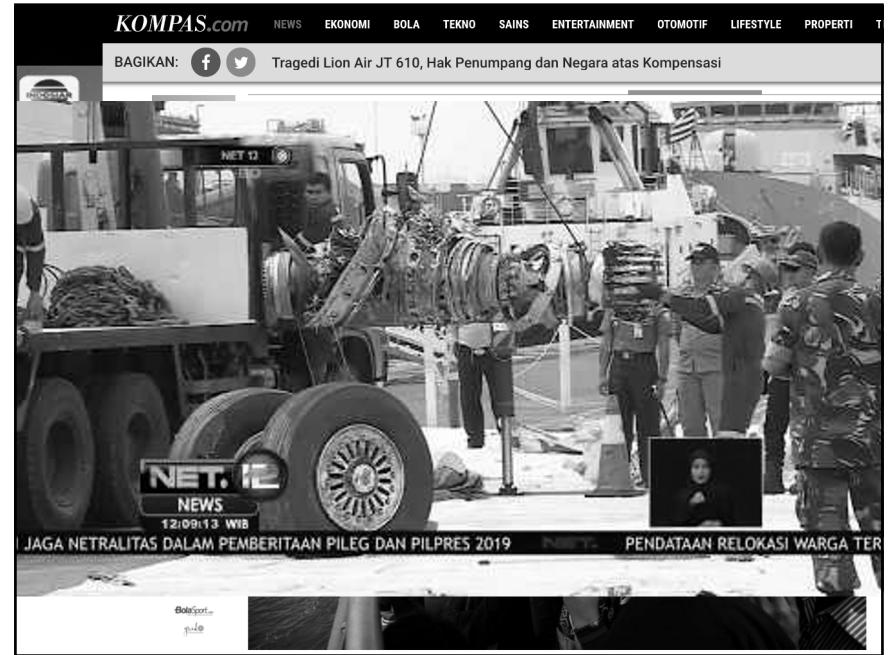
- Horonjeff, R, etc., Planning and Design of Airports, 2010, Mc Graw Hill, New York
- Munawar, A, 2011, Dasar-Dasar Teknik Transportasi, Beta Offset, Yogyakarta
- Sartono, W, 2005, Airport Engineering, Biro Penerbit Teknik Sipil UGM, Yogyakarta
- Sartono, dkk, 2016, Bandar Udara, Gajah Mada University Press

4

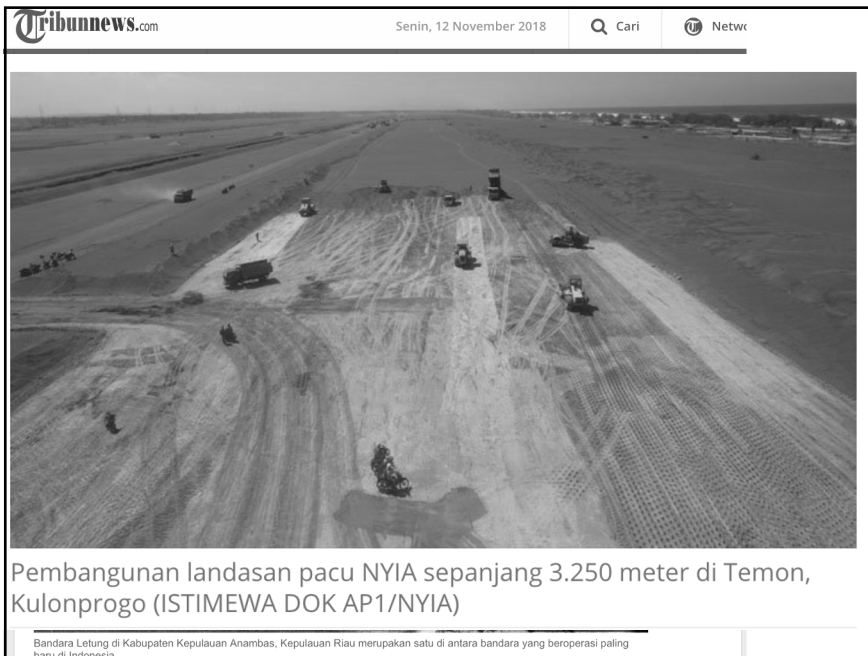


SISTEM TRANSPORTASI UDARA

5



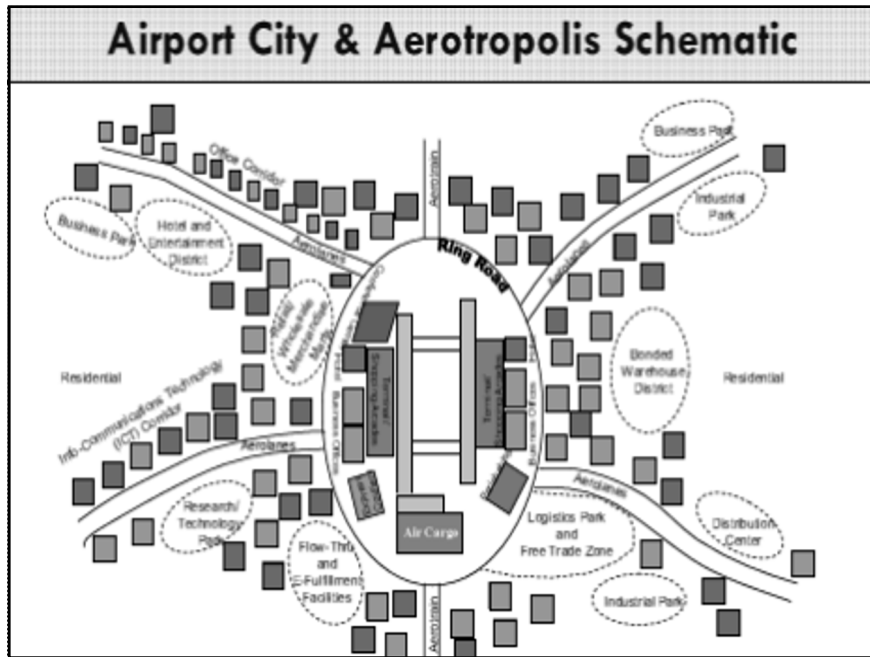
6



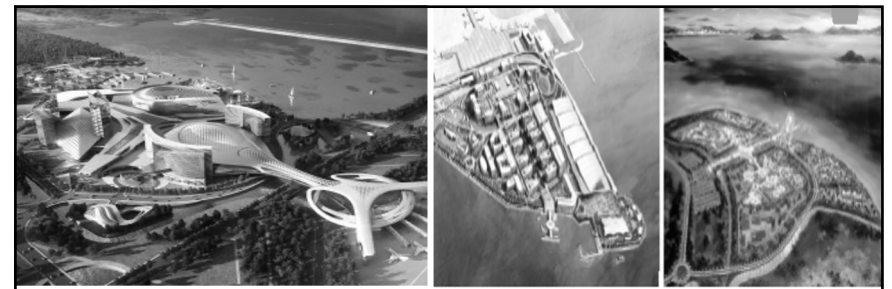
7



8

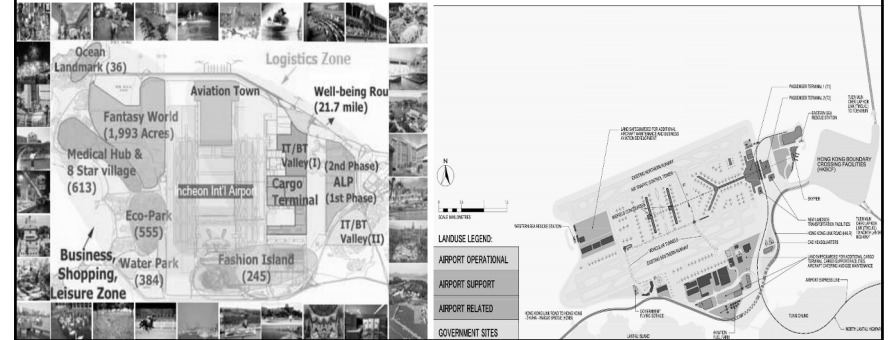


13



Incheon International Airport

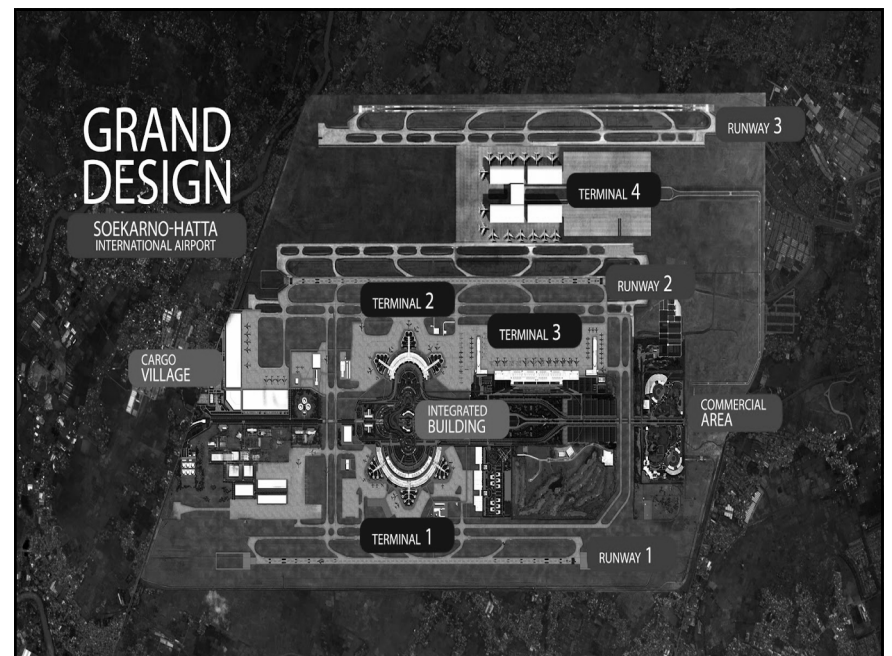
Hongkong International Airport



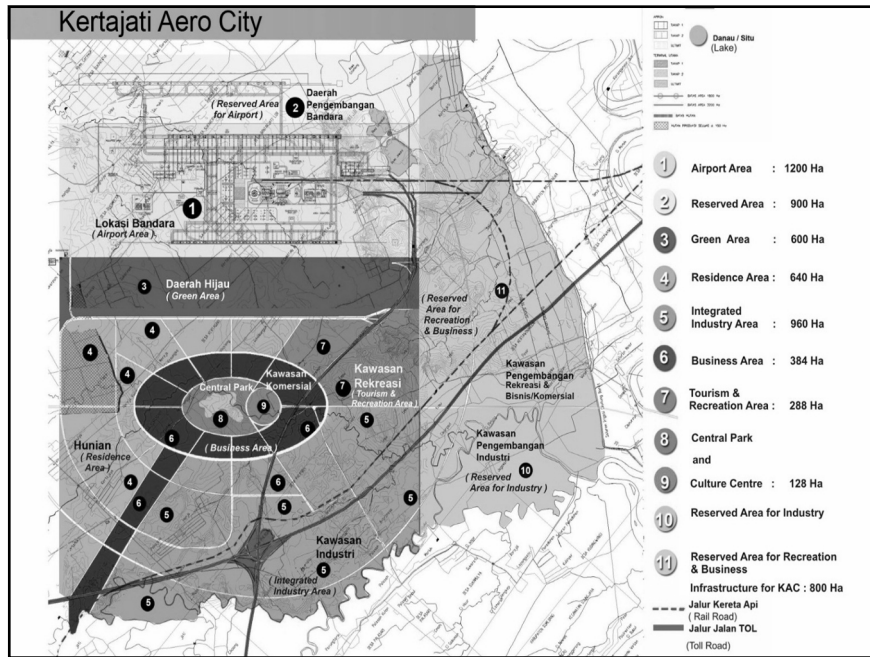
14



15



16



17



18

BANDAR UDARA (AIRPORT)

keywords:

- (1) the aviation world and the airports will transform into a **competitive economic and business development centers**,
- (2) airport is to **become a main driver of business and urban development in the 21st century**,
- (3) commercial facilities will quickly be connected to markets,
- (4) commerce (air commerce) will be connected with airport city and aerotropolis.

19

Rute dan jaringan penerbangan dalam dan luar negeri diatur dalam PP RI No. 40 tahun 1995 tentang Angkutan Udara dan Kepmenhub No. 81 tahun 2004 tentang Penyelenggaraan Angkutan Udara,

Berdasarkan hirarkinya, bandar udara (bandara) dapat dibagi menjadi 2:

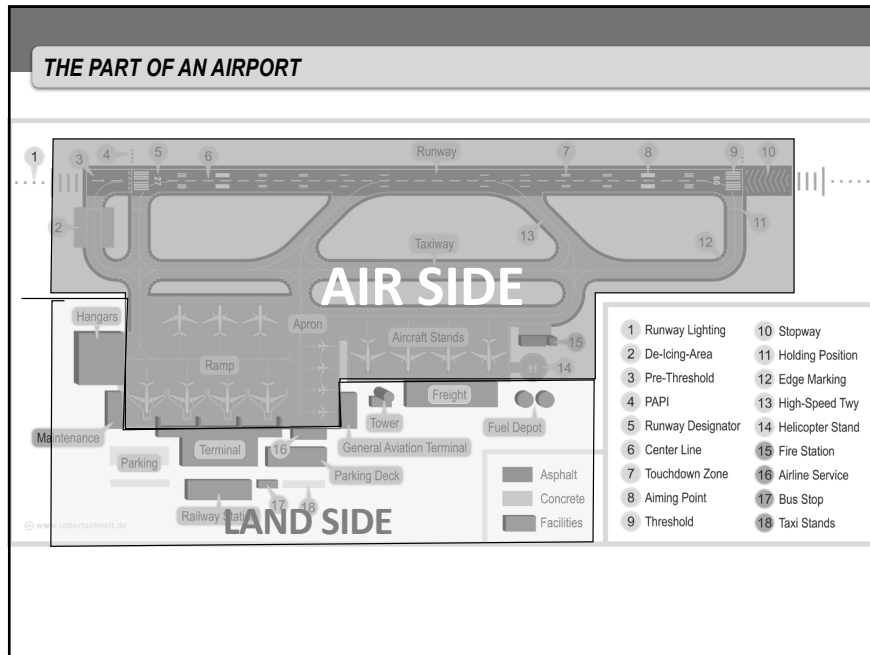
- 1) Bandara pusat penyebaran (hub)
- 2) Bandara bukan pusat penyebaran

Berdasarkan rutenya bandara dikelompokan menjadi:

- 1) Rute Utama (menghubungkan antar bandara pusat penyebaran)
- 2) Rute Pengumpan (menghubungkan bandara pusat penyebaran dan yang bukan)
- 3) Rute Perintis (menghubungkan daerah terpencil dan pedalaman)

<http://milleniumtransportation.blogspot.com>

20



21

Secara teknis, bangunan bandar udara (bandara) dapat dibagi menjadi:

1. sisi udara (*air side*), dan
2. sisi darat (*land side*)

Sisi udara (*air side*) meliputi:

1. Landas pacu (*runway*)
2. Landas hubung (*taxiway*)
3. Landas parkir (*apron*)

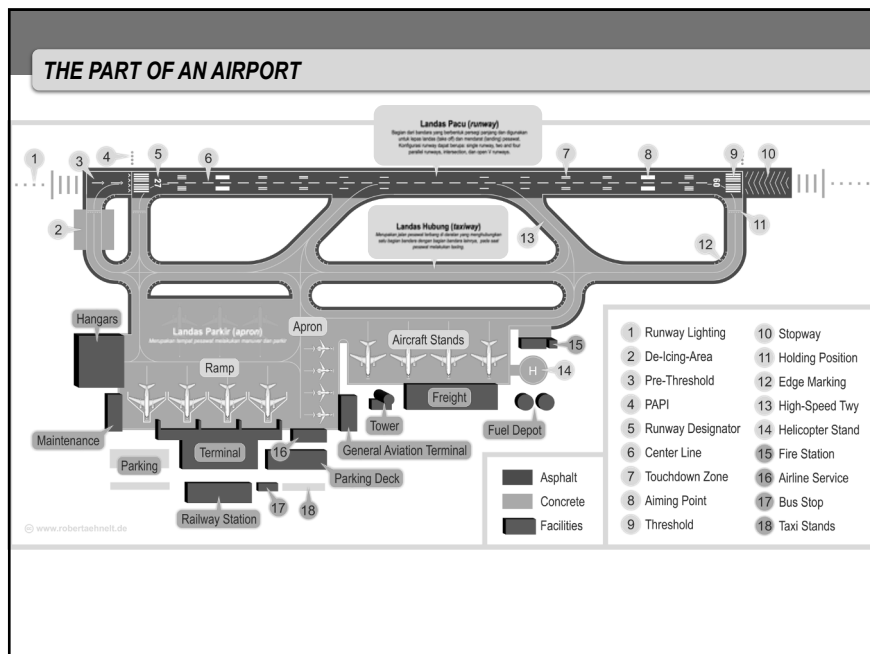
Sisi darat (*land side*) meliputi:

1. Terminal penumpang
2. Terminal kargo
3. Bangunan operasi dan administrasi
4. Bangunan penunjang operasional
5. Terminal VIP

(sumber Munawar A, 2011)

**PELAYANAN
SISI DARAT DAN SISI UDARA**

22

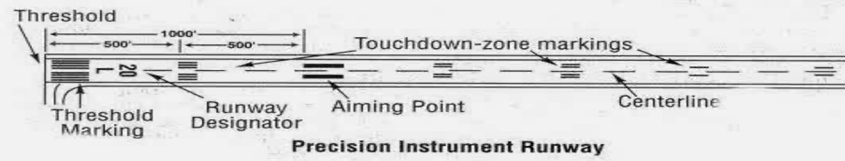


23

Landas Pacu (*runway*)

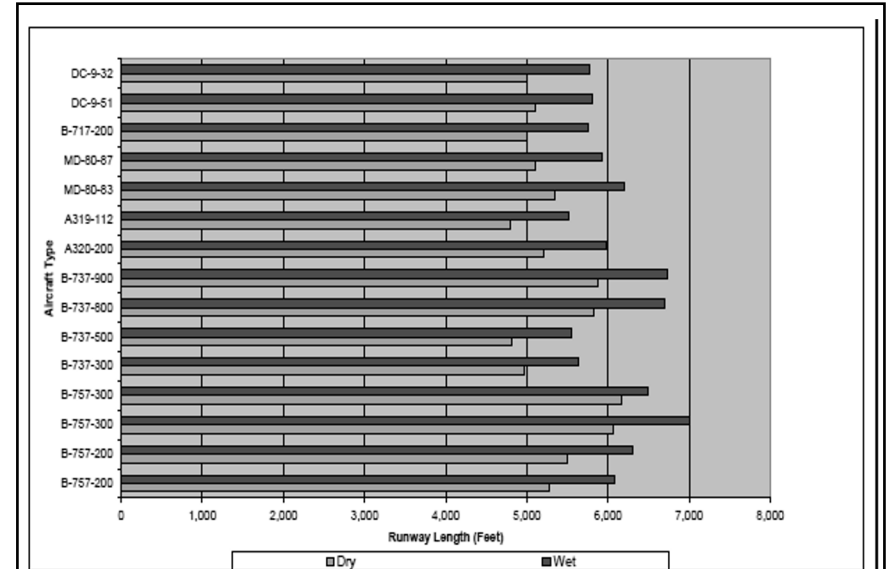
Bagian dari bandara yang berbentuk persegi panjang dan digunakan untuk lepas landas (*take off*) dan mendarat (*landing*) pesawat. Konfigurasi runway dapat berupa: *single runway*, *two and four parallel runways*, *intersection*, dan *open V runways*.

24



Landas Pacu (Runways)

25



Panjang Landas Pacu (Runways) untuk Beberapa Jenis Pesawat

Sumber: Landrum & Brown, Inc.

26

BACK

Landas Hubung (taxiway)

Merupakan jalan pesawat terbang di daratan yang menghubungkan satu bagian bandara dengan bagian bandara lainnya, pada saat pesawat melakukan taxiing.

27



BACK

28

Landas Parkir (*apron*)

Merupakan tempat pesawat melakukan manuver dan parkir

29

A.3. Landas Parkir (*apron*)

Merupakan tempat pesawat melakukan manuver dan parkir.

Apron dapat dikelompokkan menjadi:

- 1) Apron terminal;
- 2) Cargo terminal;
- 3) Parking apron;
- 4) Services and hangar apron; dan
- 5) General aviation apron.

Tata letak terminal apron dipengaruhi oleh: penggunaan peralatan untuk penumpang yang akan masuk pesawat (garbarata, tangga, bus, tangga *built-in* pesawat).

(sumber Munawar A, 2011)

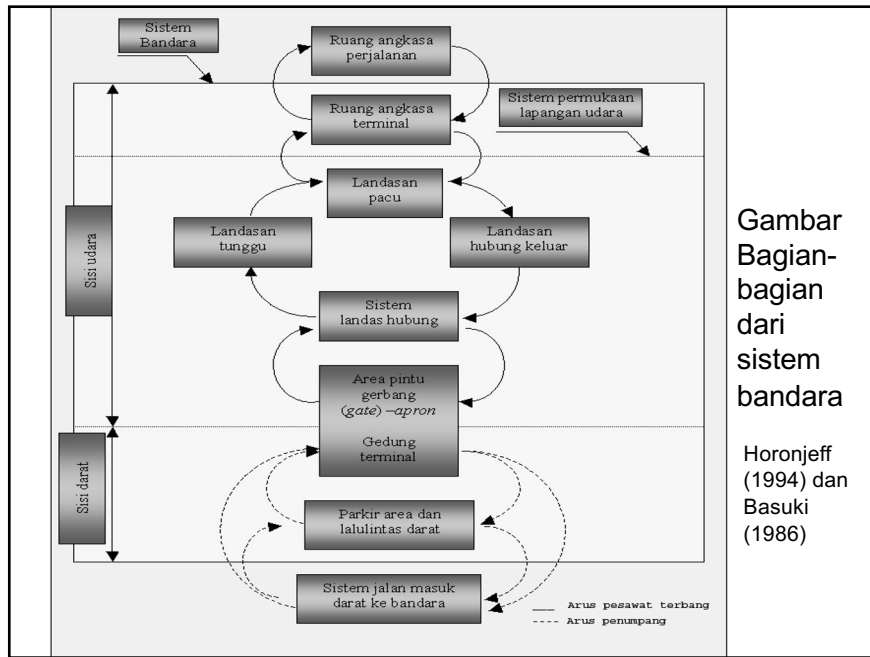
30



31

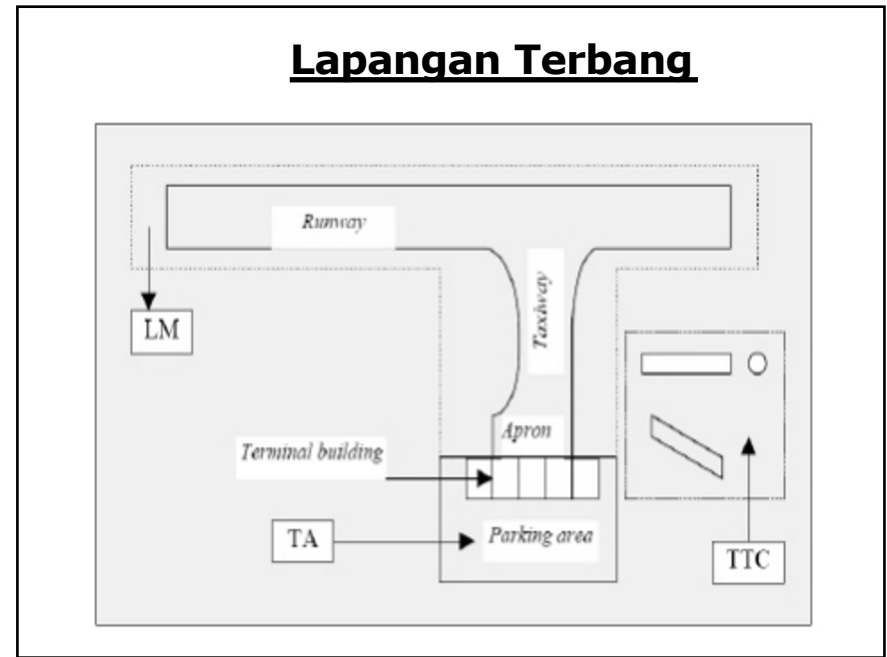


32



Gambar Bagian-bagian dari sistem bandara

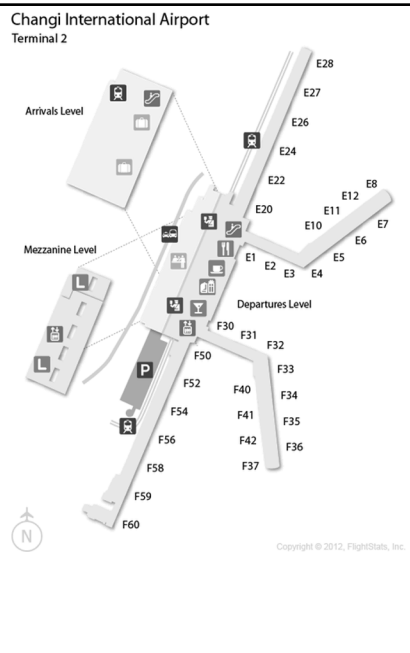
Horonjeff (1994) dan Basuki (1986)



Lapangan Terbang

B.1. Terminal Penumpang
Merupakan tempat peralihan aktivitas dari sisi darat ke sisi udara atau sebaliknya. Fasilitas bangunan terminal penumpang dapat dikelompokkan menjadi:

- 1) Kelompok umum (lobby, informasi, tiket counter, telepon, taksi)
- 2) Kelompok keberangkatan (hall, checkin counter, ruang tunggu, transit, bagasi)
- 3) Kelompok kedatangan (hall, imigrasi, tempat cucuk, ruang pengambilan bagasi)
- 4) Kelompok penunjang (kantor adm bandara, ATM, kesehatan, toilet, dll)



Terminal Penumpang Schiphol Airport, Amsterdam

B.2. Terminal Kargo

Terminal kargo direncanakan bersama-sama dengan terminal penumpang dengan memperhatikan karakteristik operasional dan kebutuhan.

Fasilitas bangunan terminal kargo dapat dikelompokkan menjadi:

- 1) Fasilitas fungsional dan operasional;
- 2) Fasilitas penyimpanan; dan
- 3) Fasilitas kantor dan pendukung.



37

B.3. Bangunan Operasional dan Administrasi

Bangunan pada bandara yang berfungsi sebagai tempat kegiatan penunjang operasional dan keselamatan penerbangan.

Fasilitas bangunan Operasional dan Administrasi dapat dikelompokkan menjadi:

- 1) Bangunan operasi (ATC, ruang peralatan, ruang elektrikal, ruang mekanikal, dll.);
- 2) Bangunan administrasi (hall, ruang kepala bandara, ruang staf, ruang rapat, dll.)



38

B.4. Bangunan Penunjang Operasional

Bangunan dalam kawasan bandara yang berfungsi membantu kegiatan operasional bandara secara total.

B.5. Terminal VIP

Terminal penumpang untuk pelayanan khusus seperti pejabat negara, tamu negara, dll. Fasilitas pada terminal VIP antara lain hall, ruang tunggu keberangkatan/kedatangan, ruang rapat, pantry, toilet, dll.



39

Bandara pusat penyebaran dapat dibagi menjadi:

- a. Primer (Soekarno-Hatta, Juanda, Ngurah Rai, Hasanuddin)
- b. Sekunder (Polonia, Badaruddin, Sepinggan, Sam Ratulangi, dll.)
- c. Tersier (Adi Sucipto, Syamsuddin Noor, Selaparang, Sentani, dll.)

Tugas Kelompok:

1. Jenis-jenis pesawat yang beroperasi di Indonesia saat ini dan karakteristiknya masing-masing
2. Jenis-jenis pesawat yang beroperasi di Eropa saat ini dan karakteristiknya masing-masing
3. Jenis-jenis pesawat yang beroperasi di Amerika saat ini dan karakteristiknya masing-masing
4. Jenis-jenis pesawat yang beroperasi di Asia saat ini dan karakteristiknya masing-masing
5. Jenis-jenis pesawat yang beroperasi di Timur Tengah saat ini dan karakteristiknya masing-masing

UKURAN, KAPASITAS PENUMPANG, DIMENSI PESAWAT, BERAT SAAT TAKE OFF DAN LANDING PANJANG RUNWAY YANG DIPERLUKAN, DSB.

40

AIRCRAFT CHARACTERISTICS RELATED TO AIRPORT DESIGN

Muchlisin, ST, M.Sc.

41

INTRODUCTION

The characteristics of aircraft are important factors for the design of the airport, such as :

1. Weight
2. Size
3. Wheel configuration
4. Capacity
5. Speed
(Runway length)



42

WEIGHT

Aircraft weight is an important factor for determining the thickness of the pavement system (rigid and flexible system) for landing area that consists of runway, taxiway, turning area and apron.

43

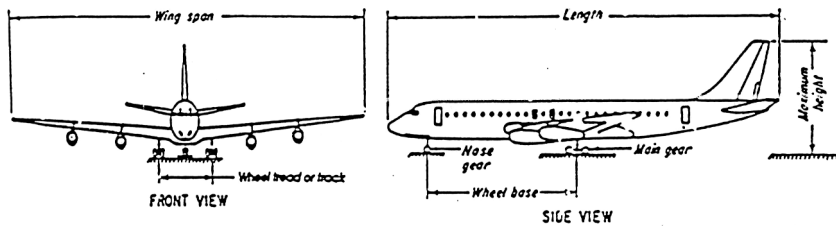
SIZE

The wingspan and the fuselage length of the aircraft will influence:

- (1) the size of parking aprons which in turn influences the configuration of the terminal building,
- (2) the width of runways and taxiways as well as distances between these traffic-ways.

44

Wing Span and Length of Aircraft



45

Wheel Configuration

- The wheel configuration dictates the thickness of pavement of landing area.
- Wide body aircraft have main landing gear configuration of dual or dual tandem which can distribute the load due to aircraft weight in to the pavement.

46

Wheel Configuration

Susunan Roda Pendaratan Utama	Tipe	Ukuran (inci)					Tekanan Pemompaan Tipe (Psi)
		X	Y	Z	U	V	
Dual wheel	B-727	34.0					168
	B-737	30.5					148
	MD-81	28.1					170
Dual Tandem	A-300	36.5	55.0				181
	A-310	36.5	55.0				172
	A-320	30.7	39.5				149
	B-707-122B	34.0	56.0				170
	B-707-320B	34.5	55.6				180
	B-777R	32.0	140.0				145
	B-757	34.0	45.0				161
	B-767	45.0	56.0				183
	Concorde	26.4	62.7				184
	DC-8-61	30.0	55.0				188
DC-8-62	32.0	56.0				187	
DC-8-63	32.0	55.0				196	
DC-10-10	54.0	64.0				173	
L-1011-500	52.0	70.0				184	

Susunan Roda	Tipe	Ukuran (inci)				Tekanan Pemompaan Tipe (Psi)
		X	Y	Z	U	
Double Dual Tandem	B-747-100	44.0	58.0	121.1	141.0	192
	B-747-200	44.0	50.0	121.1	141.0	204
	B-747-400	44.0	58.0	121.1	141.0	195
	B-747SP	44.0	58.0	121.1	141.0	205
Dual Tandem	A-340	55.0	78.0	39.0	211.0	38.0
	DC-10-30	54.0	64.0	30.0	216.0	37.5
	DC-10-40	54.0	64.0	30.0	216.0	37.5

*j) Tekanan roda tengah sebesar 134 psi mendukung 16 persen dari berat total
 **) Tekanan roda tengah sebesar 140 psi mendukung 16 persen dari berat total

47

Capacity

The passenger capacity has an important bearing on facilities within and adjacent to the terminal building, such as : waiting room capacity, the passenger facilities, land parking system, gate in the terminal for passengers boarding to the aircraft, ext.

48

Runway Length

The length of runway influence a large part of the land are required at the airport. Each aircraft has a basic runway length which is determined from the performance of aircraft when is landing or taking off. From the basic runway length can be obtained the actual runway length consider to environmental condition surrounding the airport. Discussion about determination of basic and actual runway length is described completely in the next lecture.

49

Tabel Data Pesawat

No	Jenis Pesawat	Tahun Produksi	Negara	Maskapai	Dimensi		Berat yang Diizinkan		Panjang Runway
					Panjang	Bentang Sayap	Take off	Landing	
1.	AIRBUS A320 - 200	1988 - sekarang	Indonesia	Air Asia	37,57 m	34,1 m	78,000 kg	66,000 kg	2,090 m
				Batik Air					
				CitiLink					
				Lion Air					
2.	BOEING 737 - 900ER	1997 - sekarang	Indonesia	Batik Air	42,1 m	35,7 m	85,130 kg	71,350 kg	3,000 m
				Lion Air					
				Garuda Indonesia					
3.	BOEING 737 - 300	1981 - 2000	Indonesia	Lion Air	33,4 m	28,9 m	62,820 kg	51,700 kg	2,300 m
				Sriwijaya Air					
				Sky Aviation					
				Garuda Indonesia					
4.	BOEING 737 - 400	1981 - 2000	Indonesia	Lion Air	36,5 m	28,9 m	68,050 kg	56,200 kg	2,540 m
				Sriwijaya Air					
				Kartika Airlines					
				Garuda Indonesia					
5.	BOEING 737 - 500	1981 - 2000	Indonesia	Sriwijaya Air	31,1 m	28,9 m	60,550 kg	50,000 kg	2,470 m
				Garuda Indonesia					
6.	BOEING 737 - 800	1998 - sekarang	Indonesia	Kaister Aviation	42,1 m	35,7 m	85,130 kg	71,350 kg	3,000 m
				Garuda Indonesia					
				Lion Air					
7.	BOEING 747 - 400	1988 - 2007	Indonesia	Garuda Indonesia	70,6 m	64,4 m	396,890 kg	-	3,200 m
				Lion Air					
8.	BOEING 777 - 300ER	1993 - sekarang	Indonesia	Garuda Indonesia	74,9 m	64,8 m	351,500 kg	251,290 kg	3050 m
9.	AIRBUS A330 - 200	1992 - sekarang	Indonesia	Garuda Indonesia	58,82 m	60,3 m	242,000 kg	182,000 kg	2,770 m
10.	AIRBUS A330 - 300	1992 - sekarang	Indonesia	Garuda Indonesia	63,69 m	60,3 m	242,000 kg	187,000 kg	2,770 m
11.	SUKHOI SUPERJET 100	2007 - sekarang	Indonesia	Sky Aviation	26,44 m	27,8 m	38,820 kg	35,000 kg	1,505 m
				Kartika Airlines					
12.	ATR 72-600	1988 - sekarang	Indonesia	Wings Air	27,17 m	17,05 m	22,800 kg	-	1,333 m
				Kaister Aviation					

50

Component of Aircraft Weight

The weight of aircraft is one of the major factor that influence the length of the runway. The weight of aircraft is the indicator for successful in the landing and take off of aircraft to/from the runways. Some weight aspect that must be understood to the airlines operation are :

1. Operating Empty Weight (OEW)
2. Payload
3. Zero Fuel Weight
4. Maximum Ramp Weight
5. Maximum Take-Off Weight
6. Maximum Landing Weight



51

Operating Empty Weight (OEW)

BEBAN DASAR TERMASUK CREW DAN RODA (tidak termasuk muatan dan bahan bakar)

• Definition

The basic weight of the aircraft including the crews and all of the necessary gear in ready flight, but it is not including payload and fuel.

• Considered Amount of Weight

The OEW is not a constant for aircraft's passenger but varies depending on the seating configuration.

Operational Empty Weight: Ini adalah berat pada waktu pesawat sudah diserahkan oleh pabrik pada maskapai, maka pesawat sudah mulai diisi:

- oli mesin,
- *unuseable fuel*, jika tanki bahan bakar dikosongkan maka ada sisa bahan bakar di pipa-pipanya/di tankinya,
- bahan kimia dan cairan toilet,
- alat-alat darurat seperti megafon, kapak, pemadam api, tabung oksigen, dll
- Kursi-kursi
- Perlengkapan catering
- Dokumen yang ada di pesawat
- Berat awak pesawat dan perlengkapannya.

52

Payload

BERAT MUATAN (CARGO, PENUMPANG dan bagasi)

Payload is a term which refers to the total revenue producing load that includes passengers, mails and cargo. Maximum payload is the maximum load which the federal government certifies the aircraft to carry whether this load can be cargo, passenger or combination of both.

53

Zero Fuel Weight (ZFW)

beban maksimum yang terdiri DARI berat operasi kosong, beban penumpang dan barang

- Zero fuel weight consists of operating empty weight (OEW) and maximum payload, so that when the aircraft is in flight, the **bending moments** at junction of the wing and fuselage do not become excessive.
- Theoretically, the maximum payload is the difference between the zero fuel weight and the operating empty weight (OEW).
- Kemampuan pesawat untuk menerima beban tanpa ada bahan bakar di sayap pesawat dan tanki yang ada di badan pesawat

54

Maximum Ramp Weight (MRW)

beban maksimum untuk melakukan gerakan, atau berjalan dari parkir pesawat ke pangkal landas pacu (TAXI)

- Maximum weight for ground maneuvering on taxiing between the apron and the end of the runway as limited by aircraft strength and airworthiness requirements. As the aircraft taxis, it burns fuel and consequently loses weight.
- Selama melakukan gerakan ini, maka akan terjadi pembakaran bahan bakar sehingga pesawat akan kehilangan berat.

55

Maximum Take-Off Weight(MTOW)

BEban maksimum pada awal lepas landas sesuai dengan bobot pesawat dan persyaratan kelayakan penerbangan.

Maximum weight at start of take off as limited by aircraft strength and airworthiness requirements.

= Maximum Structural Take-off Weight (MSTOW)

56

Maximum Landing Weight (MLW)

beban maksimum pada saat roda pesawat menyentuh lapis keras (mendarat) sesuai dengan bobot pesawat dan persyaratan kelayakan penerbangan.

Maximum weight at touchdown for landing as limited by aircraft strength and airworthiness requirements.

= Maximum Structural Landing Weight (MSLW)

CONTOH KASUS:

Mari teori di atas kita jadikan angka sehingga lebih mudah dimengerti. Saya akan ambil perumpamaan sebuah pesawat Airbus A330-200.



Maximum Taxi Weight pesawat ini 233,9 ton

Pesawat ini memiliki Maximum Taxi Weight (MTW) sebesar 233.900 kg (233,9 ton). Artinya struktur pesawat A330 mampu menahan berat 233,9 ton pada waktu bergerak di darat (taxi). Berat ini juga sering disebut Maximum Ramp Weight.

Maximum Taxi Weight=233,9 ton

Pesawat A330 ini memiliki batasan lain yang disebut Maximum Take Off Weight (MTOW) sebesar 233.000 kg. Artinya berat tersebut adalah berat maksimum yang bisa ditahan oleh seluruh badan dan sayap pesawat pada waktu mulai lepas landas.

Maximum Take Off Weight (MTOW)=233 ton

Lalu jika dia hanya bisa terbang dengan berat 233 ton mengapa strukturnya dibuat bisa menahan 233,9 ton di darat? Perbedaan berat ini digunakan untuk membawa bahan bakar yang dipakai untuk bergerak di darat.

CONTOH KASUS:

Jadi misalnya sebuah pesawat A330 akan terbang dengan berat maksimumnya sebesar 233 ton, dan butuh bahan bakar untuk taxi ke landasan sebanyak 500kg, maka pada waktu mulai bergerak, beratnya adalah 233,5 ton. Pada waktu sampai di landasan, berat bahan bakar sebanyak 500kg ini sudah habis terbakar, jadi pesawat masuk ke landasan dengan berat "hanya" 233 ton.

Pada waktu lepas landas berat pesawat adalah berat dari pesawat itu sendiri dan isinya. Isinya bisa anda tebak adalah awak pesawat dan bawannya, penumpang dan barang bawannya, kargo, bahan bakar, oli mesin pesawat, cairan hidrolik dan perlengkapan serta pemak-pemak yang ada di pesawat seperti oven, makanan, dll.

Katakanlah pesawat tersebut terbang selama 10 jam dan menghabiskan 60 ton bahan bakar, maka pada waktu mendarat beratnya adalah 233-60=173 ton saja. Kita lihat di sini bahwa pesawat selalu akan mendarat dengan berat yang lebih sedikit dibandingkan pada waktu lepas landas.

Kemampuan pesawat terutama struktur roda pendarat menerima beban pada waktu mendarat disebut *Maximum Landing Weight*.

Maximum Landing Weight (MLW)=182 ton

Biarpun pesawat ini bisa terbang dengan 233 ton, tapi ternyata untuk mendarat beratnya dibatasi hanya dengan berat 182 ton saja. Bagaimana jika setelah lepas landas, karena sesuatu hal pesawatnya harus kembali mendarat padahal beratnya masih di atas 182 ton? Jika dilengkapi dengan perangkat *fuel jettison*, alat untuk membuang bahan bakar, maka pesawat akan terbang berputar di daerah yang aman untuk membuang bahan bakar sampai beratnya turun. Jika tidak, maka pesawat akan berputar untuk menghabiskan bahan bakar sampai beratnya turun ke 182 ton. Pasti anda akan bertanya bagaimana kalau terjadi keadaan darurat dan pesawat harus mendarat secepatnya? Dalam kasus ini, pesawat dibolehkan mendarat dengan berat di atas *Maximum Landing Weight*.

Maximum Landing Weight 182 ton

Mari kita lihat definisi berat lainnya yang bisa kita ketahui dari sebuah pesawat. Sebelumnya perlu juga diketahui definisi berat untuk pesawat airliner ini lebih rumit bila dibandingkan dengan pesawat *general aviation* seperti pesawat latih dan pesawat kecil lainnya.

Definisi di bawah diambil dari *Flight Crew Operating Manual* Airbus A330. Pabrik pesawat lain mungkin mempunyai definisi yang berbeda.

Manufacturer's Empty Weight (atau sering hanya disebut *Empty Weight*): Ini adalah berat pesawat yang kosong tanpa muatan pada waktu keluar dari pabrik, yang terdiri dari berat struktur pesawat termasuk mesin, juga berat dari cairan yang dibutuhkan oleh sistem pesawat seperti cairan hidrolik.

HOW far can an AIRCRAFT FLY ?

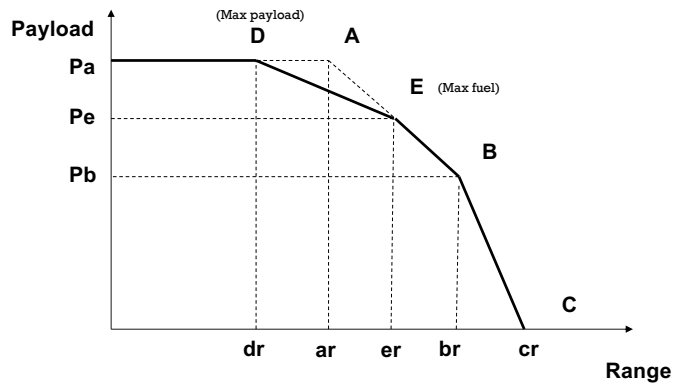
The distance it can fly is referred to as the range.

A number of factors influence the range of aircraft among the most important is payload.

If the range is increased, the payload is decreased, with a weight take-off occurring between fuel to fly to the destination and the payload which can be carried.

The relation between both parameter is illustrated in the payload vs. range curve.

PAYLOAD versus RANGE



61

Explanation of the Curve

A	The farthest distance "ar" which an aircraft can fly with a maximum payload "Pa". The aircraft must take off at its maximum TOW.
B	The farthest distance of "br" which an aircraft can fly if its fuel are completely filled however the payload can be carried is $P_b < P_a$. The aircraft must take off at its maximum TOW.
C	The maximum distance of an aircraft which can fly of "cr" without any payload. It is referred to as the <u>ferry range</u> and is used for delivery of aircraft. The aircraft can take off at less than its maximum structural take-off weight, however the maximum of fuel is necessary.
DE	The range of the aircraft when payload is limited by <i>the maximum structural landing weight</i> (MSLW).
Payload Curve at the connected line of Pa - D - E - B - C instead Pa-A-B-C	

62

Example of Payload vs Range Curve For Some Aircrafts

Jenis Pesawat	Pa	ar	Pb	br	cr	dr	Pe	Er
DC-9-32	30.1	-	-	-	1600	900	27.5	1230
B-727-200	37.5	-	-	-	2200	450	23	1800
B-747 B	100.7	3900	65	6100	6900	-	-	-

Keterangan :
Berat dalam 1000 lbs. dan jarak dalam *nautical mil*

63

Summary the Equation for Computing Payload-Range Curve

- $MSTOW = OEW + \text{max.struct.payload} + \text{allowable fuel}$
- $MSTOW = OEW + \text{max.fuel} + \text{allowable payload.}$
- $MLW = MSTOW - \text{route fuel.}$
- Reserve fuel = reserve time in route service * average route speed * average fuel burn.
- Allowable fuel = route fuel + reserve fuel.

64

Example Problem (see at page 101)

The weight characteristics (in lb) of a commercial aircraft are :

- MSTOW= 220,000;
- MLW=198,000;
- Zero Fuel Weight = 182,513;
- Operating Empty Weight= 125,513;
- Max. Structural Payload = 57,000;
- Fuel Capacity = 75,400.

It's assumed that the regulations governing the use of aircraft require 1.25 hours reserve in route service. The aircraft has an average route speed of 540 kmph and an average fuel burn of 22.8 lb/m. Plot the payload versus range diagram !

65

Solution :

- Find served range that aircraft carries the maximum payload ($P_a - ar$)

formulation: $MSTOW = OEW + Max.Payload + Allow.Fuel$

$$220,000 = 125,513 + 57,000 + Allow.Fuel$$

$$Allow.Fuel = 37,487 \text{ lb.}$$

$Allow.Fuel = Reserve \text{ Fuel} + Route \text{ Fuel}$

$Reserve \text{ F.} = reserve \text{ time} * avr.route \text{ speed} * avr.fuel \text{ burn}$

$$= 1.25 * 540 * 22.8 = 15,390 \text{ lb.}$$

$$Route \text{ Fuel} = 37,487 - 15,390 = 22,097 \text{ lb.}$$

$$Range \text{ at } P_a = 22,097 / 22.8 = 969 \text{ mi.}$$

66

For Controlling Weight that the landing weight at destination cannot exceed the MSLW.

The actual landing weight for maximum payload (P_a) is :

$$LW = MSTOW - route \text{ fuel}$$

$$= 220,000 - 22,097 = 197,903 \text{ lb. } (< 198,000 \text{ lb.})$$

The point of $P_a - ar$ in plotted Payload vs. Range diagram is

(57,000 lb.; 969 mi)

(25,85 ton ; 1.559,45 km)

67

- Find served range that aircraft carries the maximum fuel ($P_b - br$).

Aircraft fuel capacity at 75,400 lb. Therefore, the maximum route fuel is computed from the weight of fuel capacity subtracted the reserve fuel.

$$Max.route \text{ fuel} = 75,400 - 15,390 = 60,010 \text{ lb.}$$

$$Range \text{ at } max.fuel = 60,010 / 22.8 = 2632 \text{ mi.}$$

Thus, if the aircraft flies in max.route length of 2632 mi, the payload must be restricted by subtracting the OEW and Weight of fuel capacity from MSTOW.

68

formulation: $MSTOW = OEW + Allow. Payload + Max. Fuel$

$$220,000 = 125,513 + Allow. Payload + 75,400$$

$$Allow. Payload = 19,087 \text{ lb.}$$

The point of Pb-br in plotted Payload vs. Range diagram is **(19,087 lb.; 2632 mi)**

(8,658 ton ; 4.235,9 km)

69

- Find served range that aircraft flies without any payload and carries the maximum fuel ($P_o - Cr$: *Ferry Range*).

Ferry Range = Max. Fuel Capacity / Fuel Burn

$$Ferry Range = 75,400 / 22.8 = 3307 \text{ mi.}$$

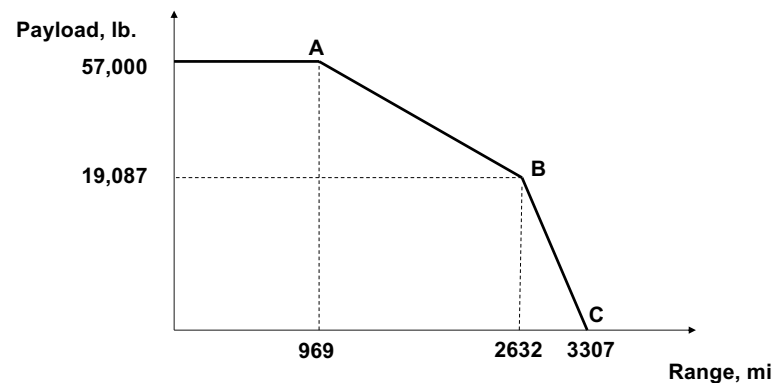
The point of $P_o - cr$ in plotted Payload vs. Range diagram is

(0 lb.; 3307 mi)

(0 kg.; 5.322,1 km)

70

Plotted PAYLOAD versus RANGE Diagram



71

HW:

Berat pesawat komersial (dalam lb) memiliki data sebagai berikut.

- | | |
|---------------------------|------------|
| • MSTOW | 320.000 lb |
| • MSLW | 253.800 lb |
| • ZFW | 238.313 lb |
| • OEW | 171.000 lb |
| • Max. Structural Payload | 112.800 lb |
| • Fuel Capacity | 131.200 lb |
| • Reserve hours | 1,97 hour |
| • Average route speed | 551 kmph |
| • Average fuel burn | 25,40 lb/m |

Buatlah diagram payload versus range!

72

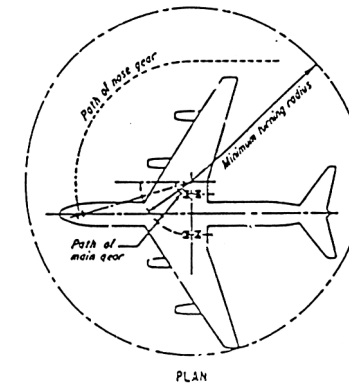
Turning Radii

The geometry of an aircraft movement is important aspect for determining aircraft position on the apron adjacent to the terminal building and establishing the paths of the aircraft to the other location in airport.

Turning radii are a function of the nose gear steering angle. The larger angle is the smaller the radii. From the center of rotation, the distances to the various parts of the aircraft (wing tips, nose, etc.) create a number of radii. The data of the minimum turning radius corresponds to the maximum nose gear steering angle specified by manufacturer that is vary from $60 - 80^\circ$. The lesser angles on the order of 50° or more is used to prevent the excessive tire wear and in some instance result scuffing of the pavement surface.

73

Turning Radii



74

Static Weight on the Main and the Nose Gear

The distribution of the load between the main gears and the nose gear depends on the type of aircraft and the location of its center of gravity. However, the distribution of weight between both gears is not constant. For pavement design, 5 % of the weight is supported on the nose gear and the remainder on the main gear. If there are 2 main gear, each gear supports 47.5 % of the weight.

75

Wing-tip Vortices

Whenever the wings lift an aircraft, vortices form near the ends of the wings. The vortices are made up of two counterrotating cylindrical air masses about wing apart extending aft along the flight path. The velocity of the wind within the cylinders can be hazardous to the other aircraft encountering them in the flight. The winds created by vortices are often referred to as wave turbulence or wave vortex.

76

Effect of Wave Turbulence



77

Landing and Take off Video



78

Example of Technical Data for Some Aircrafts

Aircraft Type	MTOW (lbs)	Wheel Configuration	Wheel Pressure (MPa)	Wheel Pressure (Psi)	Load on main gear leg (%)	Load on Nose Wheel (%)
B-737-100	97711,45	Dual Wheel	0,95	137,6812	46,2	7,6
B-737-200	128484,58	Dual Wheel	1,25	181,1594	46	8
B-737-300	135378,85	Dual Wheel	1,34	194,2029	45,9	8,2
B-737-400	142872,25	Dual Wheel	1,44	208,6957	46,9	6,2
B-737-500	133878,85	Dual Wheel	1,34	194,2029	46,1	7,8
F28	64942,73	Dual Wheel	0,69	100	46,3	7,4
MD82	150365,64	Dual Wheel	1,27	184,058	47,6	4,8
F.100	98414,096	Dual Wheel	0,98	142,029	47,8	4,4

79

B 737-500



80

B 737-400



81

B 737-300



82

B 737-200



83

B 737-100



84

FOKKER 100



85

FOKKER 28



86

MD-82



87

AIR TRANSPORTATION



AIRPORT PLANNING AND CHARACTERISTICS

Muchlisin, ST, M.Sc.

88

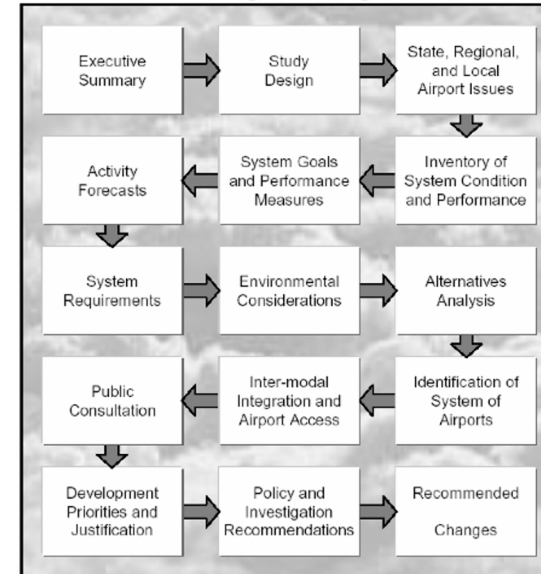
Airport System Planning Process



Source: FAA AC: 150/5070-7 (2004)

89

Elements of an Airport System Plan Report



Source: FAA AC: 150/5070-7 (2004)

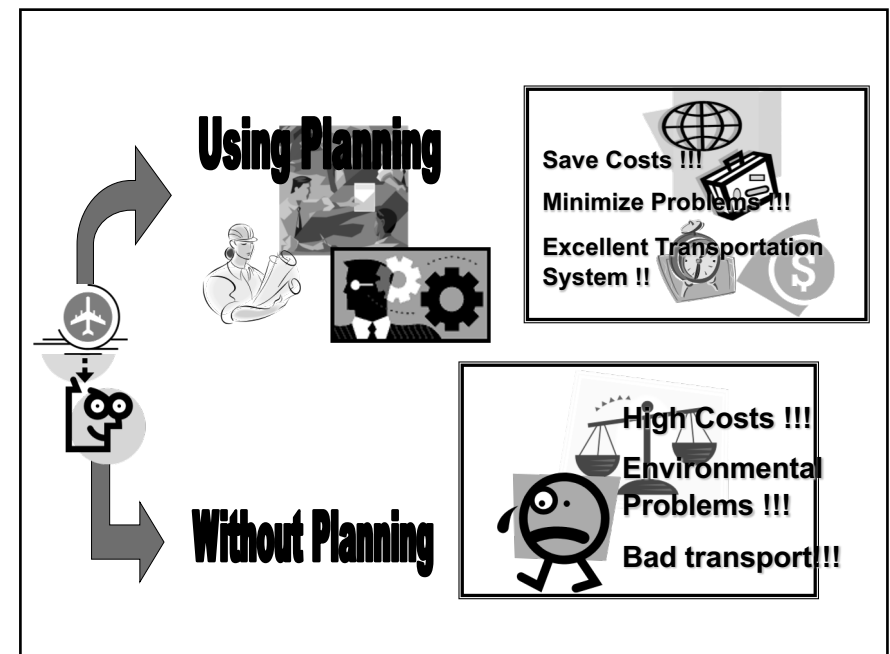
90

What is PLANNING ?

• Planning Philosophy in Airport Design

The efficient airport as a whole is that which provides the required capacity for aircraft, passenger, cargo and vehicle movement with maximum passenger, operator and staff convenience and at lowest capital and costs.

91



92

The Planning System

- Planning airport is complicated by the diversity of facilities and services which are necessary for the movement of aircraft, passengers and cargo and the ground vehicles associated with them, and the necessity to integrate their planning.
- Airport planning is the evaluation of a compromise between conflicting features of the best plan for each of the individual facilities for providing the greatest degree of flexibility and expansibility for future development.

93

What's NEEDED in the airport planning!

- **An Airport Master Plan** : “presents the planners conception of the ultimate development of a specific airport”.
- **Master plan** are applied to the modernization and expansion of existing airports and to construction of new airports.

94

Airport Master Plan as A Guide

- Development of physical facilities of an airport (aviation or non aviation use).
- Development of land uses for areas surrounding an airport.
- Determination of the environmental effects of airport construction and operation
- Establishment of access requirements of the airport.

95

Type of Activity Involved in the Master Plan Process

- Policy/co-ordinative planning.
- Economic Planning.
- Physical Planning.
- Environmental Planning.
- Financial Planning.

96

Steps in Planning Process

- Prepare a master planning work programme.
- Inventory and document existing condition.
- Forecast future air traffic demand.
- Determine gross facilities requirements and preliminary time-phased development of same.
- Evaluating existing and potential constraints.
- Agree upon relative importance or priority of various elements such as airport type, constraints, political and other consideration.
- Develop several conceptual or master plan alternatives for purposes of comparative analysis.
- Review and screen alternative conceptual plans.
- Select most acceptable and appropriate alternative.

97

Plan Update Recommendations

Master plan should be ...

- reviewed at least annually and adjusted as appropriate to reflect conditions at the time of review.
- thoroughly evaluated and modified every five year, or more often if change in economic, operational, environmental and financial condition indicate an earlier need for such revision.

98

Limitation of Master Plan

- Master plan is just a guide and nothing more.
- Master plan is not implementation programme.
- Master plan does not develop specific with respect to improvements, it is only a guide to the types of improvements.

99

Airport Site Evaluation and Selection

• Introduction

The provision of a new airport or the development of an existing one involves substantial capital investment and large-scale construction works. In order to avoid premature obsolescence and waste of valuable financial and material resources, it is important that they should have the longest useful possible life which is achieved with providing the sufficient ground area for progressive development in step with growth in air traffic demand, for realization of maximum benefit from the investment and to ensure the safety of aircraft operation and to avoid hazards or discomfort to the surrounding community without limiting growth or the efficiency of an airport. Therefore, sites must be chosen with land area which offer the best potential for long-term development at least financial and social cost.

102

Major Steps in the Site Evaluation and Selection Process

- Broad determination of the land area required.
- Evaluating of factors affecting airport location.
- Preliminary office study of possible sites.
- Site inspection.
- Environmental study.
- Review of potential sites.
- Preparation of outline plans and estimates of costs and revenues.
- Final evaluation and selections.
- Report and recommendations.

103

Broad determination of the land are required.

- Before inspection any potential sites including existing sites, it is necessary to make a broad assessment of land area likely to be required.
- This can be achieved by considering the space necessary for runway development which generally forms the major proportion of land required for an airport.
- It requires consideration of the following factors : runway length, runway orientation, number of runways and combination of above factors to form an outline scheme for rough assessment of the order of magnitude of land required.

104

Airport Configuration

- Airport configuration is defined as the number and orientation of runways and the location of the terminal area relative to the runways.
 - Number of runways depends on air traffic volume.
 - Orientation of runways depends on the direction of wind, size and shape of the area and land use and airspace use restrictions in the vicinity of airport.
 - The terminal building should be located so as to provide easy and timely access to runways.

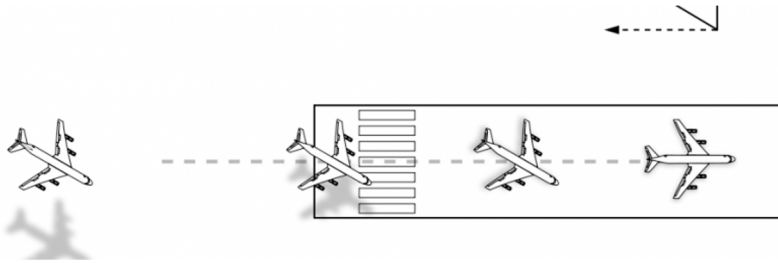
105

(1). Runway Length

- This material will be discussed in the next chapter which talks about the determination of runway length.

106

(2). Runway Orientation



107

Analysis of Wind for Orienting Runways

- Runways are oriented in the direction of prevailing winds.
- The data on the parameters of wind namely, intensity (speed), direction and duration are essential to determine the orientation of runways.
 - High intensity winds perpendicular to the direction of runway cause wobbling effect and cause problems during landing and takeoff of aircrafts.
 - Smaller aircrafts are particularly effected by these crosswinds.

108

Airport Site Selection

- Aviation Activities.
- Development of Surrounding Area.
- Atmospheric Condition
- Accessibility to ground transport.
- Availability of land for expansion.
- Topography.
- Environment.
- Presence of other airports in the general area.
- Availability of utilities.
- Proximity to aeronautical demand.

116

Aviation Activity

- The needed information is got from consulting to the aircraft operators, potential operators and pilot organizations.

117

Development of Surrounding Area

- The information is collected from planning authorities and agencies in order to obtain plans of existing and future land use.
- A disturbance by the activity of airport on the residential area and school, should be as less as possible.
- The study of prospective land uses is essential to avoid the future conflicts.

118

Atmospheric conditions

- Obtain data on presence of fog, haze, smoke which may consequently reduce the visibility and the capacity of an airport. List any special local weather factors for example variation in weather pattern, prevailing winds, fog, low cloud, rainfall, snow, turbulence, etc.

119

Accessibility to ground transport

- Transit time from passengers point of origin to the airport is a matter of major concern.
- Note the location of roads, railways and public transport routes.

120

Availability of land for expansion

- Availability of suitable land for the future expansion of an airport is necessary. Study aeronautical, land, road and topographical map to ascertain area with suitable slopes and drainage. Review the geological maps showing distribution of soil and rock types. Ascertain location and availability of construction materials, quarries, etc. Ascertain general land values for various area and usage (residential, agricultural, etc.)

121

Topography

- Note significant factors affecting cost of construction such as the need for excavation or filling, drainage and poor soil conditions.

122

Environment

- Note locations of wildlife reserves and migratory areas, and also note noise-sensitive areas such as school and hospital.

123

Presence of other airports

- Note locations of existing airports and ATS routes together with their associated airspace and any future plans to change them.

124

Availability of utilities

- Note locations of main power, water supplies, sewage and gas mains, telephone services, etc.



125

Factor Influenced Airport Size

- Performance characteristics and size of aircraft expected to use the airport.
- Anticipated volume of traffic.
- Meteorological condition.
- Elevation of site.

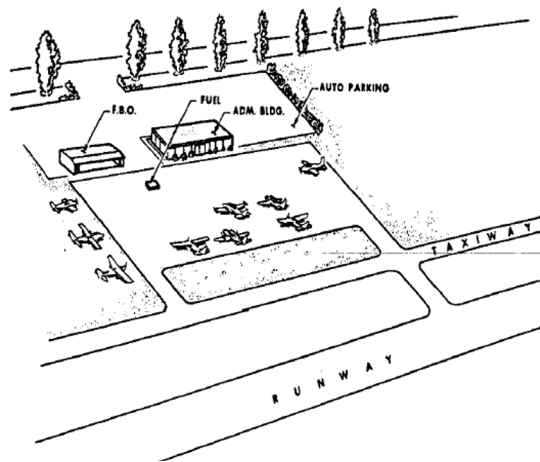
126



What do YOU know about Airport Layout and Diagram ?

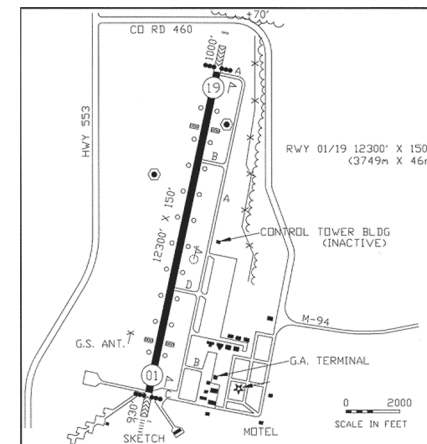
127

Simple Layout of Airport (3 D)

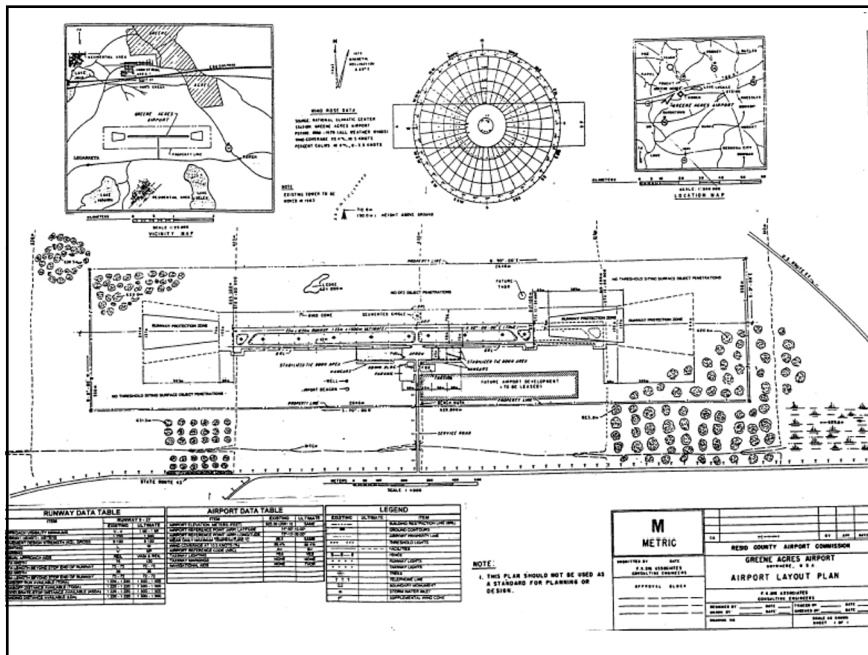


128

Airport Diagram



129



130

Runway Configurations

- Many runway configurations exist•
- Most are combinations of these basic configurations:
 - Single runway
 - Parallel Runways
 - Two parallel runways
 - Two parallel runways with staggered thresholds
 - Four parallel runways
 - Intersecting runways
 - Open-V Runways

131

Typical Desirable Airport Configurations

- Single Runway Layout
- Two Parallel Runway Layout
- Staggered Parallel Runway Layout
- Open-V Runway Layout
- Four Parallel Runway Layout

132

Flight Operation Rules

- Aircrafts operate under two basic types of flight rules
- Visual Flight Rules
 - These rules apply when weather conditions are such that aircrafts can maintain safe separation by visual means.
 - Aircrafts are allowed to fly under “see and be seen principle”. Air traffic controllers exercise minimum control under VFR. Intervene only when there is need (Passive Control)
- Instrument Flight Rules
 - These rules apply when visibility falls below the minimum level fixed for VFR operations.
 - In IFR conditions, safer separation is the responsibility of air traffic control personnel.
 - In other words air traffic controllers exercise positive control when IFR apply.

133

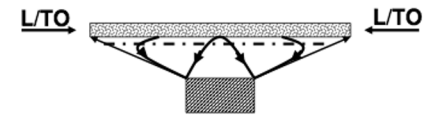
Single Runway



- This is the simplest of the runway configurations.
- Suitable when winds predominantly blow along the runway and the peak hour air traffic demand is less than 50 operations.
- When winds are light, both ends can be used for both arrivals and departures (L/TO).
- When winds are strong only one end can be used for operations.
- The capacity of a single runway depends on air traffic mix and type of control.
 - VFR: 50 – 100 operations
 - IFR: 50 – 70 operations

134

Single Runway Layout



- It is assumed that the takeoffs and landings will be about equal in each direction.
- If the terminal is located in the middle, the taxiing distances are equal for departing aircrafts, irrespective of the end of the runway used.
- This layout is also convenient for the arriving aircrafts, irrespective of to which end they land.

135

Single Runway Airport

Bandar Adisucpto



136

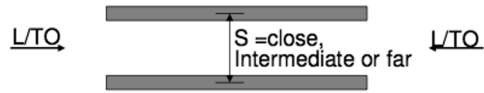
Single Runway Airport



Kai Tak International
Airport

137

Two Parallel Runways



- Suitable when winds predominantly blow along the parallel runways and the peak hour air traffic demand is high (over 50 operations).
- The capacity of two parallel runways depends on the spacing between them, runway usage strategy and air traffic mix.
- The centre line separation between two parallel runways is classified as *close (210 m – 750 m)*, *intermediate (750 m – 1290 m)* and *far (>1290 m)*.
 - When the spacing is close, under IFR, operation of one runway is dependent up on the operations on the other runway
 - When the spacing is intermediate, under IFR, an arrival on one runway is independent of a departure on the other runway.

138

Two Parallel ... cont'

- When the spacing is far, under IFR, the two runways can be operated independently.
- On closely spaced runways, under VFR, simultaneous arrivals and departures can be allowed; i.e., arrivals can occur on one runway while departures are occurring on the other runway.
- Simultaneous arrivals to both runways or simultaneous departures from both runways can not be allowed on closely spaced runways under VFR conditions.
- Intermediate and far parallel runways, under VFR conditions, may be operated independently; i.e., simultaneous arrivals to both runways or simultaneous departures from both runways can be allowed.

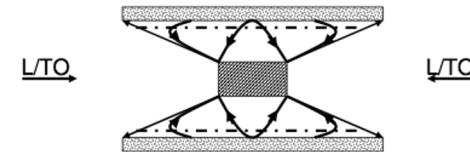
139

Capacity of Two Parallel Runways

Spacing (m)	Capacity (operations/hr)	
	IFR	VFR
Close (210 – 750)	50 – 60	60 -200
Intermediate (750 – 1290)	60 – 75	
Far (>1290)	100 - 125	

140

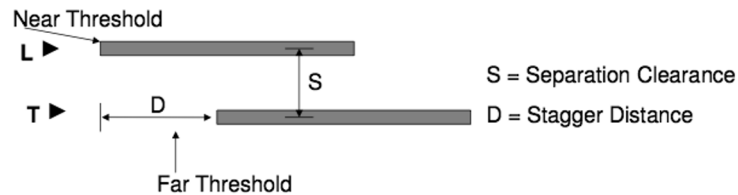
Two Parallel Runway Layout



- It is not desirable to place the terminal building to one side of the parallel runway system. Taxiing distances will become longer and aircrafts on the ground have to cross active runways. This will reduce the capacity of the system.
- In the case of two parallel runway system, it is desirable to locate the terminal centrally in between the two runways.
- When the winds are light landings and takeoffs can be made in either direction.

141

Staggered Parallel Runways



142

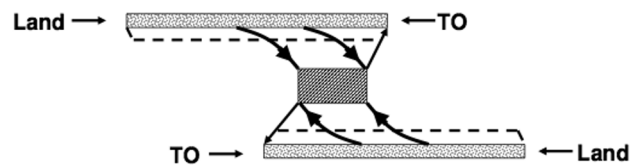
- The staggering may be necessary because of the shape of the area
 - When the terminal building is located in between the two runways and when one runway is exclusively used for take off and the other for landing, the taxiing distance for arriving and departing aircrafts becomes minimum.

- Adjustment to separation clearance is allowed for simultaneous arrivals and departures.

- If the approach is to the near threshold, the requirement on separation clearance can be reduced by 30 m for every 150 m of stagger to a minimum separation of 300 m.
- If the approach is to the far threshold, the separation has to be increased by 30 m for every 150 m of stagger.

143

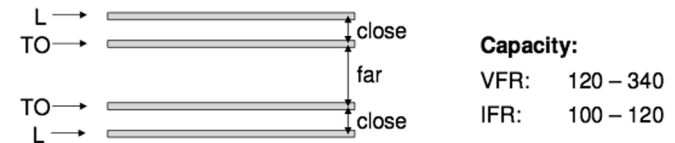
Staggered Parallel Runway Layout



- In this layout, it is desirable to use one runway exclusively for takeoffs and the other exclusively for landings.
- The above runway-use-strategy with landings to the near threshold results in maximum capacity.
- The above layout and the associated runway-use strategy results in reduced taxiing distances for both takeoff and landing.

144

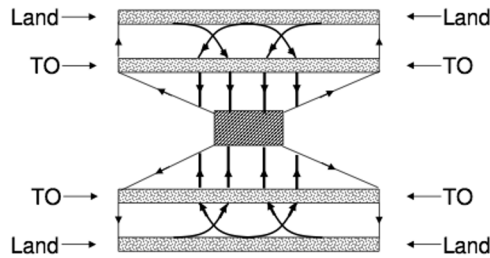
Four Parallel Runways



- Four parallel runways are planned to take care of high demand and when the winds are predominantly blowing along the runways.
- In the case of four parallel runways, the runways are paired. Within the pair the runways are spaced closely, but the pair is spaced far apart.
 - Terminal building is located between the pairs.
 - The desirable mode of operation is to dedicate the outer runways for arrivals and inner runways for departures.

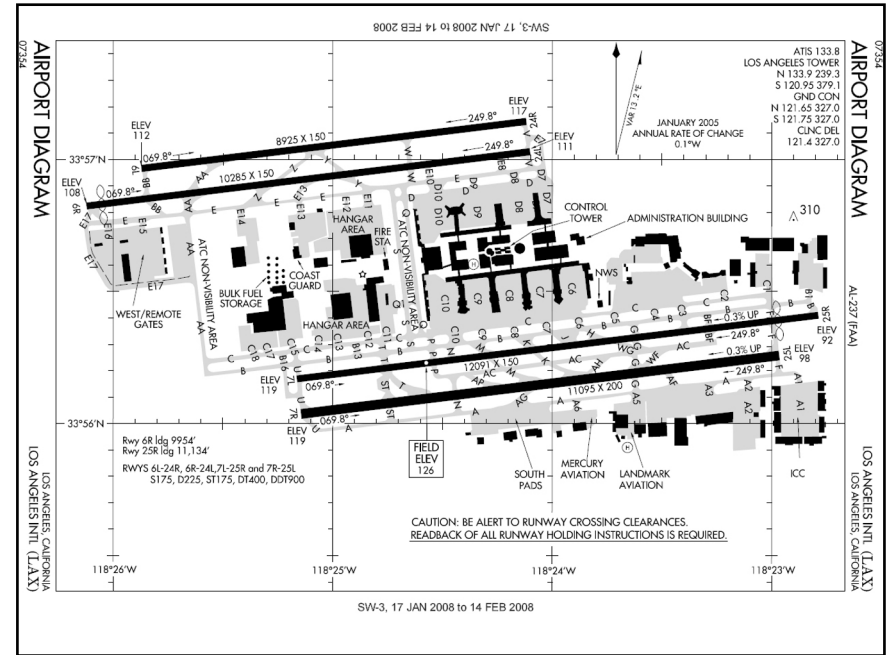
145

Four Parallel Runway Layout



- In order to avoid interference from taxiing aircrafts, it is desirable to reserve two runways exclusively for landing and two for takeoffs.
- The terminal area is centrally located between the two pairs of runways.
- The two outer runways are designated for landing and the two runways adjacent to the terminal area are used for departures.
- The crossing of active runways by arriving aircrafts is preferred to the crossing of active runways by departing aircrafts by air traffic control.

146



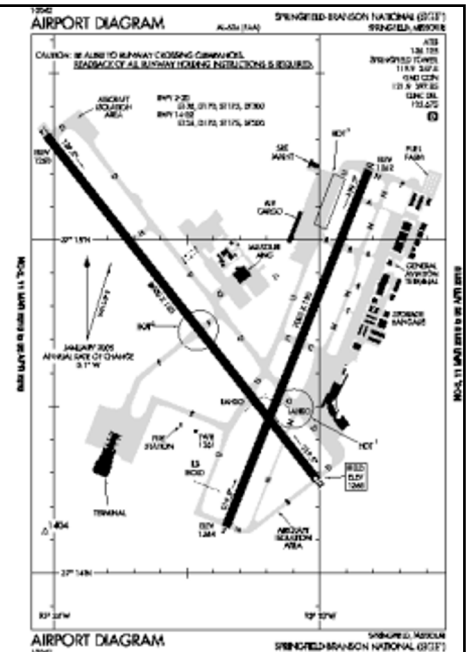
147

Intersecting Runway

- It becomes necessary to use this configuration when winds are blowing in more than one direction.
 - When the winds are light both runways can be used.
 - When the winds are strong only one runway can be used.
- Capacity depends on the location of the intersection point and the runway-use-strategy.
 - The farther the intersection is from the takeoff end of the runway and the landing threshold, the lower is the capacity.
 - Highest capacity is achieved when the intersection is close to the takeoff end and the landing threshold.

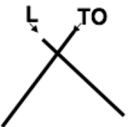
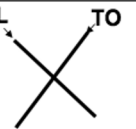
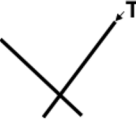
148

Intersecting Runway Airport



149

Capacity of Intersecting Runways

Configuration & Usage Strategy	Capacity (operations/hour)	
	IFR	VFR
	60 – 70	70 – 175
	45 – 60	60 – 100
	40 – 60	50 – 100

150

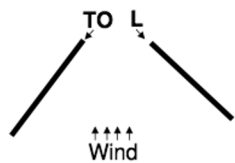
Open-V Runway

- Runways in divergent directions which do not intersect are referred to as *open-V runways*.
 - When the winds are blowing in different directions, if the layout of the land permits, this configuration is preferred to intersecting runways.
 - Both the runways can be operated only when the winds are light.
- The runway-use-strategy where in the operations are away from the “V” yields highest capacity.

151

Capacity of Open-V Runways

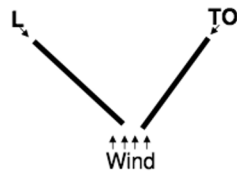
Diverging Pattern



VFR: 60 – 180 operations/hr

IFR: 50 – 80 operations/hr

Converging Pattern

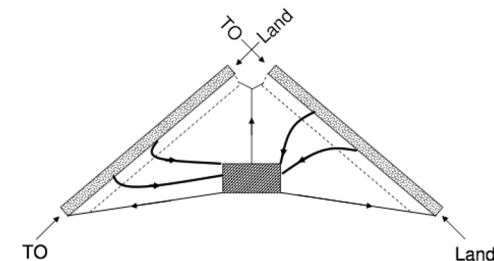


VFR: 50 – 100 operations/hr

IFR: 50 – 60 operations/hr

152

Open-V Runway Layout

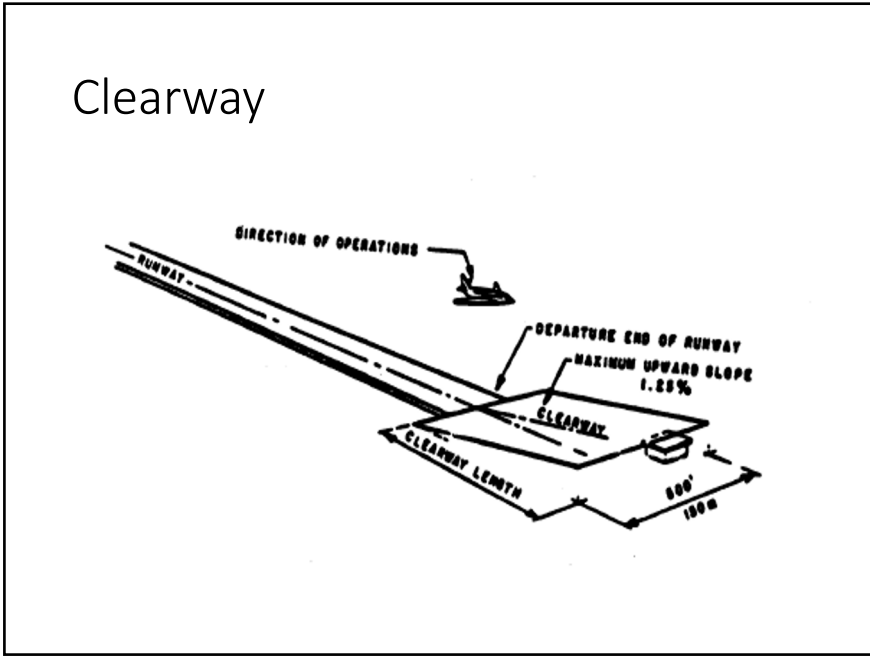


- In this configuration it is desirable to locate the terminal area centrally as shown.
- When the winds are light both runways can be used for landing or takeoff.

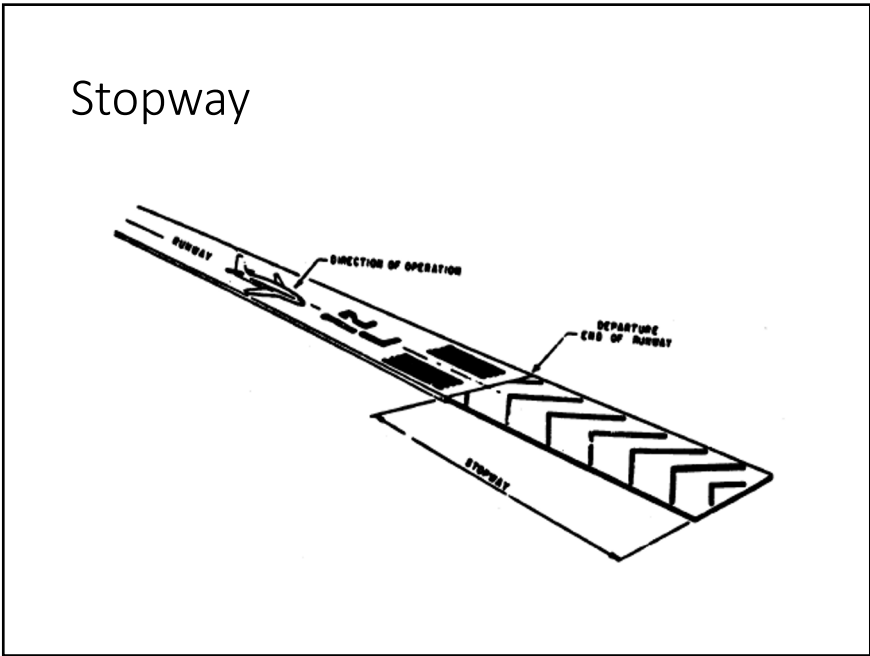
153



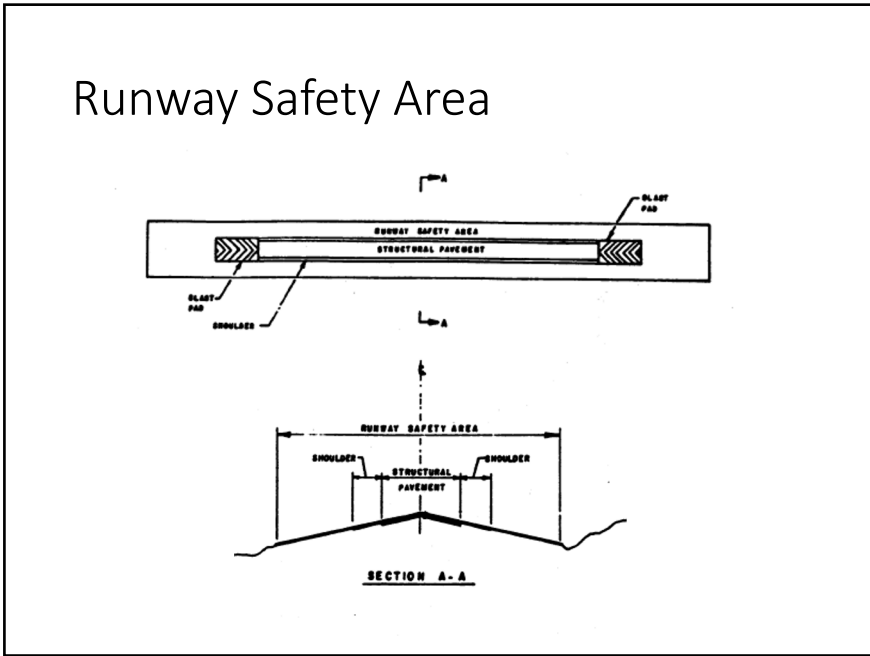
154



155



156



157

Taxiway System

- The movement of aircrafts to and from the runways and the terminal/cargo, and parking areas is provided by a system of **taxiways**.
- This system of taxiways includes
 - *Entrance and exit taxiways*
 - *Parallel taxiways*
 - *Bypass taxiways*
 - *Connecting or transverse taxiways*
 - *Apron taxiways and taxi-lanes.*

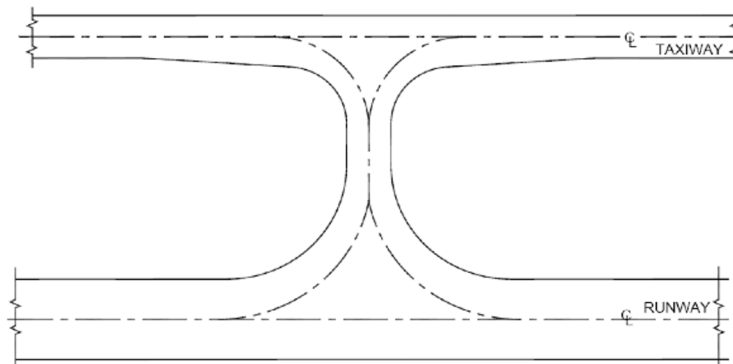
158

Exit Taxiways

- These are taxiways provided at appropriate locations along the length of runway so that the landing aircrafts can maneuver out of the runway minimising their runway occupancy time.
- Right angled exit taxiways:
 - These are exit taxiways placed at right angles to the runway. When the design peak hour traffic is less than 30 operations (landings and takeoffs), a properly located right- angled exit taxiway will achieve an efficient flow of traffic.
- High speed exit taxiways:
 - These exit taxiways are placed at acute angle (sudut tajam) to the runway and are designed to provide high exit (turnoff) speeds. These high speed exit taxiways when properly designed in terms of their number, location and exit speed can enhance the capacity of the runway.

159

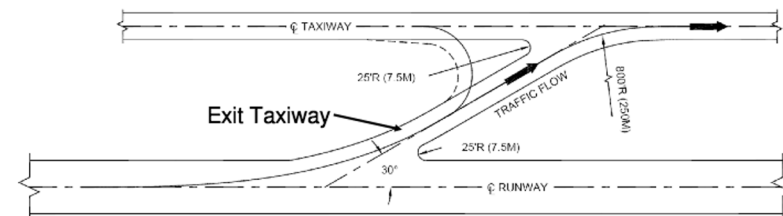
Typical Right Angled Exit Taxiway



Source: FAA AC: 150/5300-13 (1989)

160

Typical High Speed Exit Taxiway

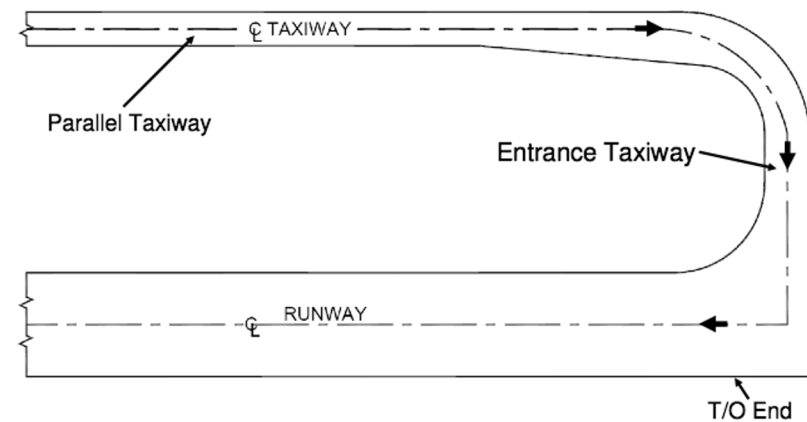


161

Entrance & Parallel Taxiways

- **Entrance Taxiway:**
 - Entrance taxiways provide access to the takeoff end of the runway for the departing aircrafts and it also serves as the final exit taxiway for landing aircrafts on a bidirectional runway. It is normally in the form of an “L” taxiway intersection with a right angle connection to the runway.
- **Parallel Taxiway:**
 - The taxiway running parallel to the runway connecting all the exit and entrance taxiways is called *parallel taxiway*.

Entrance Taxiway

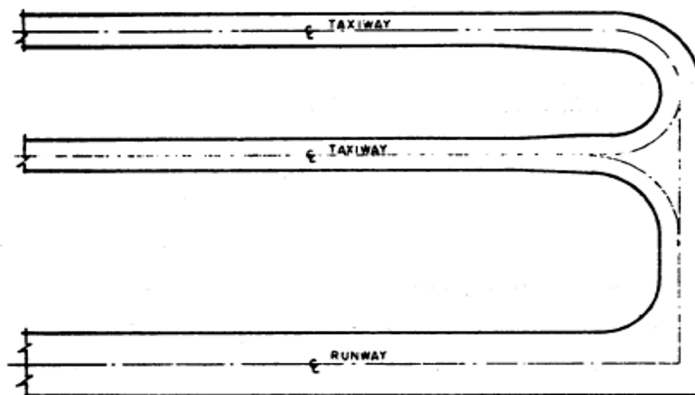


Source: FAA AC: 150/5300-13 (1989)

163

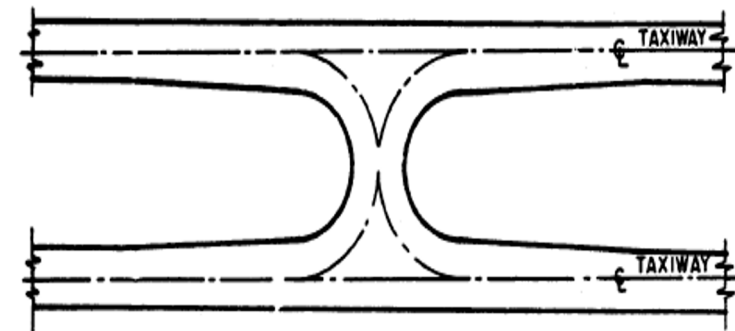
164

Dual Parallel Taxiway Entrance



165

Cross overtaxiway



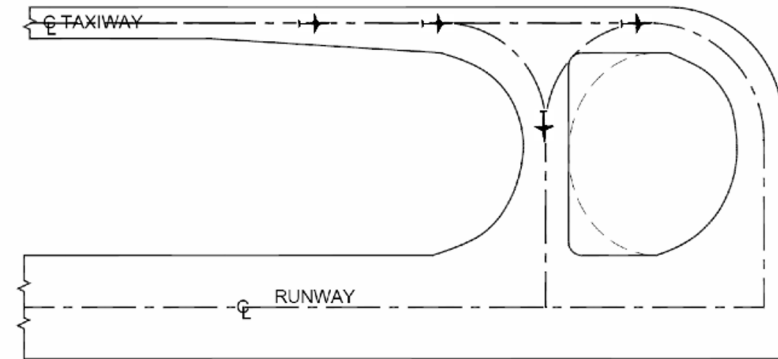
166

Bypass Taxiway

- As an alternative to holding bay, a bypass taxiway which parallel to the entrance taxiway leading to the runway end are generally provided.
- When a preceding aircraft is not ready for takeoff and blocks the entrance taxiway, other aircrafts in the queue can use the bypass taxiway. • Bypass taxiways provide flexibility in runway use by permitting ground maneuvering of steady streams of departing airplanes.

167

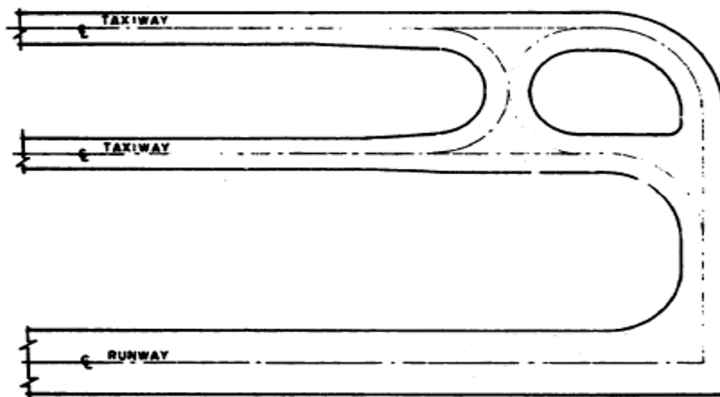
Bypass Taxiway



Source: FAA AC: 150/5300-13 (1989)

168

Dual Parallel Taxiway Entrance with Bypass



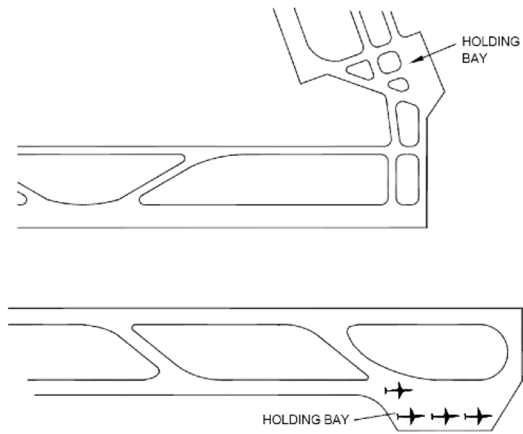
169

Holding Bay

- The designated place located adjacent to the ends of runways to allow check of aircraft instruments and engine operation prior to take off in the case of piston engine aircrafts and to enable all other aircrafts to wait for take off clearance from ATC. These are also referred to as *run-up or warm-up pads*.
- *Due to adverse weather conditions enroute at the destinations, certain aircrafts may have to be delayed while others are allowed to proceed with take off.*
- *Holding bays are useful in such situations for aircrafts to bypass one another.*
- *As per FAA guidelines a holding bay should be provided when runway operations reach a level of 30 per hour.*
- *A holding bay should be designed normally to accommodate two to four aircrafts and with enough space for cleared aircrafts to bypass the parked ones.*

170

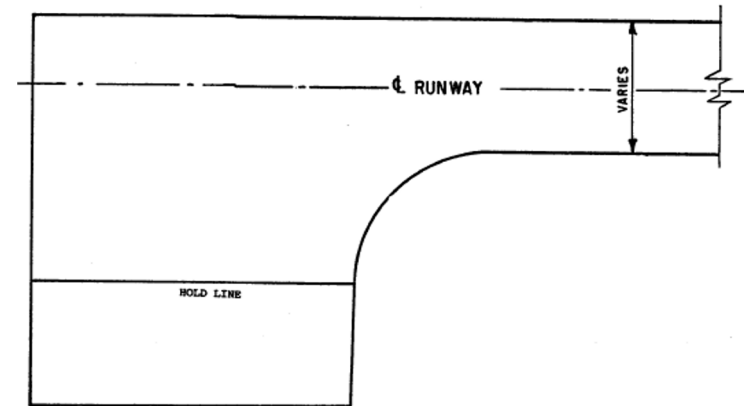
Typical Configuration of Holding Bays



Source: FAA AC: 150/5300-13 (1989)

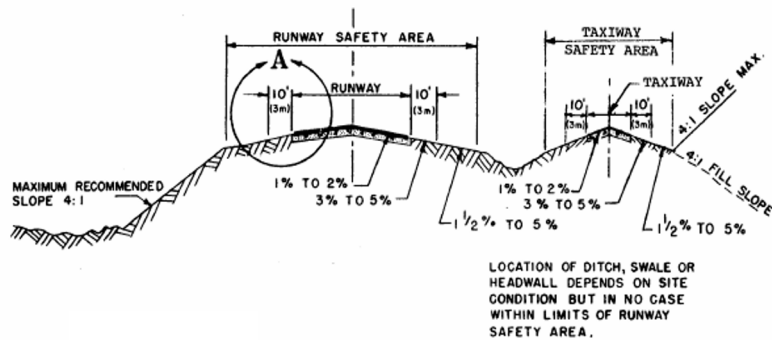
171

Taxiway Configuration



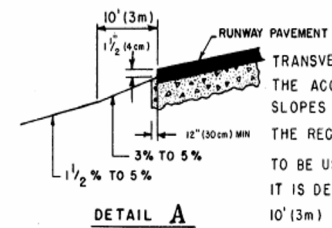
172

Transverse grade limitations for aircraft approach categories A & B



173

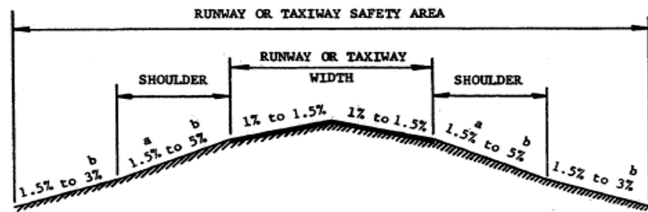
Transverse Slope



TRANSVERSE SLOPES SHOULD BE ADEQUATE TO PREVENT THE ACCUMULATION OF WATER ON THE SURFACE. SLOPES SHOULD FALL WITHIN THE RANGES SHOWN ABOVE. THE RECOMMENDED $1\frac{1}{2}$ " (4 cm) PAVEMENT EDGE DROP IS INTENDED TO BE USED BETWEEN PAVED AND UNPAVED SURFACES. IT IS DESIRABLE TO MAINTAIN A 5% SLOPE FOR THE FIRST 10' (3m) OF UNPAVED SURFACE IMMEDIATELY ADJACENT TO THE PAVED SURFACE.

174

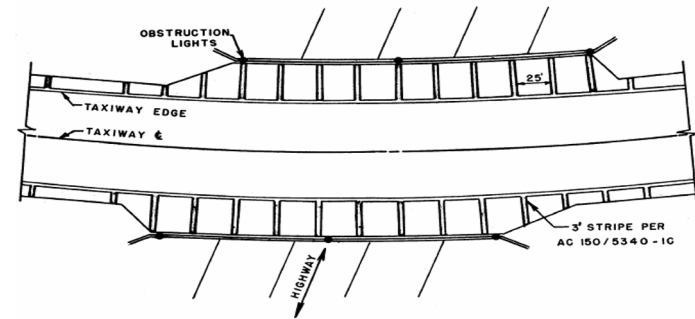
A slope at Runway and Taxiway



- a. 3% MINIMUM REQUIRED FOR TURF
- b. A slope of 5% is recommended for a 10-foot (3 m) width adjacent to the pavement edges to promote drainage.

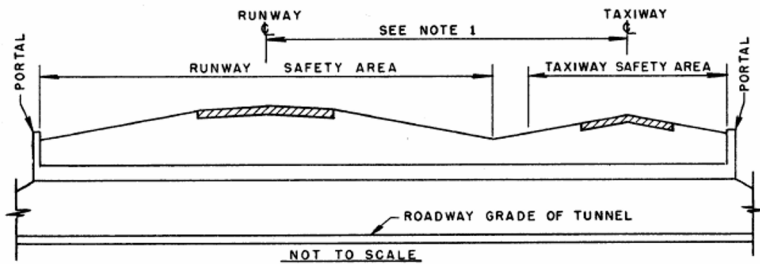
175

Airplane Bridge



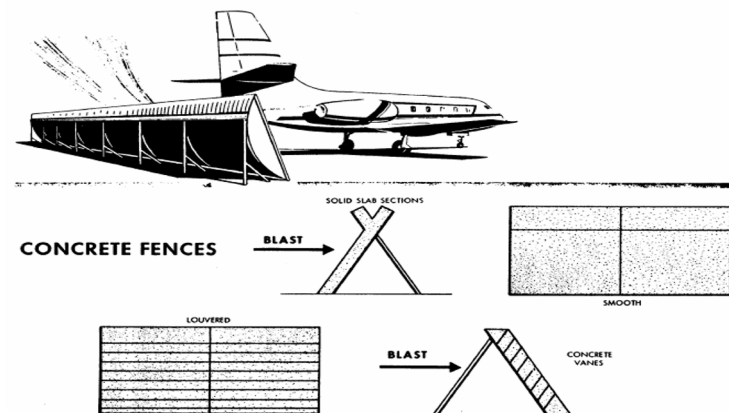
176

Cross-section bridge and roadway



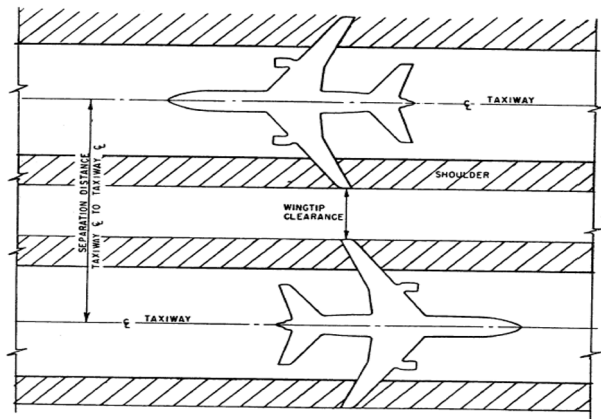
177

Jet Blast-Deflector



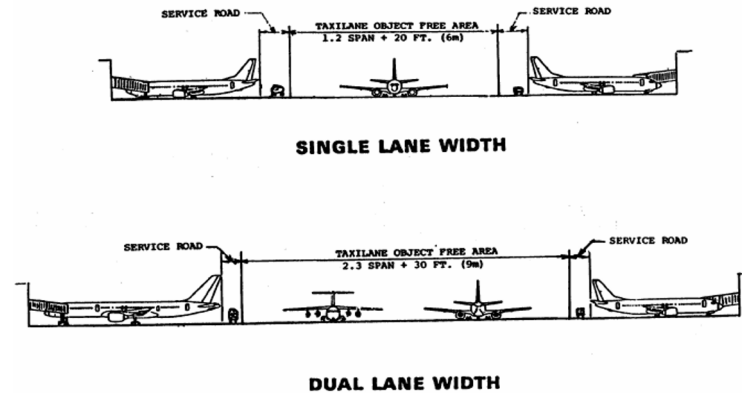
178

Parallel Taxiway Operation



179

Lane Width



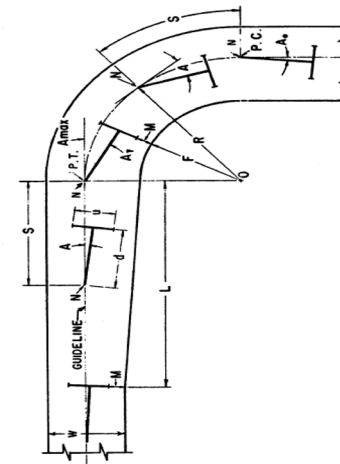
180

Apron Taxiway and Taxilanes

- Taxiway located on the periphery of an apron intended to provide a through taxi route across apron is referred to as *apron taxiway*.
- *Taxilanes provide access from apron taxiways to airplane parking positions (gates). Taxilanes are located outside the movement area.*

181

Fillet Design



182



PENGARUH KINERJA PESAWAT TERHADAP PANJANG RUNWAY

183

Definition

- **Decision Speed (V_1), (Kecepatan Putusan)**
Adalah kecepatan ketika *engine failure* (kegagalan mesin) biasanya terjadi. Bila kerusakan mesin terjadi sebelum V_1 , pilot harus menghentikan atau mengurangi laju pesawat.
- **Initial Climb Out Speed (V_2), (Kecepatan Awal Pesawat Menanjak)**
Adalah kecepatan minimum yang diperkenankan kepada pilot untuk menanjak sesudah pesawat mencapai ketinggian 35 feet (10,5 m) di atas permukaan runway.
- **Rotation Speed (V_r), (Kecepatan Rotasi)**
Adalah kecepatan saat pilot memulai rotasi pesawat yang menyebabkan *nose gear* (roda depan) terangkat.
- **Lift-off Speed (V_{loff}), (Kecepatan Angkat)**
Kecepatan ketika pesawat pertama kalinya terangkat ke udara.

184

Definition

- **Take-off Run (TOR), (Jarak Lepas Landas)**
Jarak untuk percepatan pesawat dari *brake release* (pelepasan rem) sampai pesawat terangkat, ditambah faktor aman
- **Accelerate Stop Distance (ASD), (Jarak Percepatan Henti)**
Jarak untuk percepatan pesawat dari *brake release* (pelepasan rem) sampai V_1 dan perlambatan sampai berhenti, ditambah factor aman.
- **Take Off Distance (TOD), (Jarak Lepas Landas)**
Jarak untuk percepatan pesawat dari *brake release* (pelepasan rem) sampai pesawat terangkat lalu mulai menanjak (ketinggian 35 feet) ditambah faktor keamanan.

185

Definition

- **Landing Distance (LD), (Jarak Pendaratan)**
Jarak dari threshold (tepi permulaan runway) untuk pesawat menyelesaikan approach (pendekatan), touchdown (pendaratan) dan perlambatan hingga berhenti, ditambah faktor keamanan.
- **Clearway (CWY)**
Clearway adalah suatu daerah tertentu di ujung runway tinggal landas yang terdapat di permukaan tanah maupun permukaan air di bawah pantauan operator bandar udara, yang dipilih dan ditujukan sebagai daerah yang aman bagi pesawat saat mencapai ketinggian tertentu. Clearway juga merupakan daerah bebas terbuka yang disediakan untuk melindungi pesawat saat melakukan manuver pendaratan maupun lepas landas.

186

Definition

- **Stopway (SWY)**
Suatu area tertentu yang berbentuk segi empat yang ada di permukaan tanah terletak di akhir *runway* bagian *take off runway* (*runway* tinggal landas) yang dipersiapkan sebagai tempat berhenti pesawat saat terjadi pembatalan kegiatan *take off* (tinggal landas).

187

Definition

- FL = Field Length (total amount of runway needed)
- FS = Full Strength pavement distance
- CWY = Clearway Distance
- SW = Stopway Distance
- LOD = Lift off Distance
- TOR = Takeoff Run
- TOD = Takeoff Distance
- LD = Landing Distance
- SD = Stopping Distance
- D35 = Distance to Clear an 11 m (35 ft.) obstacle

188

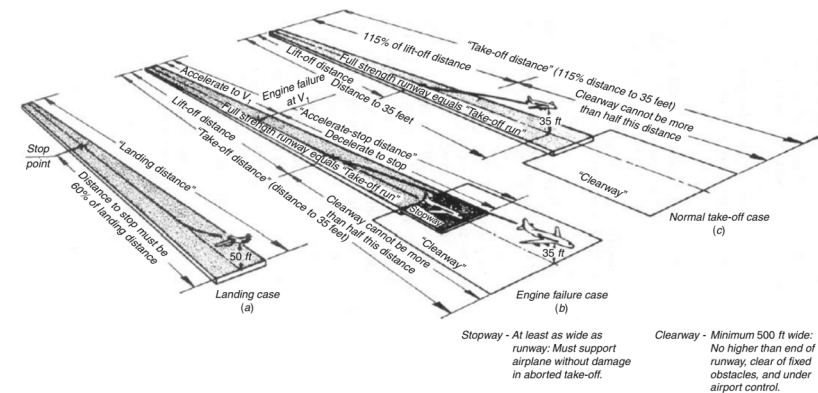
Pengaruh Kinerja Pesawat

Di dalam menghitung kebutuhan panjang runway, dipakai peraturan yang dikenal sebagai **Federal Aviation Regulation (FAR) 25 dan 121**. Mempertimbangkan tiga kasus umum dalam menentukan panjang runway yang dibutuhkan untuk operasi yang aman.

- **Normal take off cases** (lepas landas dengan normal) adalah kondisi ketika seluruh mesin berjalan dan runway yang ada cukup panjangnya untuk mengakomodasi variasi teknik pengangkatan (*take-off*) pesawat dan berbagai karakteristik khusus dari performa pesawat.
- **Engine failure cases** (lepas landas dengan anggapan mesin gagal), adalah kondisi ketika runway yang ada memiliki panjang yang cukup, agar pesawat dapat melanjutkan perjalanan walaupun kehilangan tenaga, atau agar pesawat dapat direm untuk berhenti darurat (emergency stop).
- **Landing cases** (pendaratan), adalah kondisi ketika runway yang ada memiliki panjang yang cukup untuk berbagai teknik pendaratan, overshoot, pendaratan yang jelek dan semacamnya.

189

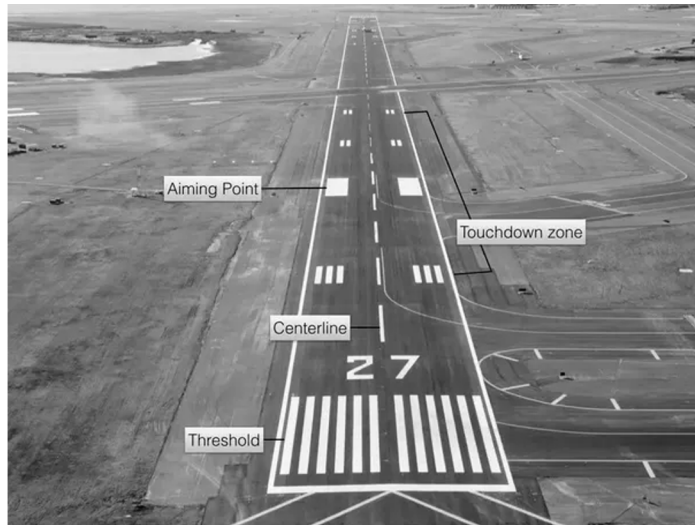
Pengaruh Kinerja Pesawat



Gambar 5. Pengaruh kinerja pesawat bermesin turbin pada kebutuhan panjang runway

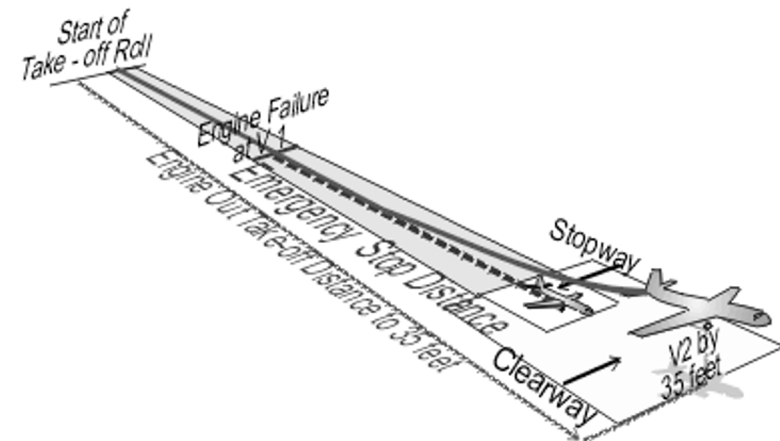
190

Pengaruh Kinerja Pesawat



191

Pengaruh Kinerja Pesawat



192

Pengaruh Kinerja Pesawat

a. Normal take off cases (kasus lepas landas dengan normal)

- Gambar 5 menunjukkan Take Off Distance (TOD) / jarak lepas landas yang disyaratkan untuk pesawat dalam kondisi normal take off (lepas landas normal) dengan seluruh mesin beroperasi.
- Besarnya TOD untuk berat pesawat tertentu adalah 115% dari jarak sesungguhnya yang pesawat butuhkan (*basic runway*) untuk mencapai ketinggian 35 feet (D35), atau sekitar 10,5 m.
- Jarak ini tidak harus seluruhnya berupa *full strength pavement* (FS).

193

Pengaruh Kinerja Pesawat

a. Normal take off cases (kasus lepas landas dengan normal)

$$FL_1 = FS_1 + CWY_{1max}$$

Dengan

$$TOD_1 = 1,15 * D35_1$$

$$CWY_{1max} = 0,50 [TOD_1 - 1,15 (LOD_1)]$$

$$TOR_1 = TOD_1 - CWY_{1max}$$

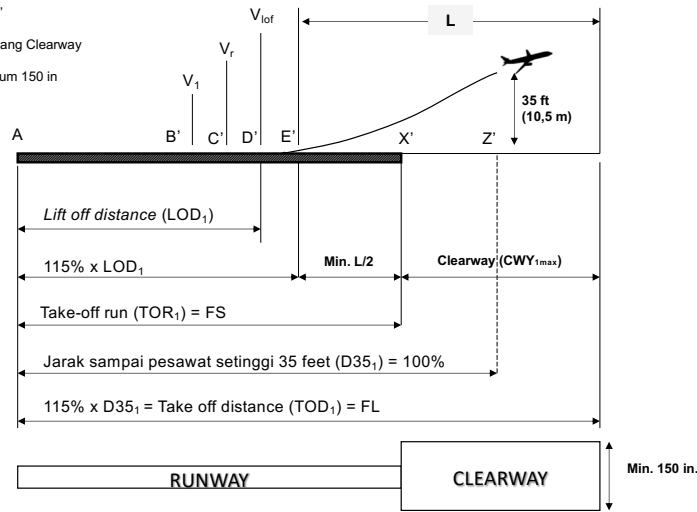
$$FS_1 = TOR_1$$

194

Pengaruh Kinerja Pesawat

a. Normal take off cases (kasus lepas landas dengan normal)

FL1 = A - W'
 FS1 = A - X'
 X - Y = Panjang Clearway
 harus $\leq L/2$
 Lebar minimum 150 in



195

Pengaruh Kinerja Pesawat

b. Engine failure cases (kasus lepas landas dengan anggapan mesin gagal)

- TOD yang disyaratkan ketika terjadi kasus *engine failure* adalah jarak sesungguhnya pesawat mencapai ketinggian 35 feet (D35) tanpa penambahan 15%.
- Regulasi memperbolehkan penggunaan *clearway*, yaitu maksimum setengah dari selisih antara *Lift Off Distance* (LOD) dan *Take Off Distance* (TOD).
- Untuk pesawat-pesawat bermesin piston, secara normal, seluruh area *Take Off Distance* (TOD)-nya harus berupa *full strength pavement*.
- Pada kasus *engine failure*, juga harus disediakan jarak yang cukup untuk *emergency stop* (pemberhentian darurat) bila pilot memutuskan untuk tidak melanjutkan *take off*.

196

Pengaruh Kinerja Pesawat

b. Engine failure cases (kasus lepas landas dengan anggapan mesin gagal)

- Kecepatan pada saat kegagalan mesin ditentukan oleh pabrik pesawat dan dinamakan sebagai *decision speed* (V_1).
- Bila kegagalan mesin terjadi pada saat kecepatan pesawat lebih besar dari kecepatan V_1 maka pilot tidak memiliki opsi kecuali melanjutkan *take off*.
- Bila mesin gagal sebelum kecepatan ini tercapai, pilot harus mengerem pesawat untuk berhenti.
- Jarak yang dibutuhkan dari awal *take-off* hingga *emergency stop* dinamakan *accelerate-stop distance* (ASD).

197

Pengaruh Kinerja Pesawat

b. Engine failure cases (kasus lepas landas dengan anggapan mesin gagal)

1. Kasus engine failure take off (lepas landas dilanjutkan meskipun mesin gagal):

$$FL_2 = FS_2 + CWY_{2max} \quad (5.2)$$

dengan $TOD_2 = D35_2 \quad (5.2a)$

$$CWY_{2max} = 0,50 (TOD_2 - LOD_2) \quad (5.2b)$$

$$TOR_2 = TOD_2 - CWY_{2max} \quad (5.2c)$$

$$FS_2 = TOR_2 \quad (5.2d)$$

2. Kasus engine failure take off (lepas landas tidak dilanjutkan):

$$FL_3 = FS_2 + SWY \quad (5.3)$$

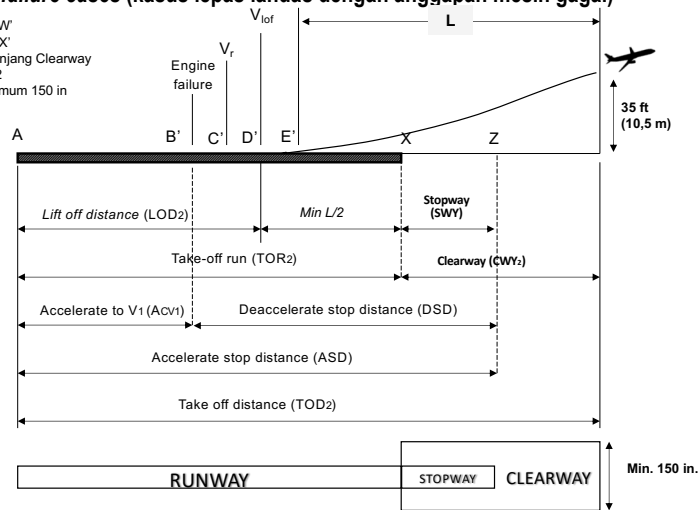
dengan $FL_3 = ASD \quad (5.3a)$

198

Pengaruh Kinerja Pesawat

b. Engine failure cases (kasus lepas landas dengan anggapan mesin gagal)

FL2 = A - W'
 FS2 = A - X'
 X - Y = Panjang Clearway
 harus $\leq L/2$
 Lebar minimum 150 in



199

Pengaruh Kinerja Pesawat

c. Landing cases (kasus pendaratan)

- Gambar 5.2a menunjukkan *Landing Distances* (LD) yang dibutuhkan.
- Peraturan menyatakan bahwa LD yang dibutuhkan pesawat untuk mendarat pada suatu runway harus cukup hingga pesawat dapat berhenti sempurna (*full stop*).
- Istilah jarak berhenti ini dikenal dengan *stop distance* (SD), yang merupakan 60% dari LD, dengan asumsi bahwa pilot membuat ancang-ancang pendaratan (*approach*) pada kecepatan yang cukup dan berada di ketinggian 50 feet (15 m) pada saat melewati *threshold runway*.
- Landing Distances* (LD) harus berupa *full strength pavement*. Untuk pesawat bermesin piston, LD ditentukan dengan cara yang sama.

200

Pengaruh Kinerja Pesawat

c. Landing cases (kasus pendaratan)

Kasus landing dirangkum dalam persamaan berikut.

$$FL_4 = LD \quad (5.4)$$

dengan

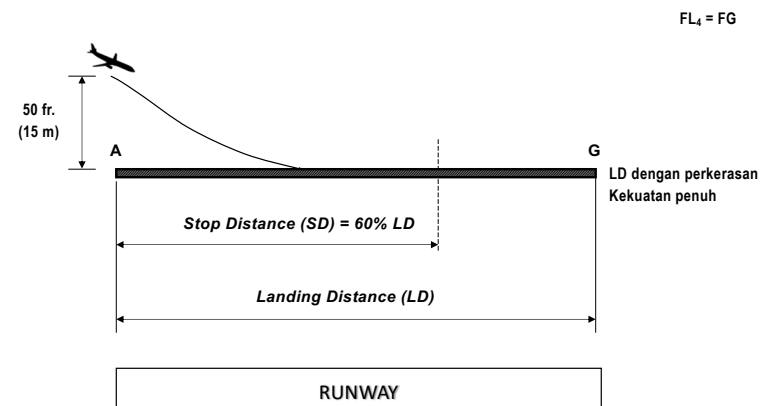
$$LD = \frac{SD}{0,60} \quad (5.4a)$$

$$FS = LD \quad (5.4b)$$

201

Pengaruh Kinerja Pesawat

c. Landing cases (kasus pendaratan)



202

Pengaruh Kinerja Pesawat

PENENTUAN PANJANG RUNWAY

Untuk menentukan panjang landasan yang dibutuhkan dari berbagai komponen: *full strength pavement*, *stopway*, dan *clearway*, seluruh persamaan-persamaan tersebut di atas harus diselesaikan dengan *critical design aircraft* (pesawat desain yang paling kritis) di bandar udara. Penentuan panjang yang terpilih dilakukan dengan persamaan berikut.

$$FL = \max [(TOD_1), (TOD_2), (ASD), (LD)] \quad (5.5)$$

$$FS = \max [(TOR_1), (TOR_2), (LD)] \quad (5.6)$$

$$SWY = [(ASD) - \max (TOR_1, TOR_2, LD)] \quad (5.7)$$

Dengan SWY_{\min} adalah nol.

$$CWY = \min [(FL - ASD), (CWY_{1\max}), (CWY_{2\max})] \quad (5.8)$$

Dengan CWY_{\min} adalah nol dan CWY_{\max} adalah 1.000 feet (300 meter)

203

Pengaruh Kinerja Pesawat

Contoh soal:

Diketahui:

Sebuah pesawat bermesin turbin memiliki karakteristik kinerja sebagai berikut.

Normal take off

- Lift Off Distance (LOD) = 2.100 m
- Distance of height of 35 feet (D35) = 2.400 m

Engine failure

- Lift Off Distance (LOD) = 2.500 m
- Distance of height of 35 feet (D35) = 2.770 m

Engine failure aborted take off

- Accelerate Stop Distance (ASD) = 2.900 m

Normal Landing

- Stop Distance (SD) = 1.520 m

Ditanyakan:

Tentukan Panjang runway yang dibutuhkan berdasarkan spesifikasi FAR 25 dan FAR 121 untuk pesawat bermesin turbin tersebut!

204

Jawaban:

Dengan menggunakan persamaan (5.1) untuk *normal take off*

$$TOD_1 = 1,15 D35_1 = (1,15)(2.400) = 2.760 \text{ m}$$

$$CL_{1\max} = 0,50 [TOD_1 - 1,15 (LOD_1)] = (0,50)[2.760 - 1,15 (2.100)] = 172 \text{ m}$$

$$TOR_1 = TOD_1 - CL_{1\max} = 2.760 - 172,5 = 2.588 \text{ m}$$

Dengan menggunakan persamaan (5.2) untuk *engine failure*

$$TOD_2 = D35_2 = 2.770 \text{ m}$$

$$CL_{2\max} = 0,50 [TOD_2 - LOD_2] = (0,50)[2.770 - 2.500] = 135 \text{ m}$$

$$TOR_2 = TOD_2 - CL_{2\max} = 2.770 - 135 = 2.635 \text{ m}$$

Dengan menggunakan persamaan (5.3) untuk *engine failure aborted take off*

$$ASD = 2.900 \text{ m}$$

Dengan menggunakan persamaan (5.4) untuk *normal landing*

$$LD = SD/0,60 = 1.520/0,60 = 2.533 \text{ m}$$

Menggunakan persamaan (5.5) sampai (5.8), panjang komponen-komponen *runway* yang disyaratkan menjadi:

$$FL = \max [(TOD_1), (TOD_2), (ASD), (LD)] \\ = \max [(2.760), (2.770), (2.900), (2.533)] = 2.900 \text{ m}$$

$$FS = \max [(TOR_1), (TOR_2), (LD)] \\ = \max [(2.588), (2.635), (2.533)] = 2.635 \text{ m}$$

205

Pengaruh Kinerja Pesawat

Jawaban:

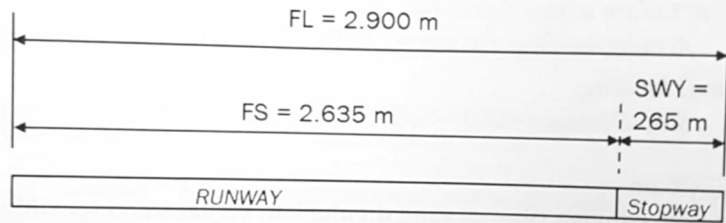
$$SWY = [(ASD) - \max (TOR_1, TOR_2, LD)] \\ = (2.900) - \max (2.588, 2.635, 2.533) = (2.900 - 2.635) \\ = 265 \text{ m}$$

$$CWY = \min [(FL - ASD), (CL_{1\max}), (CL_{2\max})] \\ = \min [(2.900 - 2.900), (172), (135)] = 0 \text{ m}$$

206

Pengaruh Kinerja Pesawat

Jawaban:



Keterangan:

1. FS dengan *full strength pavement* (perkerasan kekuatan penuh).
2. *Stopway* dengan *partial-strength pavement* (perkerasan kekuatan sebagian).

207

208

PENENTUAN ARAH RUNWAY DAN FAKTOR-FAKTOR YANG BERPENGARUH

By Muchlisin, M.Sc.

Faktor-faktor yang mempengaruhi arah runway

- a. Arah dari **prevailing winds** (angin dominan),
- b. Arah dari *runway* yang ada di bandar udara,
- c. Luas lahan *runway* (ketersediaan lahan),
- d. Karakteristik performa pesawat.

209

Penentuan Arah *Runway*

a. Standar **Crosswind**

- Karena kegiatan *landing* (pendaratan) dan *take off* (lepas landas) keuntungan dari embusan angin,
- Arah *runway* harus sedemikian rupa hingga searah dengan *prevailing wind* (arah angin domain)
- Pesawat tidak bermanuver dengan aman di runway bila angin yang mengandung komponen besar dengan sudut tertentu (menyamping) perjalanan pesawat.
- Komponen ini biasa disebut **crosswind** (angin menyilang). Pesawat boleh *landing* (mendarat) dan *take off* (lepas landas) selama *crosswind* tidak berlebihan.
- Crosswind maksimum yang diizinkan bergantung pada ukuran pesawat, konfigurasi sayap dan juga kondisi *runway*.

210

Penentuan Arah Runway

a. Standar Crosswind

- Dalam analisis angin, menentukan crosswind yang diizinkan adalah penting dan biasanya dibagi berdasarkan *Aerodrome Reference Code*, (ARC).
- Dalam standar ICAO, *crosswind* yang diizinkan (dalam kilometer per jam dan knot), seluruhnya didasarkan pada panjang *runway* referensi (*Reference Field Length*).
- ICAO dan FAA setuju bahwa *runway* harus berorientasi sehingga *usability factor* (faktor kegunaan) dari bandara tidak kurang dari 95 %.
- Faktor kegunaan adalah persentase waktu selama penggunaan runway tidak terbatas oleh komponen *crosswind* berlebihan.

211

Penentuan Arah Runway

a. Standar Crosswind

Tabel 8.1 ICAO *maximum permissible crosswind component* (ICAO, 2013)

Reference Field Length	Maximum Crosswind, km/hr (knots ^b)
1.500 atau lebih	37 (20)
1.200 - 1.499 m	24 (13)
< 1.200 m	19 (10)

Bila koefisien gesekan tidak cukup atau ketika pengereman yang buruk di runway sering terjadi, crosswind tidak boleh melebihi 24 km/jam (13 knots) b 13 knots = 15 mi/h

*1 knot = 1,852 km/h
1 mi/h = 1,61 km/h

212

Penentuan Arah Runway

a. Standar Crosswind

Tabel 8.2 FAA *maximum permissible crosswind component* (FAA, 2014)

Airport Reference Code	Maximum Crosswind, knots (mi/h)
A-I dan B-I	10,5 (12)
A-II dan B-II	13 (15)
A-III, B-111 C-I sampai D-III ID-I sampai D-111	
A-IV dan B-IV c-IV sampai ID-VI D-IV sampai D-VI	20 (23)
E-I sampai E-VI	20 (23)

*1 knot = 1,852 km/h
1 mi/h = 1,61 km/h

213

Penentuan Arah Runway

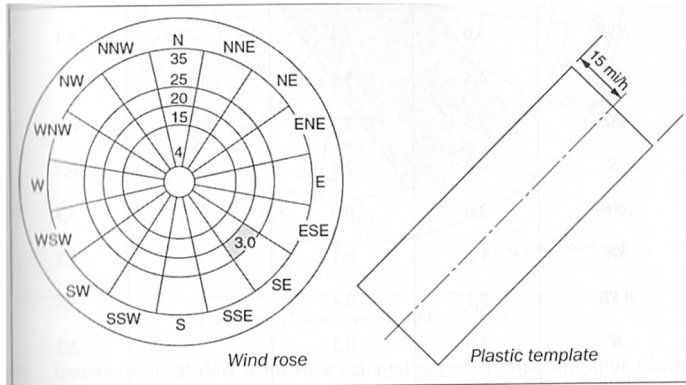
b. Analisis Windrose (mawar angin)

- Dalam operasi take off dan landing, pesawat harus terbang melalui angin.
- Prosedur grafis yang disebut "*wind rose*" biasa digunakan untuk menentukan arah *runway* "terbaik" berdasarkan *prevailing winds* sebagai penentu.
- Analisis angin harus berdasarkan statistik distribusi angin yang handal dan memiliki data waktu selama yang bisa didapatkan.
- Sebagian referensi mensyaratkan minimal 5 tahun data angin.
- Bila data cuaca yang tidak bisa didapatkan maka alternatif yang bisa dilakukan adalah dengan mengumpulkan data rekaman angin dari stasiun perekam angin terdekat.

214

Penentuan Arah Runway

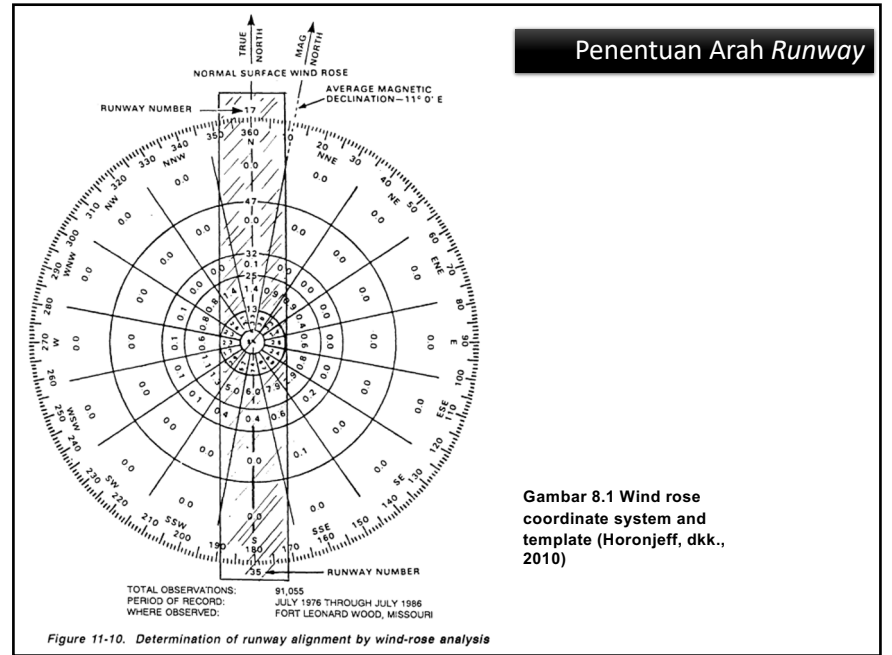
b. Analisis Windrose (mawar angin)



Gambar 8.1 Wind rose coordinate system and template (Horonjeff, dkk., 2010)

215

Penentuan Arah Runway



Gambar 8.1 Wind rose coordinate system and template (Horonjeff, dkk., 2010)

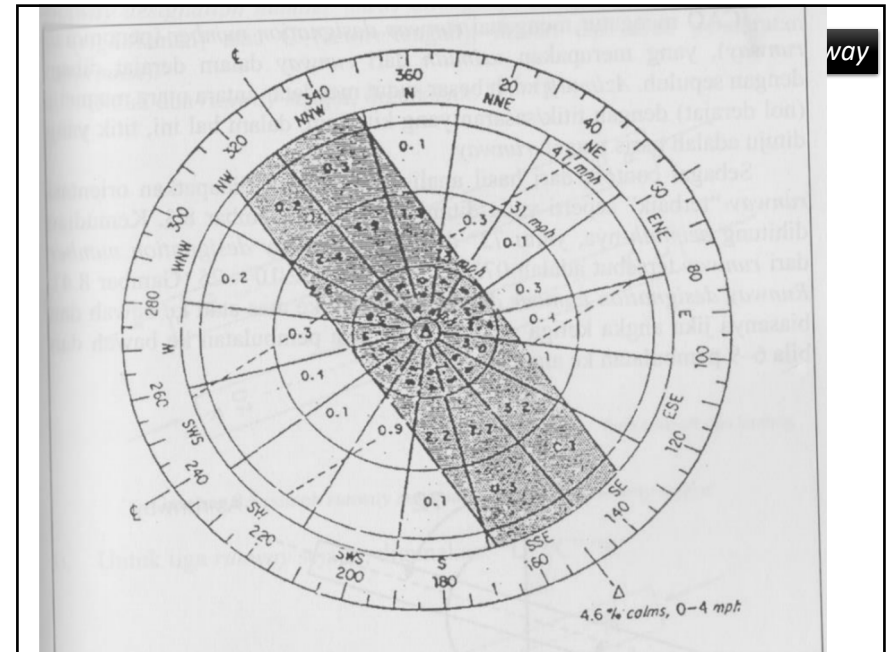
216

Wind Direction ^a	Percentage of Winds ^b			
	4-15 mi/h	15-31 mi/h	31-47 mi/h	Total
N	4,8	1,3	0,1	6,2
NNE	3,7	0,8	-	4,5
NE	1,5	0,1	-	1,6
ENE	2,3	0,3	-	2,6
E	2,4	0,4	-	2,8
ESE	5,0	1,1	-	6,1
SE	6,4	3,2	0,1	9,7
SSE	7,3	7,7	0,3	15,3
S	4,4	2,2	0,1	6,7
SSW	2,6	0,9	-	3,5
SW	1,6	0,1	-	1,7
WSW	3,1	0,4	-	3,5
W	1,9	0,3	-	2,2
WNW	5,8	2,6	0,2	8,6
NW	4,8	2,4	0,2	7,4
NNW	7,8	4,9	0,3	13,0
Calms	0-4 mi/h			4,6
Total	100%			

Penentuan Arah Runway

Gambar 8.2. Contoh Data Angin (ICAO, 1987)

217



218

Penentuan Arah Runway

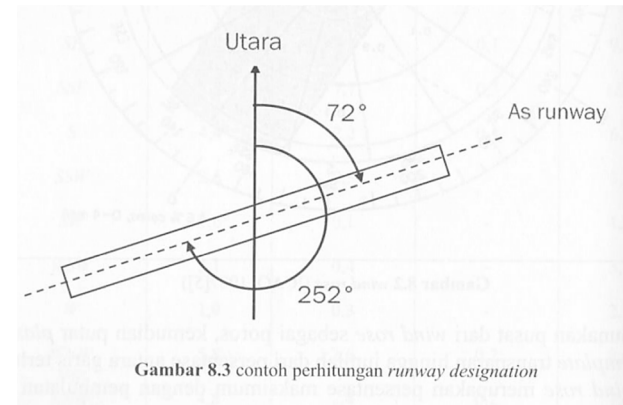
c. Runway Designation Number

- ICAO mengatur mengenai *runway designation number* (penomoran runway), yang merupakan azimuth dari runway dalam derajat dibagi dengan sepuluh.
- Azimuth ialah besar sudut mendatar antara utara magnetik (nol derajat) dengan titik/sasaran yang kita tuju, dalam hal ini, titik yang dituju adalah garis tengah *runway*.
- Sebagai contoh, dari hasil analisis *wind rose*, didapatkan orientasi runway "terbaik".
- Kemudian dihitung azimuth-nya, yaitu 72° dan 252° . *Runway designation number* dari runway tersebut adalah $072/10 = 07$ dan $252/10 = 25$.
- Runway designation number dapat dibulatkan ke atas atau ke bawah dan biasanya jika angka ketiga sebesar 1 - 4 maka pembulatan ke bawah dan bila 6 - 9 pembulatan ke atas.

219

Penentuan Arah Runway

c. Runway Designation Number

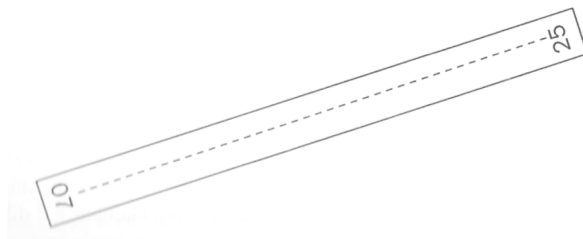


Gambar 8.3 contoh perhitungan *runway designation*

220

Penentuan Arah Runway

c. Runway Designation Number

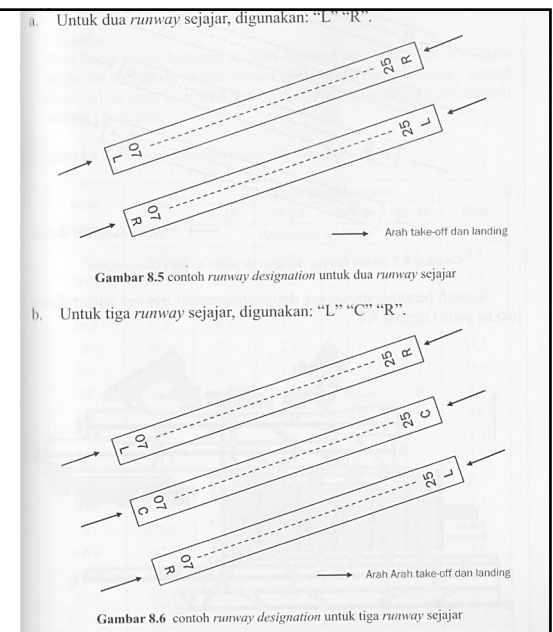


Gambar 8.6. Contoh *runway designation* untuk runway tunggal

221

c. Runway Designation Number

- Dalam kasus *runway* sejajar (*parallel runway*), masing-masing *runway designation number* harus dilengkapi dengan huruf L (*left/kiri*), R (*right/kanan*) atau C (*centre/tengah*), dilihat dari arah pendaratan (*approach*).



Gambar 8.5 contoh *runway designation* untuk dua *runway* sejajar

b. Untuk tiga *runway* sejajar, digunakan: "L" "C" "R".

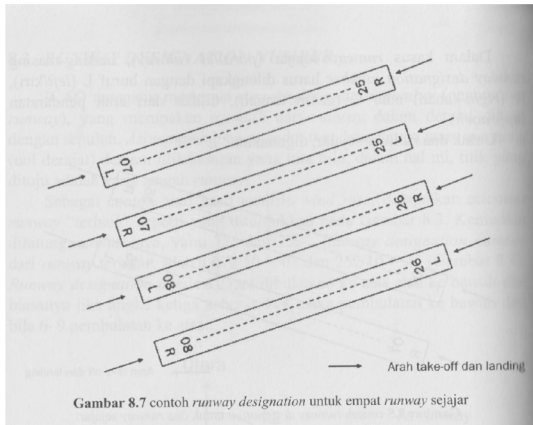
Gambar 8.6 contoh *runway designation* untuk tiga *runway* sejajar

222

Penentuan Arah Runway

c. Runway Designation Number

3. Untuk empat runway sejajar, digunakan: "L" "R" "L" "R"



223



224

Latihan

Diketahui:
Data angin untuk berbagai kondisi ditunjukkan pada **Tabel 8.4**. Data angin ini kemudian diplot secara skalatis dalam *wind rose*, seperti (ditunjukkan pada **Gambar 8.9**. *Crosswind* maksimum yang disyaratkan adalah 15 mi/jam.

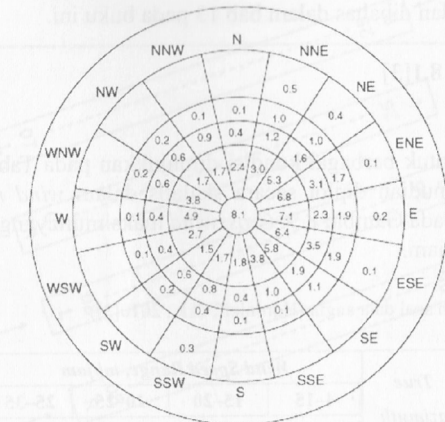
Tabel 8.4 Contoh soal data angin (Horonjeff, dkk., 2010[3])

Wind direction ^a	True azimuth	Wind Speed Range, mi/jam				Total
		4-15	15-20	20-25	25-35	
Percentage of winds ^b						
N	0,0	2,4	0,4	0,1	0,0	2,9
NNE	22,5	3,0	1,2	1,0	0,5	5,7
NE	45,0	5,3	1,6	1,0	0,4	8,3
ENE	67,5	6,8	3,1	1,7	0,1	11,7
E	90,0	7,1	2,3	1,9	0,2	11,5
ESE	112,5	6,4	3,5	1,9	0,1	11,9
SE	135,0	5,8	1,9	1,1	0,0	8,8
SSE	157,5	3,8	1,0	0,1	0,0	4,9
S	180,0	1,8	0,4	0,1	0,0	2,3
SSW	202,5	1,7	0,8	0,4	0,3	3,2
SW	225,0	1,5	0,6	0,2	0,0	2,3
WSW	247,5	2,7	0,4	0,1	0,0	3,2
W	270,0	4,9	0,4	0,1	0,0	5,4
WNW	292,5	3,8	0,6	0,2	0,0	4,6
NW	315,0	1,7	0,6	0,2	0,0	2,5
NNW	337,5	1,7	0,9	0,1	0,0	2,7
Subtotal		60,4	19,7	10,2	1,6	91,9
Calms		0-4 mi/h				8,1
Total						100%

225

Latihan

Diketahui:
Data angin untuk berbagai kondisi ditunjukkan pada **Tabel 8.4**. Data angin ini kemudian diplot secara skalatis dalam *wind rose*, seperti (ditunjukkan pada **Gambar 8.9**. *Crosswind* maksimum yang disyaratkan adalah 15 mi/jam.



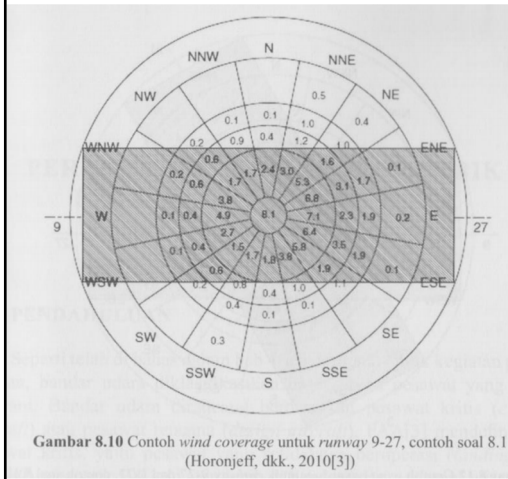
Gambar 8.9 contoh wind rose (Horonjeff, dkk., 2010[3])

Ditanyakan:

Tentukan arah / orientasi runway. Bila arah yang ada menghasilkan operasi 95% (*usability factors*), berikan alternatif orientasi runway!

226

Jawaban:

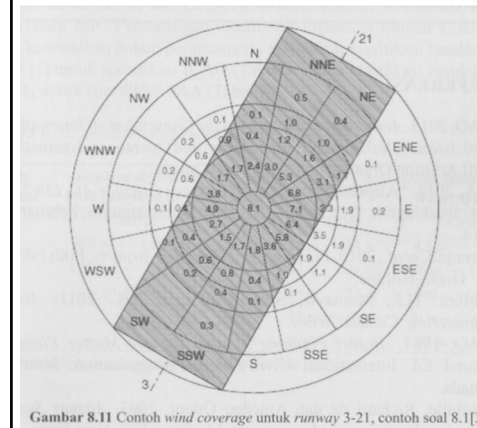


Gambar 8.10 Contoh wind coverage untuk runway 9-27, contoh soal 8.1 (Horonjeff, dkk., 2010[3])

- Plastic template diputar pada sudut $90^\circ - 270^\circ$, menghasilkan operasi runway (usability factor) 90,8% dari waktu, dengan crosswind maksimum 15 mi/jam. Runway ini dinamakan runway 9-27, dan dapat dilihat pada Gambar 8.10.
- Karena analisis angin yang ada belum menghasilkan wind coverage yang disyaratkan (usability factors 95%), plastic template kemudian digunakan untuk menentukan runway kedua atau disebut crosswind runway, yang dapat meningkatkan usability factors hingga 95%.

227

Jawaban:

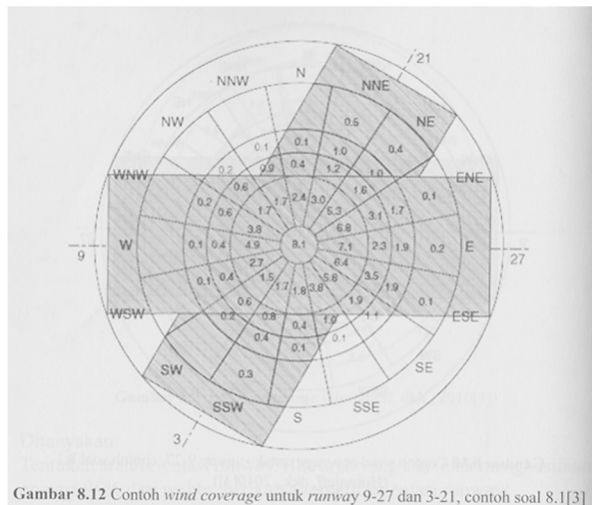


Gambar 8.11 Contoh wind coverage untuk runway 3-21, contoh soal 8.1[3]

- Plastic template diputar untuk kedua kalinya dan didapat sudut $300^\circ - 210^\circ$ yang menghasilkan operasi runway 84,8% dari waktu, dengan crosswind maksimum 15 mi/jam. Runway ini dinamakan runway 3-21 dan dapat dilihat pada Gambar 8.11.
- Total usability factors untuk kedua runway tersebut didapatkan dengan menggabungkan kedua wind coverage dan dapat dilihat pada Gambar 8.12. Total usability factors dari kombinasi ini adalah 96,6% sehingga alternatif runway-nya adalah dengan menggunakan dua runway, yaitu runway 9-27 dan runway 3-21.

228

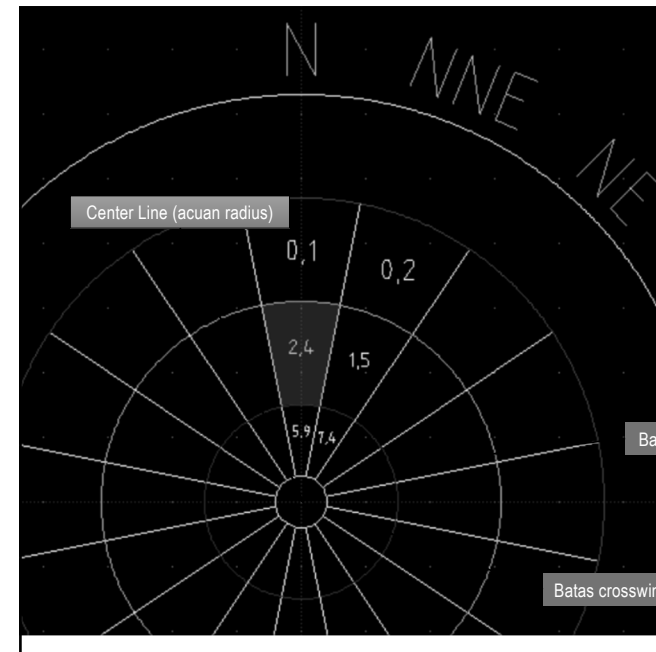
Jawaban:



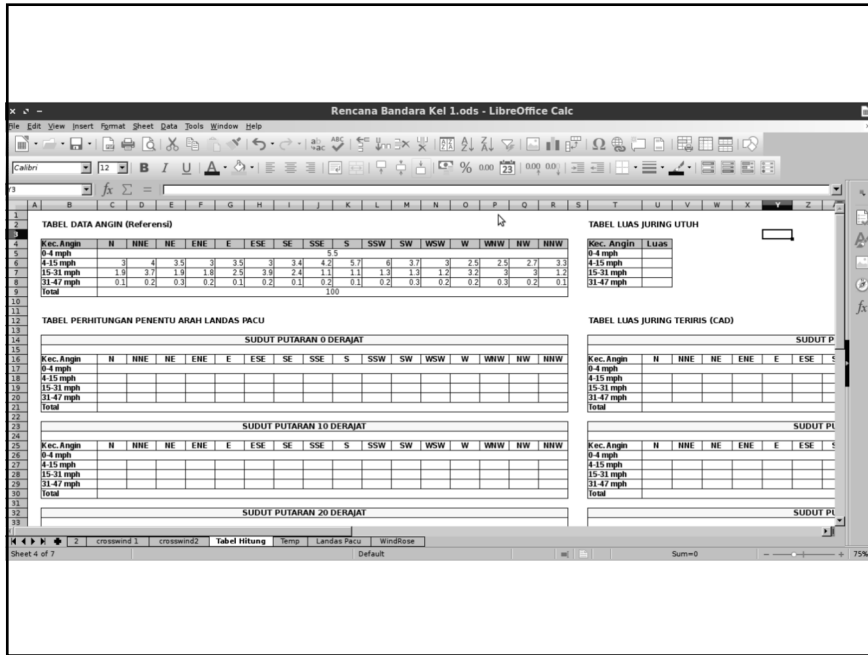
Gambar 8.12 Contoh wind coverage untuk runway 9-27 dan 3-21, contoh soal 8.1[3]

229

Menggunakan AutoCad



230



231

Tugas

Buatlah analisis wind rose untuk arah runway tunggal, jika crosswind yang diijinkan adalah 23 mph. Buatkan gambar dalam millimeter blok ukuran A4! Harus **SKALATIS!**

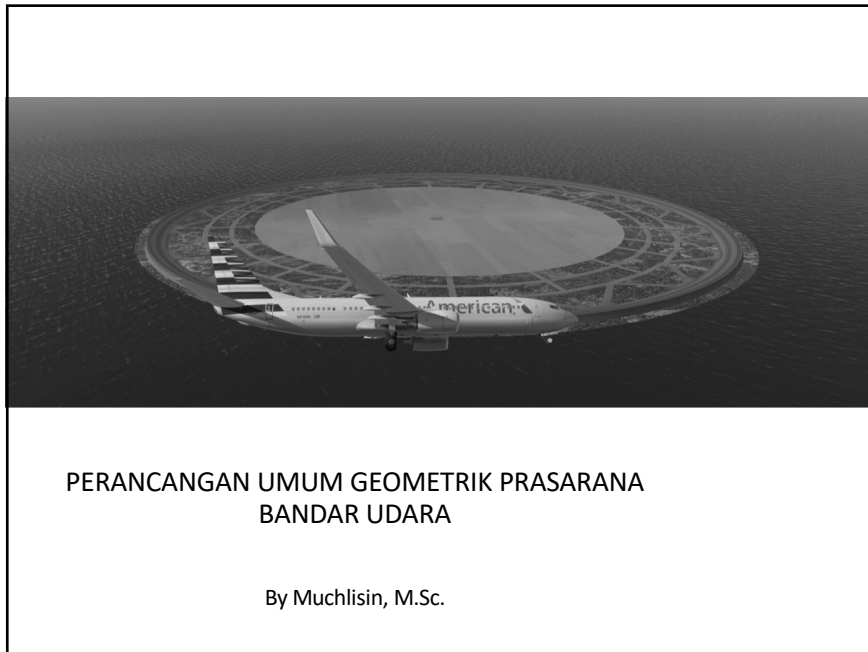
	Kec. Angin (miph)	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	CALM	TOTAL
Percentage of Wind	4 - 15	5,9	7,4	3,5	2,0	2,0	2,4	2,7	3,7	6,1	6,0	3,7	3,0	1,9	2,5	2,1	3,3		100
	15 - 31	2,4	1,5	1,9	1,0	2,8	5,0	2,4	1,1	1,1	0,8	0,5	1,2	3,2	4,7	3,0	1,2		
	31 - 47	0,1	0,2	0,3	0,1	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2		
	TOTAL	8,4	9,1	5,7	3,1	5,1	7,6	5,2	4,9	7,3	7,0	4,5	4,4	5,3	7,4	5,2	4,7	5,1	

Area yg diganti

NB:

- Mengganti digit terakhir (1 digit dibelakang koma) dengan digit terakhir NIM Mahasiswa
- Sesuaikan nilai CALM supaya nilainya tetap 100%

232



233

- Bandar udara diklasifikasikan berdasarkan pesawat yang dapat dilayani.
- Bandar udara dirancang berdasarkan pesawat kritis (*critical aircraft*) atau pesawat rencana (*design aircraft*).
- FAA mendefinisikan pesawat kritis, yaitu pesawat yang setidaknya beroperasi (*landing* atau *take off*) sebanyak 500 kali atau lebih di bandar udara selama satu tahun.
- Digunakan klasifikasi bandar udara ICAO dan FAA.

234

Tabel 5.1. ICAO Aerodome Reference Code (ICAO, 2013)

Code Number	Aeroplane Reference Field Length (ARFL)	Code Letter	Wingspan	Outer Main Gear Wheel Span ^a
1	< 800 m	A	< 15 m	4,5 m
2	800 m - < 1.200 m	B	15 m - < 24 m	4,5 m - < 6 m
3	1.200 m - 1.800 m	C	24 m - < 36 m	6 m - < 9 m
4	≥ 1.800 m	D	36 m - < 52 m	9 m - < 14 m
		E	52 m - < 65 m	9 m - < 14 m
		F	65 m - < 80m	14 m < 16m

a = Jarak terluar antara ujung-ujung roda utama pesawat

235

Tabel 5.2. Airplane Design Group and Aircraft Approach Category (FAA 2014)

Nomor Grup	Tail Height	Wingspan	Kategori	Approach Speed (knot ^b)
I	< 6 m	< 15 m	A	< 91
II	6 m - < 9 m	15 m - < 24 m	B	91 - 120
III	9 m - < 13,5 m	24 m - < 36 m	C	121 - 140
IV	13,5 m - < 18,5 m	36 - < 52 m	D	140 - 166
V	18,5 m - < 20 m	52 - < 65 m	E	> 166
VI	20 m - < 24,5 m	65 - < 80 m		

^b 1 knot = 1,85 km/jam

236

GEOMETRIK RUNWAY

Elemen-elemen yang disyaratkan untuk perancangan runway, masuk:

- a. panjang aktual *runway*,
- b. lebar *runway*,
- c. *effective gradient* (kelandaian efektif),
- d. *longitudinal slope* (kelandaian memanjang),
- e. *rate of change of longitudinal slope* (besarnya perubahan memanjang),
- f. *transverse slope* (kelandaian melintang),
- g. *sight distance* (jarak pandang),
- h. *width and length of landing strip* (lebar dan panjang landing strip).
- i. *separation distance* (jarak pemisahan) antar-*runway* sejajar.

237

GEOMETRIK RUNWAY

a. Panjang *runway*

- Pemilihan panjang runway rencana merupakan salah satu keputusan yang paling penting untuk seorang perencana bandar udara.
- Panjang runway menentukan ukuran dan biaya bandar udara, serta memengaruhi penentuan tipe pesawat yang dapat dilayani.
- Selain itu, panjang runway juga menentukan batasan *payload* (muatan) yang dapat dibawa oleh pesawat rencana.
- Runway harus cukup panjang sehingga pesawat dapat *take off* dan *landing* secara aman dengan ketersediaan alat-alat bantu yang ada, untuk saat ini dan masa yang akan datang
- *Runway* harus mengakomodasi berbagai tipe pesawat, persyaratan operasi, dan kemampuan pilot.

238

a. Panjang runway

Faktor-faktor berikut adalah yang paling memengaruhi panjang runway dibutuhkan:

- a. Karakteristik performa pesawat
- b. Pesawat saat landing dan take off
- c. Elevasi bandar udara,
- d. Rata-rata temperatur udara maksimum di bandar udara,
- e. Kemiringan runway

a. Panjang runway

Perhitungan Panjang Runway (ICAO)

Panjang runway dihitung dengan perhitungan ICAO, ketika tidak tersedia manual karakteristik performa pesawat rencana. Panjang runway didapatkan dengan memperhitungkan faktor koreksi umum, yaitu sebagai berikut.

1. Basic runway length (panjang runway dasar)

Basic runway length (panjang runway dasar) ditentukan berdasarkan asumsi kondisi di bandar udara, yaitu sebagai berikut:

- 1) ketinggian bandar udara berada pada ketinggian muka air laut,
- 2) temperatur di bandar udara adalah temperatur standar 15° C (59° F),
- 3) runway rata/tidak memiliki kemiringan ke arah longitudinal,
- 4) tidak ada angin yang berembus di runway,
- 5) pesawat bermuatan kapasitas penuh,
- 6) tidak ada angin yang berembus ke tempat tujuan,
- 7) temperatur penjelajahan pesawat adalah temperatur standar.

a. Perhitungan Panjang Runway (ICAO)

2. Panjang runway yang disyaratkan

Panjang runway yang disyaratkan dapat ditentukan dengan menggunakan basic runway length (panjang runway dasar) dan mengalikan dengan angka koreksi untuk setiap perubahan elevasi, temperatur, dan runway gradient (kelandaian runway) di lokasi runway dibangun.

a. Perhitungan Panjang Runway (ICAO)

Koreksi untuk elevasi

- Saat elevasi runway meningkat, maka kerapatan udara menurun.
- Hal ini akan mengurangi gaya angkat pada sayap pesawat dan pesawat membutuhkan kecepatan di permukaan (ground speed) yang lebih besar sebelum dapat naik ke udara.
- Maka dibuat koreksi elevasi dengan kenaikan 7% setiap 300 m (1.000 ft) elevasi di atas muka air laut.

$$F_e = 1 + 0,07 \times \frac{h}{300}$$

dengan:

F_e = koreksi untuk elevasi h elevasi bandar udara (m)

h = elevasi bandar udara (m)

a. Perhitungan Panjang Runway (ICAO)

Koreksi untuk temperatur

- Kenaikan temperatur referensi bandar udara (*airport reference temperature*) menyebabkan pengaruh yang sama seperti kenaikan dalam elevasi.
- Koreksi akibat temperatur adalah kenaikan 1% setiap 1° C temperatur referensi bandar udara melebihi temperatur atmosfer (15° C) untuk suatu elevasi.
- Setiap 1.000 m kenaikan elevasi bandar udara di atas muka air laut, temperatur berkurang 5,5° C sehingga rumusan untuk koreksi untuk temperatur menjadi berikut.

$$F_t = 1 + 0,01 \times [T_r - (15 - 0,0065 \times h)]$$

dengan:

- F_t = koreksi untuk temperatur
- T_r = temperatur bandara / *aerodome* (°C)
- h = elevasi bandar udara (m)

a. Perhitungan Panjang Runway (ICAO)

Koreksi untuk temperatur

- *Airport reference temperature* (T_r) adalah rata-rata temperatur bulan dari rata-rata temperatur harian (T_a), dari bulan yang paling panas dalam suatu tahun, ditambah 1 per 3 dari selisih antara T_a dan rata-rata dari temperatur maksimum harian (T_m) sehingga T_r adalah:

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

Contoh:

Diketahui:

Data di bawah ini menunjukkan temperatur harian dari bulan paling panas (Juni) dari periode 1980 sampai 1990 pada suatu bandar udara.

Ditanyakan:

Tentukan *airport reference temperature* (T_r)!

Tanggal	Temperatur (°C)	
	Maksimum	Rata-Rata
1	34,5	30,5
2	34,5	30,5
3	34,7	30,7
4	35	30,9
5	35	30,9
6	35	30,9
7	34,8	30,8
8	35	30,9
9	35	30,9
10	35,1	30
11	35,3	31,3
12	35,5	31,4
13	35,3	31,3
14	35,5	31
15	35,6	31,3
16	35,7	31,2
17	35,8	30,8
18	36	31,3
19	36,1	31,3
20	36,1	31,3
21	36,3	31,5
22	36,3	31,2
23	36,5	31,5
24	36,5	31,8
25	36,6	31,9
26	36,7	32
27	36,6	32
28	36,7	32
29	34,8	31,2
30	37	32,2
Total	1069,6	936,9

Contoh:

Jawaban:

$$T_m = 1/30 \times 1069,6 = 35,65^\circ \text{C}$$

$$T_a = 1/30 \times 936,9 = 31,23^\circ \text{C}$$

$$T_r = T_a + 1/3 (T_m - T_a) = 31,23 + 1/3 \times 4,42 = 32,7^\circ \text{C}$$

a. Perhitungan Panjang Runway (ICAO)

Koreksi untuk kelandaian

- *Effective gradient* (kelandaian efektif) adalah perbedaan elevasi maksimum antara titik tertinggi dan terendah di garis tengah runway dibagi dengan panjang total runway.
- Pesawat membutuhkan energi yang lebih ketika *take off* pada runway yang lebih curam sehingga semakin panjang runway yang diperlukan untuk mencapai kecepatan permukaan (*ground speed*) yang diinginkan.
- Runway harus dikoreksi 10 persen untuk setiap kelandaian sebesar 1 persen dari *effective gradient*.

247

a. Perhitungan Panjang Runway (ICAO)

Koreksi untuk kelandaian

- Rumus koreksi untuk kelandaian (*gradient*) menjadi:

$$F_g = 1 + 0,1 \times G$$

dengan:

F_g = koreksi untuk kelandaian (*gradient*)

G = *gradient efektif runway* (%)

Dengan memperhatikan koreksi-koreksi di atas, panjang runway aktual atau panjang runway rancangan dapat ditentukan rumus berikut:

$$L_a = L_b \times F_e \times F_t \times F_g$$

dengan:

L_a = panjang aktual runway (m)

L_b = panjang *basic runway* (m)

F_e = koreksi untuk elevasi

F_t = koreksi untuk temperatur

F_g = koreksi untuk *gradient* (kelandaian)

248

a. Perhitungan Panjang Runway (ICAO)

Koreksi untuk kelandaian

- Perlu ditekankan bahwa koreksi-koreksi di atas adalah cara pendekatan dan sumber terbaik untuk informasi mengenai runway adalah dari manual operasi penerbangan (*flight operation manual*) pada pesawat yang akan digunakan.
- Dalam merencanakan bandar udara, runway harus cukup panjang untuk mengakomodasi pesawat yang membutuhkan panjang runway yang paling besar.

249

a. Perhitungan Panjang Runway (ICAO)

Contoh Soal 9.2. Panjang runway dengan metode koreksi

Diketahui.

Panjang runway pada kondisi standar/basic adalah (L_b) 1.620 m.

Bandar udara berada pada elevasi (h) 270 m dan *reference temperature* (T_r) 32,9° C.

Runway dibangun dengan *effective gradient* (G) 0,2%

Ditanyakan:

Tentukan panjang runway yang terkoreksi (L_a)!

250

a. Perhitungan Panjang Runway (ICAO)

Koreksi untuk kelandaian

Jawaban:

a. Koreksi untuk elevasi:

$$F_e = 1 + 0,07 \times h/300$$

$$1 + 0,07 \times 270/300 = 1,063$$

b. Koreksi untuk temperatur:

$$F_t = 1 + 0,01 \times [T - (15 - 0,0065 \times h)]$$

$$1 + 0,01 \times [32,9 - (15 - 0,0065 \times 270)] = 1,197$$

c. Koreksi untuk gradient (kelandaian)

$$F_g = 1 + 0,1 \times G = 1 + 0,1 \times 0,2 = 1,02$$

d. Panjang runway terkoreksi

$$L_a = L_b \times F_e \times F_t \times F_g$$

$$= 1.620 \times 1,063 \times 1,197 \times 1,02 = 2.102,5 = 2.103 \text{ m}$$

251

b. Perhitungan Panjang Runway (FAA)

- FAA dan pabrik pesawat telah mengembangkan dan memublikasikan kurva performa berbagai pesawat, sebagai alat untuk merancang panjang runway.
- Kurva ini didapatkan berdasarkan uji terbang secara aktual dan juga data-data operasional.
- Berdasarkan pengujian tersebut, dapat dihasilkan panjang runway untuk landing dan take off secara akurat untuk hampir seluruh jenis pesawat sipil yang lazim digunakan, baik itu pesawat besar maupun kecil.
- Kurva-kurva ini bervariasi dalam format dan kompleksitasnya.
- Contoh kurva performa pesawat dari pabrikan pesawat ditunjukkan pada Gambar 9.1 dan Gambar 9.2, untuk pesawat Boeing 737-900.

252

b. Perhitungan Panjang Runway (FAA)

- Kurva performa pesawat untuk take off dibuat berdasarkan effective runway gradient (kelandaian efektif runway) 0%.
- Kelandaian efektif runway adalah selisih maksimum dari elevasi garis tengah runway dibagi dengan panjang runway.
- FAA mengatur bahwa Panjang runway untuk take off meningkat seiring dengan kenaikan 1% kelandaian efektif runway, dengan kenaikan sebesar:
 - a. Untuk pesawat piston dan turboprop 20%
 - b. Untuk pesawat turbojet 10%

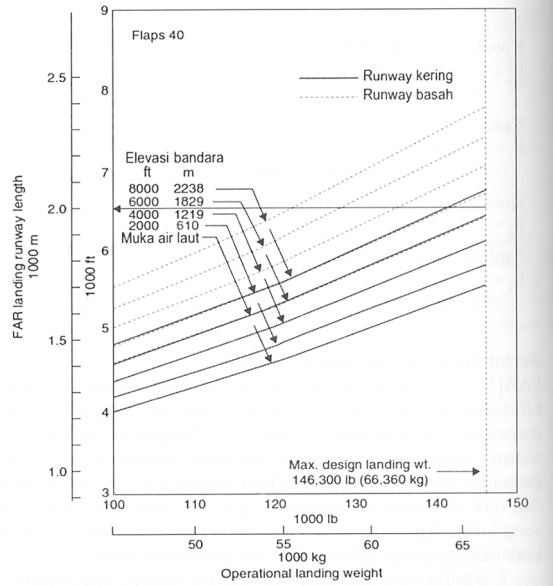
253

b. Perhitungan Panjang Runway (FAA)

- Dalam kasus pendaratan pesawat turbojet pada runway basah atau licin, disarankan untuk menambah panjang runway 5 sampai 9,5%, bergantung pada tipe pesawat.
- Tidak ada koreksi yang disarankan untuk pesawat piston atau turboprop.
- Contoh Soal 9.3 menunjukkan penggunaan kurva pada (Gambar 9.1 dan Gambar 9.2.)

254

b. Perhitungan Panjang Runway (FAA)

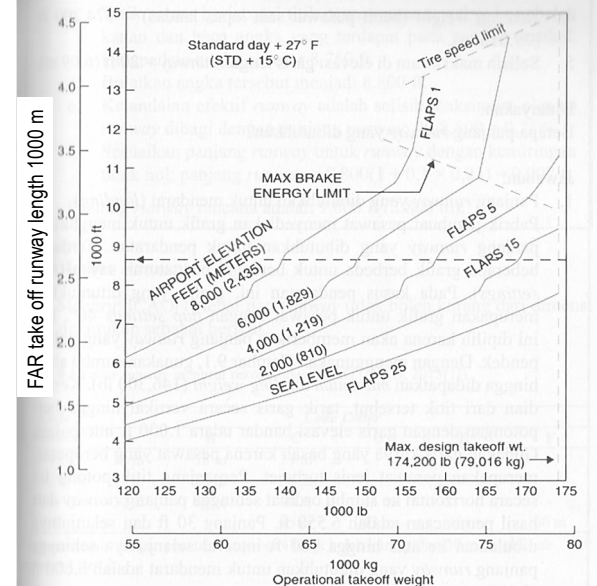


Catatan : 1. Hari standar 2. Tidak ada angin 3. Kemiringan runway 0%

Gambar 9.1 Kurva performa pesawat Boeing 737-900 saat landing (Boeing, 2013)

255

b. Perhitungan Panjang Runway (FAA)



Catatan: 1. Hari standar 2. Tidak ada angin 3. Kemiringan runway 0%

Gambar 9.2 Kurva performa pesawat Boeing 737-900 saat take off (Boeing, 2013)

256

GEOMETRIK RUNWAY

Contoh Soal

Contoh Soal 9.3

Panjang runway yang dibutuhkan oleh boeing 737-900

Diketahui:

Sebuah pesawat seri Boeing 737-900 series aircraft, memiliki karakteristik sebagai berikut.

1. Maximum landing weight (berat maksimum saat pendaratan) = 146.300 lb (66.360 kg).
2. Rata-rata maksimum temperatur = 84°F (28°C).
3. Elevasi bandar udara = 1.000 ft (304,8 m).

4. Take off weight (berat pesawat saat lepas landas) = 174,200 lb (79.015 Kg)
5. Selisih maksimum di elevasi garis tengah runway = 20 ft (6,09 m).

Ditanyakan:

Berapa panjang runway yang dibutuhkan?

257

GEOMETRIK RUNWAY

Contoh Soal

Jawaban:

1. Panjang runway yang dibutuhkan untuk mendarat (landing) Pabrik pembuat pesawat menyediakan grafik untuk menghitung panjang runway yang dibutuhkan untuk pendaratan. Terdapat beberapa grafik berbeda untuk berbagai pengaturan sayap (flap settings). Pada kasus pendaratan ini, grafik yang ditunjukkan merupakan grafik untuk pesawat dengan flap settings 40°. Hal ini dipilih karena akan memberikan panjang runway yang paling pendek. Dengan menggunakan Gambar 9.1, gunakan sumbu absis hingga didapatkan maximum landing weight (146,300 lb). Kemudian dari titik tersebut, tarik garis secara vertikal hingga berpotongan dengan garis elevasi bandar udara 1.000 ft interpolasi. Gunakan garis kurva yang basah karena pesawat yang beroperasi merupakan pesawat jenis turbojet. Perpanjang titik potong ini secara horizontal ke sumbu ordinat sehingga panjang runway dari hasil pembacaan adalah 6.550 ft. Panjang 30 ft dan selanjutnya dibulatkan ke atas hingga 100 ft interval selanjutnya sehingga panjang runway yang dibutuhkan untuk mendarat adalah 6.600 ft (2.000 m).

258

GEOMETRIK RUNWAY

Jawaban

2. Panjang *runway* yang dibutuhkan untuk lepas landas (*take off*) Manual Boeing 737 untuk perencanaan bandara mengandung grafik *take off* yang dibutuhkan untuk *runway* kering (*dry runway*) pada temperatur standar harian atau *standard daily temperature* (SDT) dan SDT+15°C. Gunakan Gambar 9.2, yaitu untuk bandar udara dengan temperatur harian rata-rata pada bulan terpanas adalah sama atau kurang dari STD+15°C (86°F). Langkah-langkah berikut dilakukan untuk menentukan panjang *runway* yang dibutuhkan untuk *take off*.
 - a. Mulai dari sumbu horizontal dan masukkan *maximum design take off weight* sebesar 174.200 lb, (79.016 kg).
 - b. Gambar garis secara vertikal dan interpolasi hingga garis bersinggungan dengan kurva elevasi 1.000 ft.

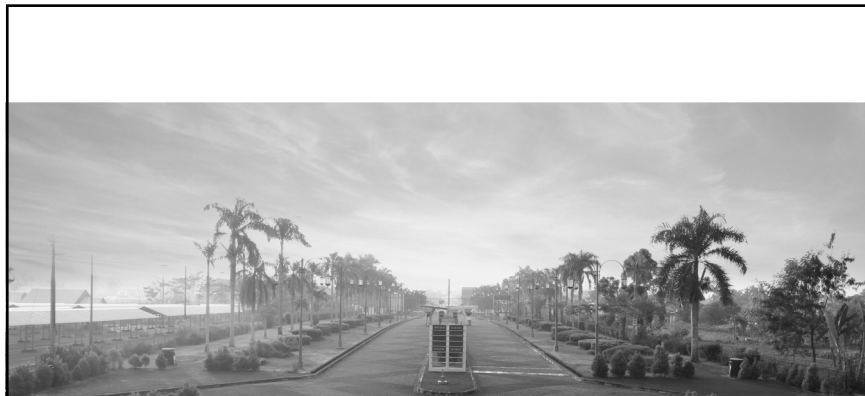
259

GEOMETRIK RUNWAY

Jawaban

- c. Tarik secara horizontal titik perpotongan tersebut ke sebelah kanan dan baca angka yang terdapat pada sumbu vertikal. Didapatkan angka sebesar 8.750 ft.
 - d. Bulatkan angka tersebut menjadi 8.800 ft.
 - e. Kelandaian efektif *runway* adalah selisih maksimum elevasi *runway* dibagi dengan panjang *runway*: $20/8.800 = 0,23\%$.
 - f. Sesuaikan panjang *runway* untuk *runway* dengan kemiringan tidak nol: $\text{panjang runway} = 8.800(1 + 0,1 \times 0,23) = 9.002 \text{ ft.}$
- Panjang *runway* rencana adalah 9.000 ft (2.800 m).

260



DESAIN PERKERASAN RUNWAY BANDARA

By Muchlisin, M.Sc.

261

TIPE PERKERASAN DI BANDARA

PERKERASAN LENTUR

- CAMPURAN ASPAL DGN AGREGAT
- CAMPURAN INI DILETAKKAN DI ATAS PERMUKAAN MATERIAL GRANULAR MUTU TINGGI (GRANULAR BASE AGGREGATE)

SURFACES; CAMPURAN ASPAL

BASE COURSE; AGREGAT; STAB.

SEMEN, ASPAL ATAU UNTREATED

SUBBASE COURSE; AGREGAT; STAB.

SEMEN, ASPAL ATAU UNTREATED

TANAH DASAR

PERKERASAN KAKU

- DIBUAT DARI SLAB SLAB BETON
- SLAB TERSEBUT DILETAKKAN DI ATAS SUB BASE

SURFACES; SLAB BETON

SUBBASE COURSE; AGRGAT STABILISASI ASPAL, SEMEN DAN UNTREATED

TANAH DASAR

262

LAPIS PERMUKAAN (SURFACES COURSE)

- BERFUNGSI LAPIS PERATA DAN KESELAMATAN PENERBANGAN
- BERFUNGSI MENUMPU BEBAN RODA PESAWAT DAN MENAHAN BEBAN BERULANG SERTA MENYEBARKAN KE LAPISAN DI BAWAHNYA

LAPIS PONDASI ATAS (BASE COURSE)

- BERFUNGSI MENAHAN BEBAN RODA DAN MENERUSKAN KE LAPISAN DI BAWAHNYA
- DIBUAT DARI MATERIAL AGREGAT, BISA MATERIAL STABILISASI DENGAN SEMEN ATAU ASPAL

263

LAPIS PONDASI BAWAH (SUBBASE COURSE)

- BERFUNGSI MENAHAN BEBAN RODA DAN MENERUSKAN KE TANAH DASAR
- DIBUAT DARI MATERIAL AGREGAT, BISA MATERIAL STABILISASI DENGAN SEMEN ATAU ASPAL, KAPUR

METODE DESAIN PERKERASAN LAPANGAN TERBANG

- METODE CBR OLEH US CORPORATION OF ENGINEERS
- METODE FAA
- METODE LCN DARI INGGRIS
- METODE ASPHALT INSTITUTE
- METODE CANADIAN DEPARTEMEN OF TRANSPORTATION

264

PERENCANAAN PERKERASAN LENTUR METODE FAA

- Perhitungan tebal tiap lapisan perkerasan menggunakan grafik yang telah disiapkan oleh FAA
- Kategori area perkerasan meliputi area kritis dan non kritis
- Area kritis meliputi: taxiway, runway 300 m dari ujung *threshold*, *apron*
- Tebal area non kritis biasanya 0,9 kali ketebalan kritis
- Harus ditentukan pesawat rencana untuk perhitungan tebal perkerasan
- Karena tipe roda pendaratan pesawat berbeda-beda, maka harus dikonversi ke dalam pesawat rencana melalui *equivalent annual departure* pesawat campuran

265

RUMUS KONVERSI ADALAH:

$$\text{Log } R1 = (\text{Log } R2) \cdot \left(\frac{W2}{W1}\right)^{1/2}$$

- R1 = EQUIVALENT ANNUAL DEPARTURE PESAWAT RENCANA
- R2 = ANNUAL DEPARTURE PESAWAT PESAWAT CAMPURAN DINYATAKAN DALAM RODA PENDARATAN PESAWAT RENC.
- W1 = BEBAN RODA DARI PESAWAT RENCANA (lbs)
- W2 = BEBAN RODA DARI PESAWAT YANG DITANYAKAN (lbs)

RUMUS LAIN:

R2 = FORECAST ANNUAL DEPARTURE x F. KONVERSI

W2 atau W1 = MTOW x 0,95 x 0,25

266

RUMUS KONVERSI TIPE RODA Pendaratan

KONVERSI DARI	KE	FAKTOR PENGALI
SINGLE WHEEL	DUAL WHEEL	0,8
SINGLE WHEEL	DUAL TANDEM	0,5
DUAL WHEEL	DUAL TANDEM	0,6
DOUBLE DUAL TANDEM	DUAL TANDEM	1,0
DUAL TANDEM	SINGLE WHEEL	2,0
DUAL TANDEM	DUAL WHEEL	1,7
DUAL WHEEL	SINGLE WHEEL	1,3
DOUBLE DUAL TANDEM	DUAL WHEEL	1,7

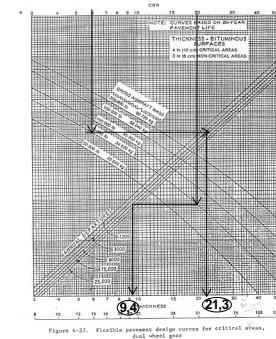
PARAMETER DALAM MENENTUKAN TEBAL PERKERASAN METODE FAA

- NILAI CBR TANAH DASAR
- NILAI CBR SUB BASE (PONDASI BAWAH)
- BERAT TOTAL/BERAT LEPAS LANDAS PESAWAT RENCANA

267

CONTOH PERENCANAAN METODE FAA

Rencanakan tebal lapis perkerasan *flexible* yang melayani pesawat rencana dengan tipe roda pendaratan *dual gear*, berat lepas landas 75.000 lbs (34.000 kg), *equivalent annual departure* 6000 dari pesawat rencana, CBR *subbase* 20% dan cbr tanah dasar 6%



- HITUNG TEBAL PERKERASAN TOTAL DENGAN MENGGUNAKAN GRAFIK DI SAMPING, DIDAPAT:

$$T = 21,3 \text{ INC} = 51,2 \text{ CM}$$

- TEBAL SUB BASE DIDAPAT DARI GRAFIK DISAMPING, DIDAPAT TEBAL SURFACE DAN BASE:

$$T_{S_B} = 9,4 \text{ INC} = 23,876 \text{ CM} = 24,0 \text{ CM}$$

- MAKA TEBAL SUBBASE (T_{SB}) =

$$T_{SB} = 21,3 - 9,4 = 11,9 \text{ INC} = 30,3 \text{ CM}$$

268

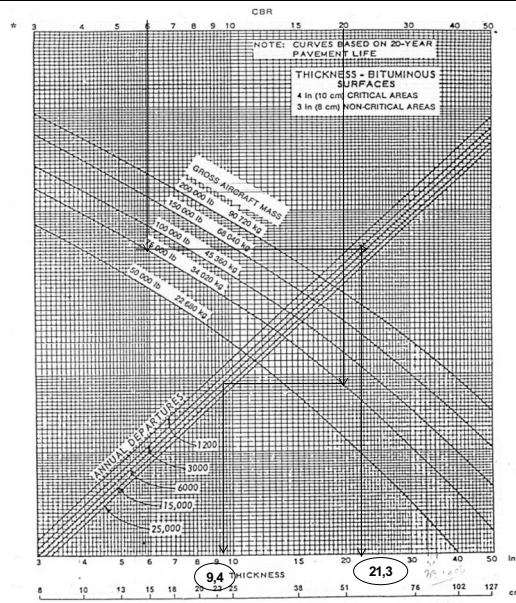


Figure 4-37. Flexible pavement design curves for critical areas, dual wheel gear

269

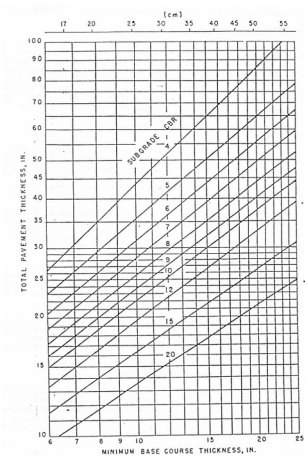


Figure 4-45. Minimum base course thickness requirements

- TEBAL LAPIS ASPAL = 4 Inc = 10,2 cm
- TEBAL LAPIS PONDASI (T_{BC}) =

$$T_{BC} = 24 - 10,2 = 13,8 \text{ cm} = 5,4 \text{ inch}$$

- SELANJUTNYA TEBAL T_{BC} DIKONTROL TERHADAP T_{BC} MINIMUM DARI GRAFIK DI SAMPING. DENGAN CBR 6% DI DAPAT :

$$T_{BC \text{ MIN}} = 6 \text{ Inc} = 15,2 \text{ Cm} > 13,8 \text{ CM}$$

$$\text{MAKA DIGUNAKAN } T_{BC} = 15,2 \text{ cm}$$

$$\text{SURFACE COURSE, } T = 4 \text{ Inc} = 10,2 \text{ cm}$$

$$\text{BASE COURSE, } T_{BC} = 15,2 \text{ cm}$$

$$\text{SUB BASE COURSE, } T_{SB} = 30,3 \text{ cm}$$

$$\text{TANAH DASAR, CBR} = 6\%$$

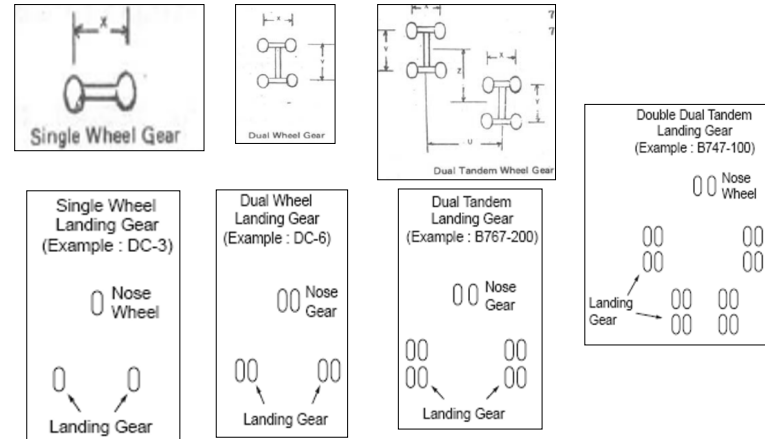
270

TABLE 3-4. MINIMUM BASE COURSE THICKNESS

Design Aircraft	Design Load Range		Minimum Base Course Thickness	
	lbs.	(kg)	in.	(mm)
Single Wheel	30,000 - 50,000	(13600 - 22 700)	4	(100)
	50,000 - 75,000	(22700 - 34 000)	6	(150)
Dual Wheel	50,000 - 100,000	(22700 - 45 000)	6	(150)
	100,000 - 200,000	(45 000 - 90 700)	8	(200)
Dual Tandem	100,000 - 250,000	(45 000 - 113 400)	6	(150)
	250,000 - 400,000	(113400 - 181 000)	8	(200)
757	200,000 - 400,000	(90700 - 181000)	6	(150)
DC-10	400,000 - 600,000	(181 000 - 272000)	8	(200)
L1011	400,000 - 600,000	(181 000 - 272000)	6	(150)
	600,000 - 850,000	(272 000 - 385 700)	8	(200)
B-747	75,000 - 125,000	(34 000 - 56 700)	4	(100)
	125,000 - 175,000	(56700 - 79 400)	6	(150)

Note: The calculated base course thicknesses should be compared with the minimum base course thicknesses listed above. The greater thickness, calculated or minimum, should be specified in the design section.

271



272

LATIHAN



DIBERIKAN DAFTAR PESAWAT YANG DIPERKIRAKAN HARUS DILAYANI OLEH BANDARA YANG DIRENCANAKAN. HITUNGLAH EQUIVALENT ANNUAL DEPARTURE-NYA DAN TEBAL PERKERASAN YANG DIBUTUHKAN JIKA DIKETAHUI CBR_{TANAH DASAR} = 6% & CBR_{SUB-BASE} = 20%

TIPE PESAWAT	FORECAST ANNUAL DEPARTURE	TIPE RODA PENDARATAN	MTOW (lbs)
727-100	3760	DUAL WHEEL	160.000
727-200	9080	DUAL WHEEL	190.000
707-320 B	3050	DUAL TANDEM	327.000
DC 9-30	5800	DUAL	108.000
CV-880	400	DUAL TANDEM	184.500
737-200	2650	DUAL	115.500
L-1011-100	1710	DUAL TANDEM	450.000
747-100	85	DOUBLE DUAL TANDEM	700.000

Tentukan tebal perkerasan runway jika pesawat rencana adalah 727-200 dan pesawat campuran adalah tipe 727-100!

273

PENYELESAIAN:

• TENTUKAN PESAWAT RENCANA, DIAMBIL 727-200 DAN PESAWAT CAMPURAN ADALAH TIPE 727-100

• HITUNG R2 =====> R2= FORECAST ANNUAL DEPARTURE x F. KONVERSI
PSWT 727-100 : R2 = 3760 x FAKTOR KONVERSI KE DUAL WHEEL
= 3760 x 1 = 3760

• HITUNG W2 =====> W2= MTOW x 0,95 x 0,25
PSWT 727-100 : W2 = MTOW x 0,95 x 0,25 = 160.000 x 0,95 x 0,25= 38.000

• HITUNG W1 =====> W1= 0,25 x 0,95 x MTOW PSWT RENC. (727-200)
W1 = 0,25 x 0,95 x 190.000 = 45.125 lbs

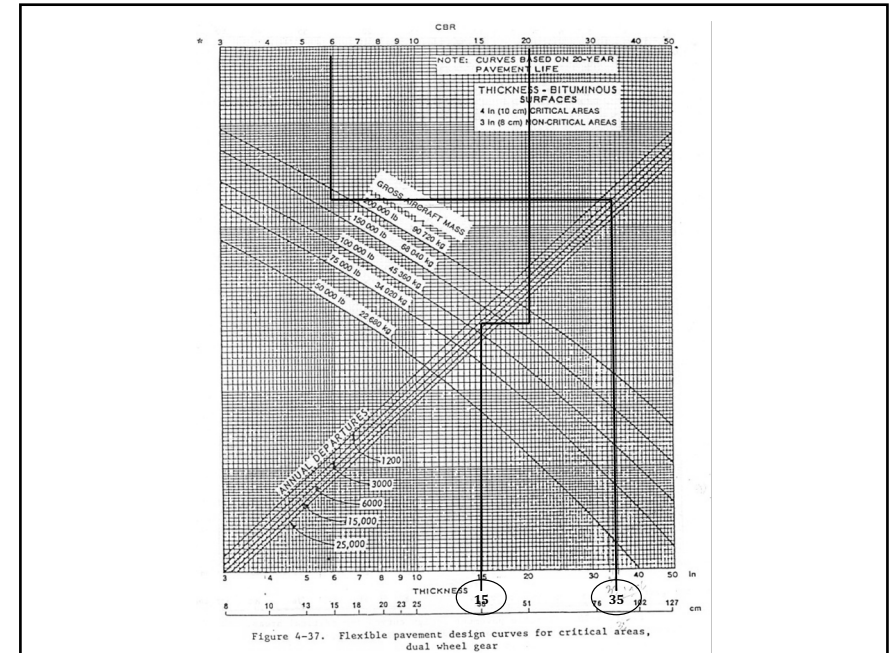
• HITUNG EQUIVALENT ANNUAL DEPARTURE TERHADAP PSWT RENC (R1)
PSWT 727-200 : log R1= log 3760 . (38.000/45.125)^{0,5} = 1909



274

TIPE PESAWAT	DUAL GEAR DEPARTURE, R2	WHEEL LOAD (lbs), W2	WHEEL LOAD PSWT RENC, W1	EQUIVALENT ANNUAL DEPARTURE PSWT RENC, R1
727-100	3760	38.000	45.125	1.909
727-200	9080	45.125	45.125	9.080
707-320 B	5185	38.831	45.125	2.792
DC 9-30	5800	25.650	45.125	688
CV-880	680	21.909	45.125	94
737-200	2650	27.431	45.125	467
L-1011-100	2907	35.625	45.125	1.195
747-100	145	35.625	45.125	83
			JUMLAH R1=	16.308

275



276

Dari pembacaan grafik untuk penentuan tebal perkerasan dengan *dual wheel*, diperoleh:

- Tebal Total Perkerasan (dari CBR tanah dasar 6%)
 $T_{TOT} = 35$ Inch
- Tebal Base Course (BC) dan Surface (dari CBR Sub-base 20%)
 $T_{S_BC} = 15$ Inch
- Tebal Surface
 $T_S = 4$ Inch (KETENTUAN)
- Tebal Base Course (BC)
 $T_{BC} = 15 - 4 = 11$ Inch
- Tebal Sub-Base Course (CB)
 $T_{SB} = 35 - 15 = 20$ Inch

277

Untuk penentuan tebal Base Course (BC), HARUS dikoreksi dengan menggunakan grafik **TEBAL MINIMUM BASE-COURSE**. Berikut adalah hasil pembacaannya:

- Cek tebal MINIMUM BASE-COURSE
TEBAL TOTAL = 35 Inch
TEBAL BC (sebelum terkoreksi) = 11 Inch
CBR Tanah Dasar (Subgrade CBR) = 6 %
- Hasil pembacaan **TEBAL BC MINIMUM** = 11,2 Inch

SURFACE COURSE, $T = 4$ Inc = 10,2 cm
BASE COURSE, $T_{BC} = 11,2$ Inc
SUB BASE COURSE, $T_{SB} = 20$ Inc
TANAH DASAR, CBR = 6%

278

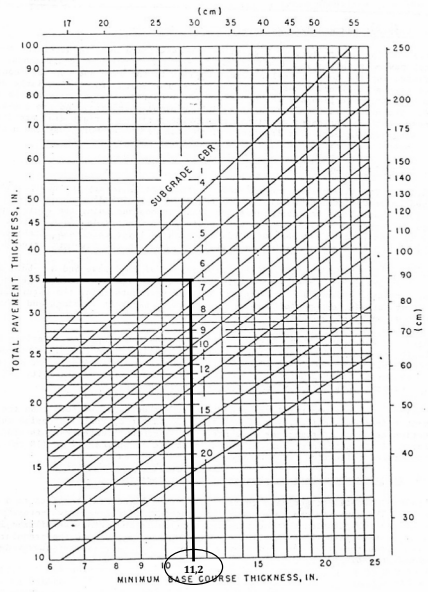


Figure 4-45. Minimum base course thickness requirements