

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Peramalan Statistik

2.1.1 Definisi dan Tujuan Peramalan

Peramalan lalu lintas udara adalah memperkirakan kemungkinan pertumbuhan lalu lintas udara yang akan terjadi kedepannya menggunakan data lalu lintas udara yang sudah ada sebelumnya sehingga perkiraan yang didapatkan mendapatkan hasil yang tidak jauh berbeda dengan nilai aslinya yang ada di lapangan. Dalam melakukan peramalan lalu lintas udara terdapat metode atau cara yang beragam dimulai dengan cara yang sederhana maupun menggunakan cara yang lebih rumit dengan cara analisa matematis. Berbagai macam cara tersebut akan mendapatkan hasil yang beragam dengan kemungkinan kesalahan terkecil hingga yang terbesar tergantung sebanyak apa variabel yang digunakan. Dalam pemilihan metode harus dilihat faktor-faktor lain seperti data yang diperlukan, kecanggihan teknik yang digunakan, dana yang diperlukan, waktu peramalan, dan ketepatan hasil yang diinginkan.

Beberapa metode peramalan yang dapat digunakan antara lain adalah peramalan dengan pertimbangan, peramalan kecenderungan, analisis pasar, dan pemodelan ekonometrik. Yang akan dijelaskan pada sub bab berikut.

2.1.2 Metode Peramalan Kecenderungan (*Trend Extrapolation*)

Ekstrapolasi didasarkan pada pengujian historis suatu kegiatan dan menganggap bahwa faktor tersebut yang menentukan variasi-variasi tertentu pada kegiatan lalu lintas pada masa lalu dan akan terus menunjukkan variasi-variasi yang

serupa di masa mendatang. Persentase ini menggunakan data tipe rangkaian waktu dan menganalisis pertumbuhan dan laju pertumbuhan yang dihubungkan dengan data masa lalu seperti pada data pertumbuhan lalu lintas udara. Dalam pelaksanaannya kecenderungan berkembang dalam situasi dimana laju pertumbuhan suatu peubah adalah stabil baik secara mutlak ataupun persentase, terdapat laju pertumbuhan yang meningkat atau menurun secara berangsur atau berkala dalam satuan waktu. Teknik-teknik statistic digunakan untuk membantu dalam menentukan keandalan dan rentang yang diharapkan dalam kecenderungan yang diekstrapolasi.

Terdapat beberapa tipe ekstrapolasi, termasuk diantaranya ekstrapolasi kecenderungan linier. Dalam keadaan apapun variabel yang diperkirakan akan dilukiskan dalam kertas grafik dan dibuat penetapan hubungan fungsional yang mungkin di antara variabel tersebut. Diantara beberapa metode peramalan kecenderungan adalah sebagai berikut:

1. Ekstrapolasi Linear Teknik ini digunakan untuk pola permintaan yang menunjukkan suatu hubungan linear historis dengan variabel waktu. Hubungan yang mendasarinya mungkin diamati konstan atau berubah dalam pola teratur, atau siklus.
2. Ekstrapolasi Eksponensial Untuk keadaan dimana variabel yang tergantung pada yang lain memperlihatkan suatu laju pertumbuhan yang konstan terhadap waktu, biasanya ekstrapolasi eksponensial. Gejala ini sering terjadi dalam dunia penerbangan untuk proyeksi-proyeksi tingkat kegiatan yang telah memperlihatkan

kecenderungan jangka panjang meningkat atau menurun dengan suatu persentase tahunan rata-rata.

3. Kurva-kurva Logistik Dalam keadaan dimana laju pertumbuhan tahunan rata-rata secara berangsur-angsur mengalami penurunan sesuai dengan waktu, maka sebaiknya digunakan kurva logistik untuk menganalisis kecenderungan. Dengan timbulnya pasar penerbangan, sering terdapat periode awal dengan pertumbuhan tahunan yang berangsur-angsur meningkat, periode pertengahan dengan pertumbuhan yang konstan dan periode akhir dimana laju pertumbuhan berkurang pada suatu titik ketika telah terjadi kejenuhan pasar.

Dalam perhitungannya biasanya digunakan metode dengan kurva yang berbeda-beda yang ditunjukkan dalam nilai matematis, dan rumus matematika. Bentuk kurva ditunjukkan pada gambar 2.1 di bawah. Variabel yang diperlukan adalah lalu lintas ditunjukkan sebagai variabel Y , variabel waktu T , dan a , b dan c adalah konstanta (koefisien). Nilai dari setiap grafik adalah sebagai berikut:

1. Linear (garis lurus)

$$Y = a + bT$$

Menunjukkan nilai pertumbuhan yang konstan

2. Eksponensial

$$Y = a(1 + b)^T$$

$$\log Y = \log a + T \log(1 + b)$$

Dengan nilai b positif atau biasanya kurang dari satu, menunjukkan bahwa persentase lalu lintas tahunan meningkat setiap

nilai 100b. rumus eksponensial dapat ditunjukkan dalam bentuk rumus linear.

3. Parabola

$$Y = a + bT + cT^2$$

Dengan 3 konstanta menunjukkan bentuk kurva yang bervariasi. Nilai c lebih besar dari 0, pertumbuhan yang terjadi pada kurva berdasarkan nilai waktu dan mengalami penurunan berdasarkan nilai waktu.

4. Gompertz

$$Y = ab^{-cT}$$

$$\log Y = \log a - C^T \log b, \quad 0 < c < 1$$

Dapat digunakan dalam peramalan dengan periode waktu yang sangat lama.

2.2 Bandar Udara

2.2.1 Pengertian Bandar Udara

Bandar udara merupakan fasilitas dimana pesawat terbang dapat lepas landas dan mendarat. Suatu Bandara minimal memiliki sebuah landasan pacu, sedangkan untuk bandara besar biasanya dilengkapi berbagai fasilitas lain baik untuk operator layanan penerbangan maupun bagi pengunanya seperti bangunan terminal dan hangar (Horonjeff, 1994)

Bandar udara adalah kawasan di daratan dan/atau perairan dengan batas – batas tertentu yang digunakan sebagai tempat pesawat udara mendarat dan lepas landas, naik turun penumpang , bongkar muat barang, dan tempat perpindahan intra dan antarmoda transportasi, yang dilengkapi dengan fasilitas keselamatan dan

keamanan penerbangan, serta fasilitas pokok dan fasilitas penunjang lainnya. (Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Bidang Penerbangan).

2.2.2 Fasilitas Bandar Udara

Sebuah bandar udara terdiri atas fasilitas transportasi yang luas dan kompleks, serta dirancang untuk melayani pesawat, penumpang, kargo dan kendaraan lainnya. Masing-masing pengguna bandara tersebut ini dilayani berdasarkan komponen yang berbeda di bandar udara. Komponen bandar udara secara umum terbagi menjadi dua kategori, yaitu:

1. Komponen sisi udara (*aerodrome*), bandar udara dirancang dan dikelola untuk mengakomodasi pergerakan pesawat di sekitar bandar udara, maupun saat menuju dan kembali dari udara yang terdiri dari, *runway*, *taxiway*, dan *apron*
2. Komponen sisi darat (*landrome*), bandar udara dirancang dan dikelola untuk mengakomodasi pergerakan *ground based vehicles* (kendaraan didarat), penumpang dan kargo yang terdiri dari, terminal penumpang, terminal kargo, bangunan operasi dan fasilitas penunjang bandar udara.

Terminal bandar udara dirancang untuk memfasilitaskan pergerakan penumpang dan barang dari landside menuju pesawat di airside. Komponen akses darat bandar udara mengakomodasikan pergerakan kendaraan di darat dari dan menuju sekitar area perkotaan.

2.2.3 Klasifikasi Bandar Udara

Dalam kegiatan perancangan, bandar udara diklasifikasikan berdasarkan pesawat yang dapat dilayani. Di bandar udara terdapat berbagai pesawat dengan

lebar yang bervariasi, mulai dari pesawat kecil (small general aviation) hingga pesawat besar (heavy air transport aircraft).

Bandar udara dirancang dan didesain berdasarkan pesawat kritis (critical) atau dari pesawat rencana (design). FAA (Federal Aviation Administration) menjelaskan bahwa pesawat kritis, yaitu pesawat yang setidaknya beroperasi sebanyak 500 kali atau lebih di bandar udara selama satu tahun. Dalam banyak kasus, lebih dari satu pesawat kritis dipakai untuk tujuan perancangan bandar udara.

Horonjeff (1994) mendefinisikan klasifikasi bandar udara ditentukan berat dari pesawat terbang, hal ini penting untuk menetapkan tebal perkerasan *runway*, taxiway dan apron, panjang *runway* lepas landas dan pendaratan pada suatu bandara. Bentang sayap dan panjang badan pesawat mempengaruhi ukuran apron parkir, yang akan mempengaruhi susunan gedung-gedung terminal. Ukuran pesawat juga menentukan lebar *runway*, taxiway dan jarak antara keduanya, serta mempengaruhi jari-jari putar yang dibutuhkan pada kurva-kurva perkerasan.

Horonjeff (1994) juga menyatakan bahwa panjang *runway* mempengaruhi sebagian besar daerah yang dibutuhkan di suatu bandara. Selain berat pesawat, konfigurasi roda pendaratan utama sangat berpengaruh terhadap perancangan tebal lapis keras. Pada umumnya konfigurasi roda pendaratan utama dirancang untuk menyerap gaya-gaya yang ditimbulkan selama melakukan pendaratan (semakin besar gaya yang ditimbulkan semakin kuat roda yang digunakan), dan untuk menahan beban yang lebih kecil dari beban pesawat lepas landas maksimum. Dan selama pendaratan berat pesawat akan berkurang akibat terpakainya bahan bakar yang cukup besar.

2.3 Runway

Runway adalah area persegi di permukaan bandara (*aerodrome*) yang disiapkan untuk *take off* dan *landing* pesawat, secara aman dan efisien dalam berbagai kondisi. Sebuah bandara dapat memiliki satu atau beberapa *runway*. Elemen dasar *runway* meliputi perkerasan yang secara structural cukup untuk mendukung beban pesawat yang dilewatinya, bahu *runway*, *runway strip*, landas pacu buangan panas mesin (*blast pad*), *Runway End Safety Area* (RESA), *stopway* dan *clearway*.

Kelengkapan data yang merupakan aspek dari penilaian meliputi diantaranya *runway designation* atau azimuth yang merupakan nomor atau angka yang menunjukkan penomoran landasan pacu dan kemiringan landasan pacu tersebut. Data ini merupakan data yang ditetapkan sejak awal perancangan dan pembangunan bandar udara tersebut. Bagian berikutnya adalah dimensi landas pacu yang meliputi panjang dan lebar landas pacu. Panjang landas pacu dipengaruhi oleh pesawat kritis yang dilayani, temperatur udara sekitar, ketinggian lokasi, kelembaban bandar udara, kemiringan landas pacu, dan karakteristik permukaan landas pacu. Fasilitas Landas Pacu ini mempunyai beberapa bagian yang masing-masingnya mempunyai persyaratan tersendiri.

Runway merupakan salah satu fasilitas yang paling penting dalam bandar udara. Tanpa *runway* yang direncanakan dan dikelola dengan baik, pesawat tidak akan dapat menggunakan bandara. Dalam merancang *runway*, diatur secara ketat mengenai panjang, lebar, orientasi (arah), konfigurasi, kemiringan/kelandaian, dan ketebalan perkerasan *runway*. Selain itu, juga diatur mengenai daerah bandar udara

di sekitar *runway* untuk memastikan bahwa tidak ada penghalang berbahaya yang dapat mencegah operasi pesawat secara aman.

ICAO (*International Civil Aviation Organization*) menyatakan bahwa pada sebuah landasan pacu harus memenuhi sebuah persyaratan operasional yang tertuang dalam *Annex 14* dari konvensi Chicago. Ditinjau dari aspek keselamatan persyaratan yang bersifat mutlak dan harus dipenuhi dalam perencanaan pembangunan bandar udara, yaitu :

1. Persyaratan Teknis

- a. Kemiringan *slope* yang terdiri dari:

- Kemiringan memanjang efektif maksimum 1%
- Kemiringan melintang efektif maksimum 1,5%
- Jarak perubahan antar kemiringan / *slope runway*, minimum 45m, disarankan jarak 100-300m, agar tidak bergelombang, perubahan kemiringan lebih halus dan nyaman.

2. Persyaratan Operasional

- a. Sudut pendaratan pesawat:

- 2% untuk pesawat jenis jet
- 4% untuk pesawat jenis baling-baling

- b. Bidang transisi (*Transisional Slope*):

- 1:7 untuk pesawat jenis jet
- 1:5 untuk pesawat jenis baling-baling

- c. Bidang atas halangan (*obstruction limitation surface*) merupakan ruang udara diatas bandar udara yang dikontrol bandar udara, tempat pesawat udara menunggu giliran untuk mendarat.

Selain harus memenuhi persyaratan teknis dan operasional, bandar udara juga harus memiliki suatu nilai yang menunjukkan karakteristiknya, yaitu:

1. Daya dukung (*bearing capacity*) diuji dengan alat HWD
2. Kekesatan (*resistance*) diuji dengan MU meter, *grip tester*
3. Kekerasan (*roughness*) diuji dengan alat *profilometer*
4. Kerataan diuji dengan alat NAASRA (*National Association Of Australian State Road Authorities*).

2.3.1 Geomterik *Runway*

Runway harus dirancang dan harus disediakan untuk memungkinkan gerakan pesawat aman dan cepat, faktor dasar perencanaan *runway* meliputi beberapa hal, yaitu:

1. *Aerodrome Refrence Code* (ARC)

Klasifikasi landasan pacu ditentukan oleh model atau tipe pesawat terbang pemakainya. Setiap *runway* diberikan kode-kode, dimana kode tersebut akan dapat diketahui untuk landasan pacu yang dimaksud.

Aerodrome refrence code terdiri dari dua elemen, yaitu berupa angka dan huruf. Elemen angka berfungsi untuk menginformasikan ARFL (*aeroplane refrence field length*) yang mampu dilayani oleh suatu *runway*, sedangkan elemen huruf berfungsi untuk menginformasikan batas maksimal *wing span* (bentangan sayap) dan lebar bentangan roda pesawat yang boleh beroperasi di landasan pacu

2. Runway Designation Number (azimuth)

Runway Designation Number (azimuth), digunakan untuk penomoran pada landasan pacu, ICAO mengatur mengenai *runway designation number* yang merupakan *azimuth* dari *runway* dalam derajat dibagi dengan sepuluh. *Azimuth* merupakan besar sudut mendatar antara nol derajat dengan titik/sasaran yang kita tuju, dalam hal ini titik yang dituju adalah garis tengah *runway*.

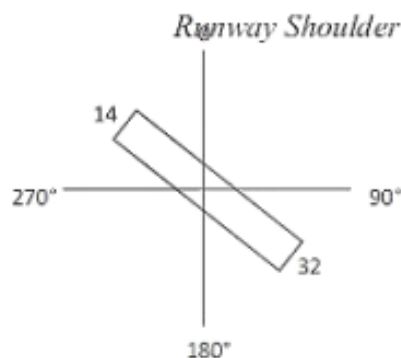
Dalam kasus *runway* sejajar (*parallel runway*), masing-masing *runway designation number* harus dilengkapi dengan huruf L (*left/kiri*), R (*right/kanan*) dan C (*center/tengah*), dilihat dari arah pendaratan.

- Untuk dua *runway* sejajar, digunakan : “L” “R”.
- Untuk tiga *runway* sejajar, digunakan : “L” “C” “R”.
- Untuk empat *runway* sejajar, digunakan : “L” “R” “L” “R”.

Azimuth runway dibulatkan menjadi puluhan derajat, contoh:

1°, 2°, 3°, 4° dibulatkan ke bawah

5°, 6°, 7°, 8°, 9° dibulatkan ke atas



(Sumber : Peraturan Dirjen Perhubungan Udara No. KP 29 tahun 2014)

Gambar 2.1 Azimuth Runway

3. Dimensi (panjang dan lebar)

Pemilihan panjang dan lebar *runway* rencana merupakan salah satu keputusan yang paling penting untuk seorang perencana bandar udara. Berdasarkan panjangnya landasan pacu dapat ditentukan kelas bandar udara seperti pada tabel 2.1

Tabel 2.1 Kelas Bandar Udara Berdasarkan Panjang *Runway*

<i>Element-1</i>		<i>Element-2</i>		
<i>ARC</i>	<i>ARFL</i>	<i>ARC</i>	<i>Wing Span</i>	<i>Main Gear Wheel Span</i>
1	<800 meter	A	<15 meter	<4,5 meter
2	800 s/d < 1200 meter	B	15 s/d < 24 meter	4,5 s/d < 6 meter
3	1200 s/d < 1800 meter	C	24 s/d < 36 meter	6 s/d < 9 meter
4	≥ 1800 meter	D	36 s/d < 52 meter	9 s/d < 14 meter
		E	52 s/d < 65 meter	9 s/d < 14 meter
		F	65 s/d < 80 meter	14 s/d < 16 meter

Sumber : Peraturan Dirjen Perhubungan Udara No. KP 29 Tahun 2014

Tabel 2.2 Kelas Bandar Udara Berdasarkan Lebar *Runway*

<i>ARC Number</i>		<i>ARC Number Code</i>					
		A	B	C	D	E	F
1	Non PAR	18 m	18 m	23 m	-	-	-
	PAR	30 m	30 m	30 m	-	-	-
2	Non PAR	23m	23 m	30 m	-	-	-
	PAR	30 m	30 m	30 m	-	-	-
3		30 m	30 m	30 m	45 m	-	-
4		-	-	45 m	45 m	45 m	60 m

Sumber : Peraturan Dirjen Perhubungan Udara No. KP 29 Tahun 2014

Tabel tersebut menunjukkan bahwa tingkat lebar *runway* pesawat berdasarkan kelas bandar udara yang ditentukan berdasarkan panjang landasan pacu serta lebar sayap pesawat.

Runway/RFL ditentukan oleh pabrik untuk menunjang pesawat yang akan mendarat. Faktor yang mempengaruhi adalah:

- 1) Ketinggian *Altitude*, ARFL bertambah 7% setiap kenaikan 300 m dari permukaan laut.

$$Fe = 0,007 (h/300)$$

Faktor Koreksi Elevasi (Fe)

Aerodrome Elevasi (h)

- 2) Temperatur, ARFL bertambah 1% setiap kenaikan 1°C

$$FT = 0,01 (T - 0,0065)$$

Faktor Temperatur (FT)

Temperatur Aerodrome Elevasi (T)

- 3) Kemiringan landasan pacu, ARFL bertambah 10% setiap bertambah kemiringan.

$$Fs = 0,1 \times S$$

Faktor Koreksi Kemiringan (Fs)

Kemiringan (S)

$$\text{Panjang (terkoreksi)} = \text{ARFL} \times Fe \times Ft \times Fs$$

4. *Slope Runway*

Kemiringan terbagi menjadi dua yaitu, kemiringan melintang dan memanjang landas pacu, *slope* pada landasan pacu dapat terjadi pada arah memanjang yang disebut dengan *longitudinal slope*, dan pada arah melintang yang disebut dengan *transversal slope*.

Tabel 2.3 Kemiringan Melintang dan Memanjang *Runway*

<i>Transverse Slope</i>	<i>Number Code</i>			
	1	2	3	4
Kode huruf A atau B	2%	2%	2%	2%
Kode huruf C,D atau E	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%

Sumber : Peraturan Dirjen Perhubungan Udara No. KP 29 Tahun 2014

5. Perkerasan *Runway*

Perkerasan dan kekuatan daya dukung landasan pacu, perkerasan landasan pacu terdiri dari dua macam jenis, yaitu:

a. Perkerasan Lentur (*flexible*)

Perkerasan lentur adalah suatu perkerasan yang mempunyai sifat elastis dimana perkerasan akan melendut saat diberi pembebanan. Perkerasan lentur terdiri dari lapisan *surface course*, *base course* dan *subbase course*. Masing-masing bisa satu lapis lebih, semuanya diaplikasikan di atas tanah asli yang dipadatkan yang disebut dengan *subgrade* (tanah dasar).

b. Perkerasan Kaku (*rigid*)

Perkerasan kaku terdiri dari slab beton tebal 6-20 cm, diaplikasikan di atas lapisan yang telah dipadatkan, lebih baiknya apabila lapisan bawah beton dicampur dengan semen atau aspal setebal 10-15 cm, hal ini agar efek pompa bisa ditekan sekecil mungkin. Lapisan yang berdampingan di bawah lapisan beton, terkadang disebut *subbase*, bukan *base course*, dikarenakan kualitasnya tidak perlu setinggi material yang ada di bawah lapisan *surface course* pada perkerasan lentur (*flexible*).

Salah satu penentu untuk kekuatan landasan pacu adalah kekuatan *subgrade*-nya. Kekuatan *subgrade* dibagi menjadi 4 kategori, yaitu:

- a. *High strength* (kekuatan tinggi)
- b. *Medium strength* (kekuatan sedang)
- c. *Low strength* (kekuatan rendah)

d. *Ultra-low strength* (kekuatan sangat rendah).

Kategori kekuatan subgrade berikut dengan koefisien modulus *Wastegaard* dan CBR masing-masing kategori diberikan dalam Tabel 2.4

Tabel 2.4 Kekuatan *Subgrade* Landasan Pacu

Strength Category Subgrade	Pavement Type	
	Rigid Pavement	Flexible Pavement
<i>High Strength</i>	$k = 150 \text{ MN}/\text{m}^3$ represent all $k \geq 120 \text{ MN}/\text{m}^3$	CBR = 15 represent CBR > 13
<i>Medium Strength</i>	$k = 80 \text{ MN}/\text{m}^3$ represent $60 \leq k \leq 120 \text{ MN}/\text{m}^3$	CBR = 10 represent $8 < \text{CBR} \leq 13$
<i>Low Strength</i>	$k = 40 \text{ MN}/\text{m}^3$ represent $25 \leq k \leq 60 \text{ MN}/\text{m}^3$	CBR = 6 represent $4 < \text{CBR} \leq 8$
<i>Ultra-low Strength</i>	$k = 20 \text{ MN}/\text{m}^3$ represent $k < 25 \text{ MN}/\text{m}^3$	CBR = 3 represent CBR ≤ 4

Sumber : Peraturan Dirjen Perhubungan Udara No. KP 29 Tahun 2014

6. *Runway Shoulder*

Runway Shoulder, bahu landasan pacu harus disediakan untuk menjamin transisi antara *runway* dengan perkerasan penuh (*full strength pavement*) ke *runway strip* yang tanpa perkerasan. *Shoulder runway* melindungi tepi perkerasan *runway* dan juga membantu mencegah erosi tanah akibat *jet blast* (ledakan jet) serta menghindari *foreign damage object* (benda asing, seperti sampah atau kerikil) masuk ke dalam mesin jet.

Tabel 2.5 *Runway Shoulder*

Code Letter	Aircraft	Shoulder Wide	Maximum Slope
A	I	3	2,5
B	II	3	2,5
C	III	6	2,5
D	IV	7,5	2,5
E	V	10,5	2,5
F	VI	12	2,5

Sumber : Peraturan Dirjen Perhubungan Udara No. KP 29 Tahun 2014)

7. Runway Strips

Runway Strips, atau jalur strip landasan pacu merupakan perpanjangan *runway* yang bebas dari objek yang dapat membahayakan penerbangan dan disiapkan bagi pesawat yang tergelincir agar tetap aman. Bentuk *runway strips* dapat dilihat pada Gambar 2.3



Gambar 2.2 Runway Strip

Untuk penentuan dimensi (panjang dan lebar) dari *runway strip* dapat dilakukan dengan menggunakan Tabel 2.6

Tabel 2.6 Penentuan Dimensi *Runway Strip*

Description	Code Letter					
	A	B	C	D	E	F
Minimum width.						
Precision approach	150	150	300	300	300	300
Non-precision approach	150	150	300	300	300	300
non-instrument runway (m)	60	80	150	150	150	150
Minimum length						
Runway instrument (m)	80	80	150	150	150	150
Runway non-instrument (m)	60	60	150	150	150	150

Sumber : Peraturan Dirjen Perhubungan Udara No. KP 29 Tahun 2014

Untuk *slope* (memanjang dan melintang) dari *runway strip* dapat menggunakan dari Tabel 2.7

Tabel 2.7 Penentuan Kemiringan *Runway Strip*

Description	Code Letter					
	A	B	C	D	E	F
Longitudinal slope (%):						

Description	Code Letter					
	A	B	C	D	E	F
<i>The leveled maximum</i>	2	2	1,75	1,75	1,75	1,75
<i>Maximum change per 30 m on the strip outside the runway threshold</i>	2	2	2	2	2	2
<i>Transverse slope (%):</i>						
<i>The leveled maximum</i>	< 3	< 3	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5
<i>Maximum change per 3 m first from the edge of the runway, the shoulder of the runway</i>	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
<i>Maximum outside the flattened part</i>	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5

Sumber : Peraturan Dirjen Perhubungan Udara No. KP 29 Tahun 2014

8. *Runway End Safety Area (RESA)*

ICAO telah menyatakan bahwa tragedi pesawat udara yang mengalami kegagalan lepas landas (*undershooting*) atau kegagalan pendaratan hingga meluncur lebih (*overrunning*) telah menyebabkan kerusakan yang signifikan. Untuk mengurangi kerusakan tersebut, perlu untuk disediakan area tambahan di luar/ di ujung *runway strip*. Area ini dikenal sebagai *Runway End Safety Area*. RESA dibutuhkan untuk disediakan di setiap ujung *runway strip* untuk seluruh *code number* 3 dan 4 serta untuk *code number* 1 dan 2 dengan *runway instrument*.

9. *Clearways*

Clearways, merupakan kawasan bebas dari *obstacle (clear)* yang letaknya berada di ujung/akhir *take off run available (TORA)*. Panjang *clearways* tidak boleh melebihi dari setengah panjang TORA, dan lebar *clearways* merupakan perpanjangan dari lebar *runway* yang besarnya minimal 75m ke masing-masing sisi dari garis tengah *runway*.

Permukaan *clearways* tidak boleh dirancang melebihi bidang landai ke atas (*upward slope*) sebesar 1,25%, batas terbawah yang diizinkan

merupakan garis horizontal. Tegak lurus terhadap bidang vertical yang terdapat di garis tengah *runway* dan melewati titik yang terdapat di garis tengah *runway* di ujung/akhir TORA.

10. *Runway Turn Pad*

Runway turn pad merupakan lebar tambahan pada bagian tertentu dari landasan pacu, yang dibangun di ujung sebuah landasan pacu yang dapat difungsikan untuk pesawat berbalik arah 180-derajat dengan roda tetap berada di daerah perkerasan. *Runway turn pad* disediakan apabila pada ujung landasan pacu tidak dilengkapi dengan *taxiway* dan kode huruf pada ARL landasan pacu adalah D,E atau F.

Lebar *runway turn pad* harus direncanakan sedemikian rupa sehingga pada saat dilalui pesawat, jarak antara roda pesawat terluar dengan tepi *runway turn pad* masih pada *clearance* (jarak aman)

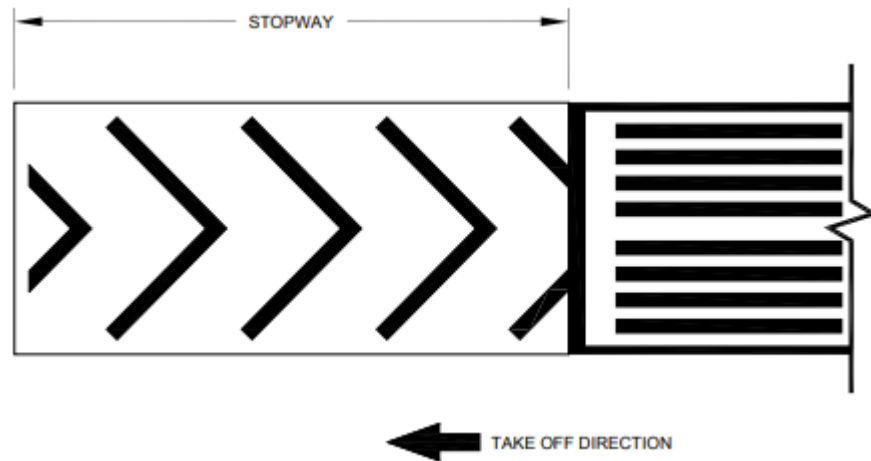
Tabel 2.8 Penentuan Panjang *Clearance*

ARL CODE	<i>Clearance of the outermost aircraft wheels at the edge of the runway turn pad (minimum)</i>	<i>Information</i>
A	1,5m	
B	2,25m	
C	3m jika <i>wheel base</i> kurang dari 18m 4,5 jika <i>wheel base</i> lebih dari 18m	<i>Wheel base</i> adalah jarak antara roda depan (<i>nose wheel</i>) dengan titik tengah antara roda utama (<i>main gear</i>)
D	4,5m	
E, F	4,5m	Dengan mempertimbangkan pengaruh cuaca dan karakteristik gesekan, jarak dapat diperbesar menjadi 6m atau lebih

Sumber : Peraturan Dirjen Perhubungan Udara No. KP 29 Tahun 2014

11. *Stopways*

Stopways merupakan kawasan yang berfungsi untuk pesawat udara yang membatalkan lepas landasnya (*aborted take off*). Bagian ini sangat jarang digunakan, namun tetap harus disediakan. Oleh karena itu ada toleransi bahwa konstruksi bagian ini tidak harus sekuat konstruksi landasan pacu.



Gambar 2.3 *Stopways*

Lebar *stopways* harus sama dengan lebar *runway* yang ada, dan kelandaian serta transisi dari *runway* ke *stopways* harus memenuhi spesifikasi *runway* yang ada, kecuali sebagai berikut.

1. Batasan 0,8% kelandaian untuk seperempat panjang *runway* ($0,25L$) di awal dan akhir tidak perlu diaplikasikan di *stopways*.
2. Pada pertemuan antara *stopway* dan *runway* serta sepanjang *stopway*, radius lengkung minimum adalah 10.000m untuk *code number* 3 dan 4.

2.3.2 Jenis-Jenis *Runway*

Jenis-jenis *runway* dikelompokkan berdasarkan cara pengoperasiannya sebagai berikut, antara lain:

1. *Non-instrument Runway*

Non-instrument runway, merupakan landasan pacu yang hanya dipakai dalam keadaan cuaca bagus dan siang hari (terkait dengan faktor jarak pandang). Pilot harus dapat melihat sendiri situasi dan kondisi landasan pacu dengan baik. Dalam proses pendaratan pesawat udaranya, pilot hanya menggunakan prosedur yang disebut *visual approach procedur*.

2. *Instrument Runway*

Intrument runway, yaitu landasan pacu yang digunakan pesawat di mana pada proses pendekatan menuju landasan pacu dan proses pendaratannya pada landasan pacu pilot dibantu dengan berbagai alat bantu dan menggunakan prosedur yang disebut dengan *instrument approach procedure* yang dibagi menjadi 4 kategori yaitu:

- a. *Non precision approach runway*, merupakan *instrument runway* yang dilengkapi dengan alat bantu visual (*visual aid*) dan alat bantu elektronik (*non-visual aid*) sehingga pilot dapat melakukan pendekatan dengan cara *straight-in approach* (pendekatan dengan terbang lurus dan langsung menuju landasan pacu)
- b. *Precision approach runway I*, yaitu *instrument runway* yang dilengkapi dengan alat bantu visual dan ILS (*instrument landing system*) dan MLS (*microwave landing system*) untuk membimbing pesawat menuju landasan pacu sampai dengan ketinggian *decision height* 60m dan pada keadaan *visibility* tidak kurang dari 850m serta *runway visual range* (jarak pandang di permukaan landasan pacu) tidak kurang dari 550m
- c. *Precision approach runway II*, merupakan *instrument runway* yang dilengkapi dengan alat bantu visual dan ILS atau MLS untuk

membimbing pesawat menuju landasan pacu sampai dengan *decision height* 30m dan pada keadaan *runway visual range* tidak kurang dari 350m

- d. *Precision approach runway III*, merupakan *instrument runway* yang dilengkapi dengan alat bantu visual dan ILS atau MLS untuk membimbing pesawat menuju landasan pacu sampai dengan pesawat berada di permukaan landasan pacu.

2.4 Taxiway

Taxiway (landasan penghubung) adalah lajur lintasan pergerakan darat pesawat udara pada suatu *land aerodrome* untuk berpindah dari suatu bagian ke bagian lain *aerodrome* tersebut. Pada umumnya fungsi *taxiway* adalah sebagai penghubung antara landasan pacu dengan apron (tempat parkir pesawat udara).

2.4.1 Geometrik *Taxiway*

Taxiway harus dirancang dan harus disediakan untuk memungkinkan gerakan pesawat aman dan cepat, terdapat beberapa faktor penting dalam perencanaan *taxiway*, yaitu:

1. Jarak Pergerakan Darat

Pergerakan darat (*taxiing*) suatu pesawat udara hendaknya dibatasi jarak tempuhnya, karena dapat memperpendek waktu pergerakan (menghemat bahan bakar/biaya) dan meningkatkan utilisasi dan keamanan pesawat udara sebab dari investigasi yang pernah dilakukan, diperoleh data bahwa pesawat udara yang bermuatan penuh dan melakukan *taxiing* sejauh 3-7 km (tergantung jenis pesawat udara, jenis dan ukuran ban serta suhu lingkungan), suhu ban selama lepas landas dapat melebihi suhu kritis

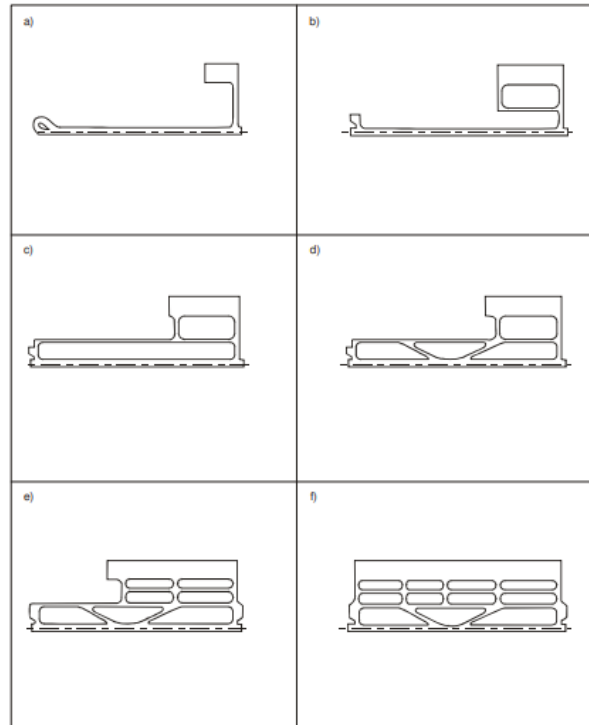
ini, sehingga resiko kerusakan roda pesawat menjadi meningkat. Jika terjadi kerusakan tersebut merupakan hal yang sangat serius karena dapat menggagalkan lepas landas dan tidak efektif

2. Sistem *Taxiway* yang Terikat dengan *Runway*

Terdapat beberapa sistem *taxiway* yang lebih efektif dan efisien tergantung dengan bentuk landasan pacu (*runway*) yang digunakan, diantara lain:

- a. Sistem *taxiway* untuk tingkat penggunaan landasan pacu yang rendah, sistem *taxiway* ini hanya terdiri dari atas *turn around pad* atau *taxiway turn around* pada kedua ujung landasan pacu dan *taxiway* penghubung antara *apron* dan *runway*
- b. Sistem *taxiway* untuk tingkat penggunaan landasan pacu sedang, sistem *taxiway* ini memberikan dukungan bagi pengoperasian landasan pacu dengan pemakaian pada tingkat sedang dapat ditambah dengan membangun parallel *taxiway* secukupnya, yaitu *taxiway* yang sejajar dengan landasan pacu dan dengan panjang secukupnya saja. Parallel *taxiway* ini dapat pula disambung ke *turn around* yang ada.
- c. Sistem *taxiway* untuk tingkat penggunaan landasan pacu padat, bagi pengoperasian landasan pacu dengan pemakaian pada tingkat padat, sistem *taxiway* dapat ditambah lagi dengan membangun parallel *taxiway* secara utuh di sepanjang landasan pacu

- d. Sistem *taxiway* untuk tingkat penggunaan landasan pacu jenuh, bagi pengoperasian landasan pacu yang jenuh, sistem *taxiway* dapat ditambah dengan membangun *exit taxiway*.



Gambar 2.4 Sistem *Taxiway*

3. Letak *Taxiway*

Runway dan *taxiway* merupakan bagian *aerodrome* yang paling tidak fleksibel dan keduanya menjadi perhatian pertama pada saat merancang dan membangun *aerodrome*. Dalam merencanakan tata letak sistem *taxiway*, secara umum prinsip berikut harus menjadi pertimbangan:

- a. *Entrance taxiway* dan *exit taxiway*, fungsi dari *exit* dan *entrance taxiway* adalah untuk meminimalkan waktu keberadaan pesawat udara di dalam *runway* (*runway occupation time*), dengan *exit taxiway* pesawat yang mendarat dapat segera keluar dari landasan

pacu sehingga pesawat ini tidak harus berlama-lama berada pada landasan pacu dan pesawat udara lainnya dapat segera menggunakan landasan pacu tersebut. Perpotongan antara *exit taxiway* dengan landasan pacu dapat berupa sudut lancip maupun tegak lurus dan *entrance taxiway* cukup ditempatkan di salah satu atau kedua ujung landasan pacu dan sudah cukup untuk memenuhi kebutuhan.

- b. Jalur *taxiway* yang menghubungkan berbagai elemen *aerodrome* harus dibuat pada jarak yang sependek mungkin sehingga *taxiing* dapat lebih dipersingkat dan dapat menghemat biaya. Dan sebisa mungkin *taxiway* dibuat untuk tidak memotong suatu *runway* atau *taxiway* lainnya, dengan tujuan menghindari terjadinya penundaan pergerakan darat dan untuk mencegah potensi kemungkinan terjadinya tabrakan antar pesawat udara.
- c. Rute harus dibuat sesederhana mungkin untuk menghindari kebingungan pilot dan menghindari komplikasi instruksi-instruksi dari ATC.
- d. Arah *taxiway* sebisa mungkin dibuat lurus. Jika arah *taxiway* harus berbelok, maka pada setiap belokan jari kelengkungan belokan harus cukup besar. Disamping itu, apabila terdapat belokan dalam jalur *taxiway* harus diberi fillet tambahan (*extra taxiway width*) sehingga memungkinkan pergerakan darat dilakukan semaksimal mungkin. Dan pada *taxiway* sebisa mungkin diperbanyak jalur satu arah pergerakan saja (*one way segmen*),

dengan tujuan menghindari penundaan pergerakan dan tabrakan antar pesawat.

- e. Tata letak sistem *taxiway* harus mampu dikembangkan sesuai dengan kebutuhan di masa mendatang sehingga sistem *taxiway* yang sekarang dibangun tetap dapat dimanfaatkan atau dikembangkan, walaupun kondisi *aerodrome* banyak berubah.
- f. *Bottle-neck* atau simpul kemacetan lalu lintas pada *taxiway* harus diidentifikasi sejak awal dan dihilangkan sejak masih dalam tahap perencanaan.

4. Lebar *Taxiway*

Bagian penuh dari *taxiway* harus memiliki lebar tidak kurang dari ketentuan ICAO yang menjadi acuan dalam perhitungan *runway*.

Perhitungan lebar *runway* dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2.9 Ketentuan Lebar *Taxiway* Menurut ICAO

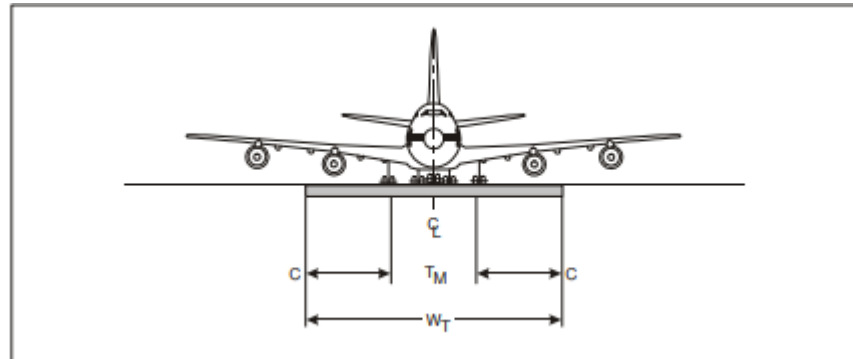
Item	ICAO Aerodrome Refrence Code Letter					
	A	B	C	D	E	F
x	7,5m	10,5m	18m (a) 15m (b)	23m (c) 18m (d)	23m	25m

Sumber : Peraturan Dirjen Perhubungan Udara No. KP 29 Tahun 2014

Keterangan:

- a. *Taxiway* yang ditujukan untuk digunakan oleh pesawat dengan *wheel base* $\geq 18\text{m}$.
- b. *Taxiway* yang ditujukan untuk digunakan oleh pesawat dengan *wheel base* $< 18\text{m}$.
- c. *Taxiway* yang ditujukan untuk digunakan oleh pesawat dengan *outer main gear wheel span* $\geq 9\text{m}$

- d. *Taxiway* yang ditujukan untuk digunakan oleh pesawat dengan *outer main gear wheel span* $< 9\text{m}$.



Gambar 2.5 Lebar *Taxiway*

Desain *taxiway* harus sedemikian rupa sehingga kokpit pesawat ketika berada di *taxiway*, tetap berada di marka garis tengah *taxiway*. *Clearance distance* (jarak bersih) antara bagian terluar dari roda utama dan tepi *taxiway* harus tidak kurang dari angka yang diberikan berikut ini.

Tabel 2.10 *Clearance Distance*

Item	ICAO Aerodrome Reference Code Letter					
	A	B	C*)	D	E	F
Dmin	1,5m	2,25m	3m/4,5m	4,5	4,5m	4,5m

Keterangan : *) 3m, apabila *taxiway* ditujukan untuk digunakan oleh pesawat dengan *wheel base* $< 18\text{m}$. Dan 4,5m, apabila *taxiway* ditujukan untuk digunakan oleh pesawat dengan *wheel base* $\geq 18\text{m}$.

Lebar *taxiway* juga dapat dihitung dengan rumus

$$WT = TM + 2C$$

Keterangan;

WT = lebar *taxiway*

TM = jarak antara roda utama (bagian terluar) maksimum (dipilih dari berbagai pesawat udara yang dirancang akan menggunakan *taxiway*)

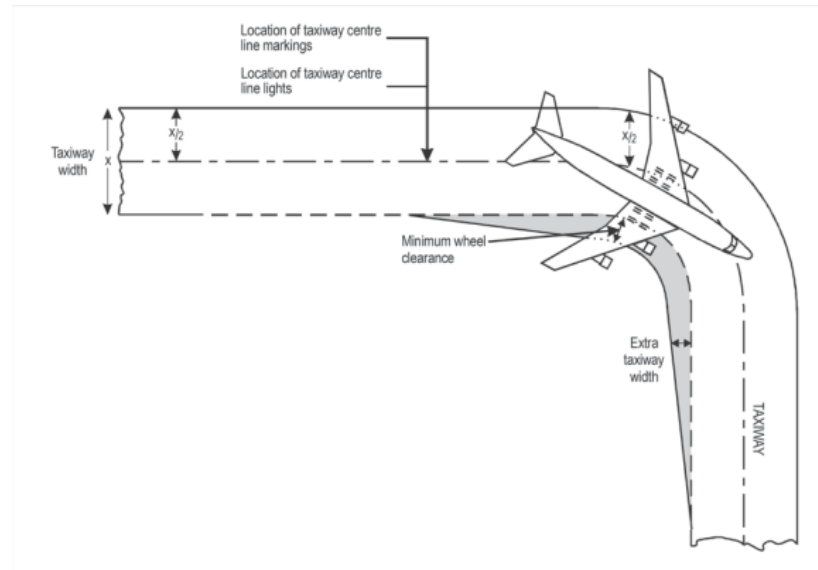
C = *clearance* (jarak aman) antara roda terluar dengan tepi *taxiway*.

Bila arah suatu *taxiway* harus berbelok, persyaratan *clearance* (jarak aman) roda pesawat terhadap tepi *taxiway* tetap berlaku. Pada titik belokan, apabila lebar *taxiway* tidak ditambah, *clearance* yang dipersyaratkan kemungkinan tidak dapat terpenuhi. Apabila dipersyaratkan bahwa kokpit pesawat udara harus tetap berada di garis tengah *taxiway* dan persyaratan *clearance* roda pesawat udara juga harus terpenuhi, maka lebar *taxiway* harus ditambah dengan suatu fillet yang juga disebut sebagai *extra taxiway width*.

Tabel 2.11 Radius Untuk Kurva *Taxiway*

<i>Airplane Taxi Speed (km/hour)</i>	<i>Radius of Curvature Taxiway (meters)</i>
20	24
30	54
40	96
50	150
60	216
70	294
80	384
90	486
100	600

Sumber : Peraturan Dirjen Perhubungan Udara No. KP 29 Tahun 2014



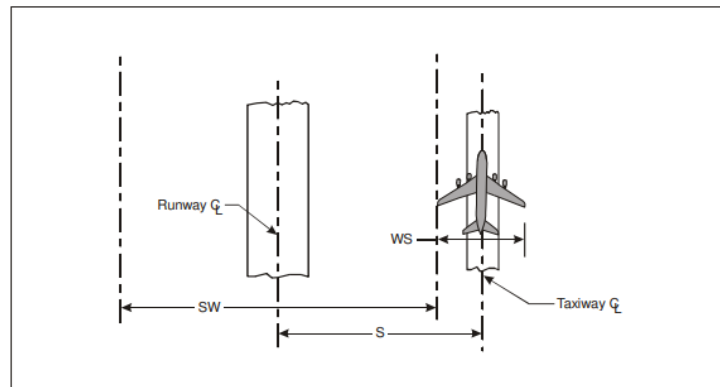
Gambar 2.6 Kurva *Taxiway*

Untuk mengoptimalkan pergerakan pesawat udara, pada setiap tempat perpotongan antara suatu *taxiway* dengan *runway*, antara *taxiway* dengan *apron*, atau antara kedua *taxiway*, lebar *taxiway* harus diberi *fillet* tambahan.

5. *Taxiway Minimum Separation Distances* (Jarak Pemisah *Taxiway* Minimum)

Jarak pemisah *taxiway* minimum terdapat 3 jenis, antara lain:

- Antara garis tengah *taxiway* dengan garis tengah *runway*
- Garis tengah antar-*taxiway* sejajar
- Garis tengah *taxiway* dengan objek lain



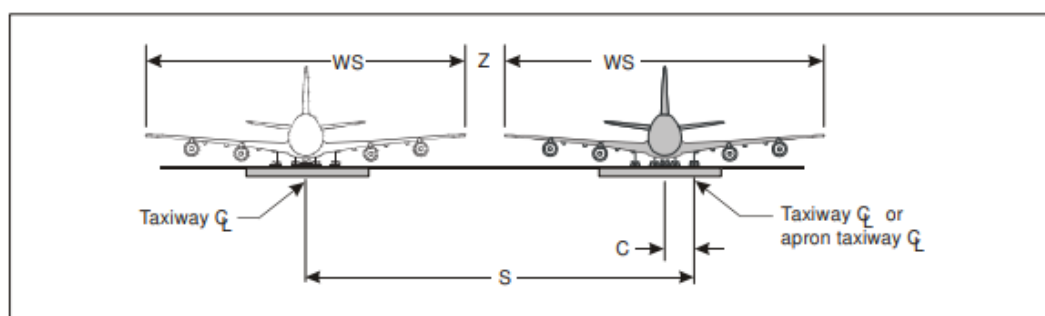
Gambar 2.7 Jarak Pemisah *Runway* dan *Taxiway* Sejajar

Menurut ICAO persamaan dari jarak pemisah antara runway dan taxiway sejajar dapat di rumuskan seperti ini.

$$S_{RT} = \frac{1}{2}(SW + WS)$$

dengan : SW = Lebar *runway strip*

WS = *Wing span* dari pesawat yang digunakan



Gambar 2.8 Jarak Pemisah Antara Dua *Taxiway* Sejajar

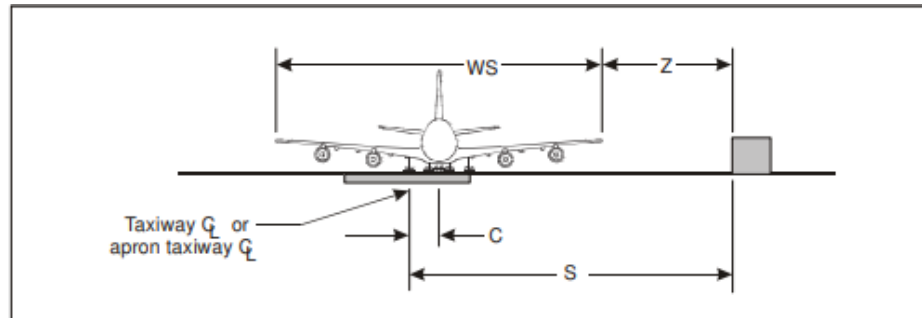
Seperation distance (jarak pemisah) antara garis tengah dua taxiway sejajar menurut ICAO dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$S_{TT} = WS + C_{min} + z$$

dengan: WS = *wing span* dari pesawat yang digunakan

C_{min} = *clearance* antara roda utama pesawat terluar dengan tepi *taxiway*

Z = jarak bersih minimum antar ujung sayap (*wingtip clearance*)



Gambar 2.9 Jarak Antara Garis Tengah *Taxiway* Objek Diluar *Taxiway*

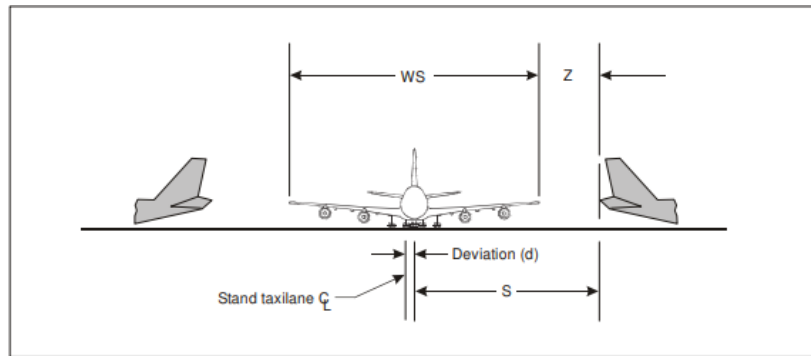
Seperation distance (jarak pemisah) antara garis tengah taxiway atau garis tengah apron dengan objek tetap atau bergerak dapoat dirumuskan sebagai berikut.

$$S_{TO} = 0,5WS + C + z$$

dengan: WS = *wing span* dari pesawat yang digunakan

C = jarak aman antara roda terluar dengan tepi *taxiway*

z = jarak aman antara tepi terluar sayap pesawat udara dengan suatu objek



Gambar 2.10 Jarak Antara Garis Tengah AST Dengan Suatu Objek

Seperation distance (jarak pemisah) antara garis tengah *aircraft stand taxilane* dengan suatu objek dapat dihitung dengan memperhatikan gambar, dengan rumus:

$$S_{ATO} = \frac{1}{2}W_S + d + z$$

Dimana: W_S = *wing span* dari pesawat yang digunakan

d = deviasi lateral, yaitu perbedaan yang terjadi bila kecepatan pesawat pada saat

berada di *taxilane* berbeda

z = *wing tip clearance*

Tabel 2.12 *Wingtip Clearance, Wing Span, dan Deviasi Lateral*

Item	ICAO Aerodrome Refrence Code Letter					
	A	B	C	D	E	F
Wingtip clearance (z)	7,25m	7,25m	5m	10m	10,5m	13m
Wing span (Ws)	15m	24m	36m	52m	65m	60m
Deviasi lateral (d)	1,5m	1,5m	2m	2,5m	2,5m	3m

Sumber : Peraturan Dirjen Perhubungan Udara No. KP 29 Tahun 2014

6. Slope Taxiway

Longitudinal slopes (Kelandaian Memanjang) maksimum yang diizinkan untuk *taxiway* ditunjukkan pada Tabel 2.13.

Tabel 2.13 *Slope Taxiway* Menurut ARCL

<i>Item</i>	ICAO Aerodrome Reference Code Letter					
	A	B	C	D	E	F
<i>Max Longitudinal slope of taxiway</i>	3%	3%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%

(Sumber : Peraturan Dirjen Perhubungan Udara No. KP 29 Tahun 2014)

Apabila perubahan kelandaian (*slope changes*) di *taxiway* tidak dapat dihindari, transisi dari satu kelandaian ke kelandaian lain harus dicapai dengan kurva yang perubahannya tidak boleh melebihi berikut ini.

Tabel 2.14 Perpanjangan *Slope Taxiway*

<i>Item</i>	ICAO Aerodrome Reference Code Letter					
	A	B	C	D	E	F
<i>Change in slope (Δg)</i>	1% Per 25m	1% Per 25m	1% Per 30m	1% Per 30m	1% Per 30m	1% Per 30m
<i>Radius of curvature</i>	2.500m	2.500m	3.000m	3.000m	3.000m	3.000m

Sumber : Peraturan Dirjen Perhubungan Udara No. KP 29 Tahun 2014

Jika perubahan kelandaian tidak dapat dihindari maka *sight distance* (jarak pandang) dengan ketinggian setidaknya X dari permukaan *taxiway*, jarus dapat melihat seluruh permukaan *taxiway* dengan jarak Y di depan titik tersebut.

Tabel 2.15 *Sight Distance*

<i>Item</i>	ICAO Aerodrome Reference Code Letter					
	A	B	C	D	E	F
X (m)	> 1,5m	> 2m	> 3m	> 3m	> 3m	> 3m
Y (m)	150m	200m	300m	300m	300m	300m

Sumber : Peraturan Dirjen Perhubungan Udara No. KP 29 Tahun 2014

Transverse slopes (kelandaian melintang) *taxiway* harus cukup untuk mencegah akumulasi genangan air di permukaan *runway*. *Transverse slopes maximum taxiway* (e max) tidak boleh melebihi dari berikut ini.

Tabel 2.16 *Transverse Slopes*

<i>Item</i>	ICAO Aerodrome Reference Code Letter					
	A	B	C	D	E	F
e_{max}	2%	2%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%

Sumber : Peraturan Dirjen Perhubungan Udara No. KP 29 Tahun 2014

7. *Taxiway Shoulder*

Taxiway Shoulder merupakan penyangga *taxiway* yang bertujuan sebagai bidang peralihan dari *taxiway* (dengan kekuatan perkerasan maksimal) ke *taxiway strip*, yang berupa bidang tanah yang tidak dilapisi perkerasan. Fungsi utama dari *taxiway shoulder* adalah:

- Mencegah agar mesin pesawat yang berada di atas tepi *taxiway* tidak menghisap batu atau benda lain yang berpotensi merusak mesin pesawat udara.
- Mencegah terjadinya erosi tanah di sekitar *runway*.
- Sebagai bidang yang dalam keadaan tertentu akan diperlukan dan dilewati roda pesawat udara.

Taxiway shoulder disiapkan sebagai *obstacle-free area* (kawasan bebas hambatan) untuk meminimalkan kemungkinan terjadinya kerusakan pada pesawat yang jika dalam keadaan darurat atau terjadi kecelakaan pesawat terpaksa menggunakannya.

Tabel 2.17 *Lebar Taxiway Shoulder*

ICAO Aerodrome Reference Code Letter	Total width (including taxiway width)	Information
A & B	<i>No shoulder</i>	
C	$\geq 25\text{m}$	
D	$\geq 38\text{m}$	
E	$\geq 44\text{m}$	Lebar <i>shoulder</i> pada setiap sisi cukup 10,5m dengan lebar ini, posisi mesin

ICAO Aerodrome Reference Code Letter	Total width (including taxiway width)	Information
		masih berada di atas <i>shoulder</i>
F	$\geq 60\text{m}$	Lebar <i>shoulder</i> pada setiap sisi cukup 17,5m

(Sumber : Peraturan Dirjen Perhubungan Udara No. KP 29 Tahun 2014)

8. Taxiway Strip

Taxiway strip, merupakan kawasan atau bidang di sekeliling *taxiway* (termasuk *taxiway* sendiri), berfungsi mengurangi resiko kerusakan pesawat udara, jika terjadi kecelakaan pesawat terpaksa melenceng keluar dari *taxiway* dan masuk ke kawasan ini.

Taxiway strip harus memiliki lebar dan kawasan *grading* yang ditentukan sesuai dengan pesawat udara yang sedang beroperasi paling banyak pada *taxiway* tersebut. *Grading of taxiway strip* (gradasi *taxiway strip*) merupakan kawasan dimana terdapat area datar yang dimana terdapat tanah yang dipadatkan sedemikian rupa sehingga mampu menahan roda pesawat tanpa menimbulkan kerusakan kepada roda pesawat dan terletak pada bagian tengah dari *taxiway strip* dengan masing-masing persyaratan pada tabel berikut.

Tabel 2.18 Panjang *Taxiway Strip*

Item	ICAO Aerodrome Refrence Code Letter					
	A	B	C	D	E	F
<i>SWmin</i>	32,5m	43m	52m	81m	95m	115m
<i>Graded portion of taxiway strip</i>	22m	25m	25m	38m	44m	60m

Sumber : Peraturan Dirjen Perhubungan Udara No. KP 29 Tahun 2014

Pada *taxiway strip* terdapat persyaratan objek, dimana objek yang dimaksud adalah seluruh benda bangunan atau instalasi peralatan navigasi penerbangan. Instalasi atau peralatan pada *area strip*, harus memiliki berat ringan mungkin dan permukaan tertingginya serendah mungkin serta dibuat dan dipasang untuk mudah patah (*fragibly*) dan ditempatkan sejauh mungkin dari *taxiway* serta sebisa mungkin peralatan navigasi *visual aid* yang berada paling dekat dengan *taxiway* dipilih jenis *flush mounted* (dipasang terbenam rata dengan permukaan tanah) dengan ketinggian maksimal 30 cm diatas permukaan tanah.

9. Marka Pada *Taxiway*

Marka pada *taxiway* berbentuk *inscription* (tulisan, gambar atau tanda) yang diterakan pada permukaan suatu perkerasan, dimaksudkan untuk membimbing pergerakan pesawat yang melaluinya. Terdapat 5 jenis marka yang diterakan pada permukaan *taxiway*, yaitu:

- a. *Taxiway edge*
- b. *Runway holding position marking*
- c. *Taxiway centerline marking*
- d. *Enhanced taxiway centerline marking*
- e. *Taxiway shoulder marking*

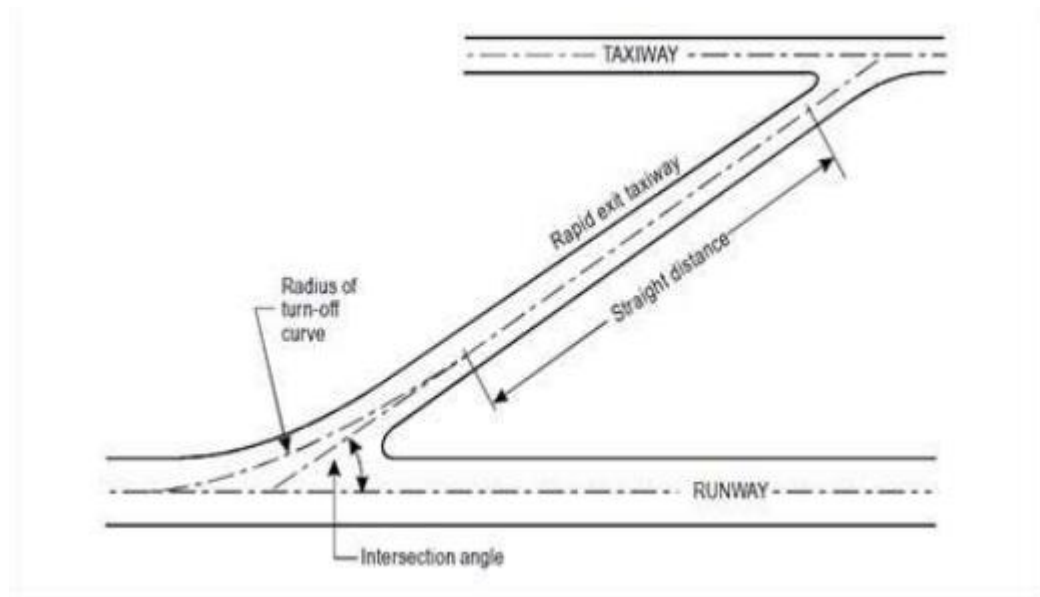
2.4.2 Jenis-Jenis *Taxiway*

Sesuai lokasinya terhadap *aerodrome*, *taxiway* ada yang berada di luar apron dan ada pula yang berada di dalam apron. Jenis-jenis *taxiway* ini adalah:

1. *Entrance/exit taxiway*.

Taxiway ini berfungsi sebagai lintasan pesawat udara untuk masuk dan keluar dari landasan pacu.

2. *Rapid exit taxiway*



Gambar 2.11 *Rapid Taxiway*

Taxiway ini terhubung dengan suatu landasan pacu dan perpotongannya dengan landasan pacu bersudut lancip sehingga memungkinkan pesawat udara yang mendarat segera keluar dari landasan pacu pada kecepatan yang relatif masih tinggi.

3. *Parallel taxiway*.

Posisi *taxiway* ini sejajar dengan landasan pacu dan berfungsi sebagai lajur lintasan pesawat udara menuju ujung landasan pacu sehingga penggunaan landasan pacu pada saat yang bersamaan tidak bergantung pada pesawat udara yang sedang menuju landasan pacu tersebut.

4. *By-pass taxiway*

Taxiway ini merupakan *taxiway* tambahan bagi *entrance taxiway*, yang posisinya tegak lurus dengan landasan pacu dan tidak berada di ujung landasan pacu

tersebut dan landasan ini berfungsi untuk jalan pintas pesawat udara untuk masuk ke landasan pacu.

5. *Apron taxiway*

Taxiway jenis ini berada dalam suatu apron yang digunakan untuk tempat melintas pesawat udara pada apron tersebut.

6. *Aircraft stand taxiline*

Taxiway ini merupakan bagian dari suatu apron yang diperuntukkan sebagai lajur lintasan pesawat udara yang semata-mata sebagai cabang atau penghubung *apron taxiway* dengan tempat parkir pesawat udara.

2.5 *Apron*

Apron adalah bagian dari *land aerodrome* yang digunakan oleh pesawat udara untuk tempat parkir dan melakukan kegiatan bongkar muatan seperti penumpang dan barang yang diangkutnya, pengisian bahan bakar atau pemeliharannya. Suatu *apron* pada umumnya berupa lahan yang diberi lapisan perkerasanm namun ada pula yang berupa tanah atau lapangan berumput.

2.5.1 *Geometrik Apron*

Banyak faktor yang harus dipertimbangkan ketika merancang *apron*. Faktor-faktor tersebut, antara lain:

1. *Safetiness*

Aspek keselamatan dengan mempertimbangkan prosedur keselamatan pesawat sewaktu melakukan pergerakan. Dalam konteks ini, pesawat udara harus selalu berada pada jarak aman dengan objek lainnya (*clearence*), dan tidak melanggar prosedur pergerakannya pada saat memasuki atau keluar dari apron, serta ketika pesawat sedang melakukan pengisian bahan bakar.

Apron harus terpisah dari Gedung terminal atau objek lainnya pada jarak yang aman sehingga dapat mencegah penyebaran kebakaran bahan bakar di *apron* bila terjadi sesuatu. *Hydrant* atau *outlet* air harus tersedia dan ditempatkan pada setiap posisi parkir, untukantisipasi pemadaman bila terjadi kebakaran di *apron*.

Pesawat juga harus diamankan dengan melakukan sistem parkir pada lokasi dan jarak tertentu serta tidak dapat didekati atau dimasuki oleh orang yang tidak berhak atau tidak berkepentingan. Hal ini dilakukan dengan cara memisahkan secara fisik area public dengan *apron*.

2. *Efficiency*

Apron harus dirancang untuk memberikan kontribusi atas pergerakan pesawat dan pelayanan jasa lainnya yang efisien pada *apron* bersangkutan. Efisiensi tersebut diwujudkan dalam bentuk kemudahan bergerak, jarak aman, dan ketiadaan penundaan jadwal pergerakan pesawat udara.

Kebutuhan fasilitas atau instalasi pelayanan kepada pesawat pada setiap posisi parkir, yang telah dirancang dan dibangun sejak awal. Fasilitas ini diantaranya berupa saluran bahan bakar dan *hydrant*, sarana untuk *start engine* berupa peralatan penghasil udara bertekanan tinggi, sarana pengisian air bersih, sarana saluran pembuangan kotoran dan air limbah dari pesawat dan lainnya

3. Ketersediaan Lahan

Ketersediaan lahan merupakan salah satu aspek utama untuk melakukan perencanaan *apron*. Lahan yang telah tersedia mungkin merupakan kendala dalam pengembangan *apron*, baik dari konsep tata letak ruang dan konsep luasan yang akan dibangun, terutama bagi bandara yang sudah lama beroperasi

4. *Fleksibility*

Aspek fleksibilitas dalam perancangan suatu *apron* terdiri atas, pemilihan jenis pesawat udara sebagai dasar perancangan dan kemampuan pengembangan di masa mendatang. Dalam merancang suatu *apron* harus dilakukan keseimbangan di dalam pemilihan pesawat, ada yang merancang hanya satu pesawat jenis dan ada yang berbagai macam jenis pesawat rencana. *Apron* harus dirancang selain menjadi tempat parkir pesawat juga dapat memberi peluang untuk kepentingan pengembangannya pada masa yang akan datang. Oleh sebab itu sebaiknya pembangunan *apron* menggunakan konsep modular atau *apron* tumbuh.

5. Ukuran *Apron*

Ukuran *apron* yang dibutuhkan untuk suatu bandara bergantung pada faktor-faktor berikut.

a. Jumlah *aircraft stands* (tempat parkir penumpang)

Aircraft stands sangat bergantung pada pergerakan pesawat dan waktu yang dibutuhkan masing-masing pesawat parkir di *aircraft stand*. Menurut ICAO (1987) jumlah parkir pesawat yang dibutuhkan di terminal penumpang dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$\sum \left[\frac{T_i}{60} \times N_i \right] + a$$

Dimana:

S = kebutuhan parkir pesawat

T_i = *gate occupancy time* dalam menit untuk tipe pesawat i

N_i = jumlah kedatangan pesawat tipe i pada jam puncak

A = jumlah pesawat tambahan (ekstra)

Besar a :

$a = 1$ apabila $N = 1-9$

$a = 2$ apabila $N = 10-18$

$a = 3$ apabila $N = 19-27$

b. *Gate Occupancy Time* (waktu dipakainya gerbang)

Jumlah *gates* (pintu gerbang) ditentukan dengan jumlah pergerakan pesawat per jam yang dapat dilayani. Jumlah *gates* yang dibutuhkan, bergantung pada jumlah pesawat yang dapat dilayani pada jam rencana dan waktu yang dibutuhkan pesawat untuk beraktivitas di *gates*. Waktu yang dibutuhkan pesawat untuk beraktivitas di *gates* disebut *gate occupancy time* dan bergantung pada ukuran pesawat dan tipe operasionalnya.

c. Dimensi *Apron*

Aircraft stand (tempat parkir pesawat) dirancang dengan mengikuti peraturan yang direkomendasikan oleh ICAO (*International Civil Aviation Organization*) dan FAA (*Federal Aviation Administration*). Ukuran *parking stand* harus dapat melayani arus lalu lintas maksimum yang diperlukan. Untuk itu diperlukan dimensi *apron* dalam merencanakan pengembangan *apron*.

Tabel 2.19 Dimensi *Apron*

ICAO Aerodrome Reference Code Letter	Minimum Clearance		
	Between Aircraft Stand and Fixed or Movabel Objects (C)	Aircraft Stand Taxiline Centre Line to Object (B)	Apron Taxiway Centre Line to Object (A)
A	3,0m	12,0m	16,25m
B	3,0m	16,5m	21,5m
C	4,5m	24,5m	26,0m

ICAO Aerodrome Reference Code Letter	Minimum Clearance		
	Between Aircraft Stand and Fixed or Movable Objects (C)	Aircraft Stand Taxilane Centre Line to Object (B)	Apron Taxiway Centre Line to Object (A)
D	7,5m	36,0m	40,5m
E	7,5m	42,5m	47,5m
F	7,5m	50,5m	57,5m

Sumber : Peraturan Dirjen Perhubungan Udara No. KP 29 Tahun 2014

Minimum clearance between aircraft stand and fixed or movable objects

(C) adalah jarak bersih minimum yang disyaratkan antara dua pesawat yang berada di *parking stand*.

Minimum clearance aircraft stand taxilane centre line to object (B) adalah jarak bersih antara garis tengah *aircraft stand taxilane* terhadap objek.

Minimum clearance apron taxiway centre line to object (A) adalah jarak bersih antara garis tengah *apron taxiway* terhadap objek.

6. *Size of Gate Position*

Gate position merupakan ruang atau posisi di *apron* untuk pesawat parkir saat penumpang naik dan turun serta bongkar muat. Ukuran dari *gate position* bergantung pada hal-hal berikut.

a. Dimensi dan *Turning Radius Minimum* Pesawat Udara

Dimensi pesawat udara ditentukan oleh panjang (L) dan lebar bentang sayap atau wing-span (S) pesawat udara. Selain menggunakan dimensi pesawat udara, perancangan suatu *apron* juga harus menggunakan karakteristik gerak dari pesawat udara (berputar atau berbelok) yang ditentukan oleh *turning radius (R)*.

b. *In and out aircraft*

Cara pesawat untuk memasuki dan meninggalkan *gate position* dengan tenaganya sendiri atau dengan traktor pembantu.

c. *Aircraft parking configuration*

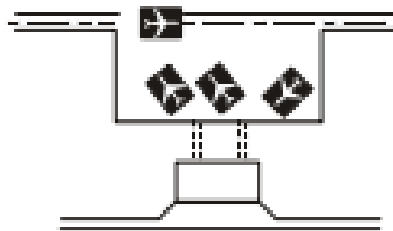
Terdapat 4 macam konfigurasi parkir pesawat, antara lain:

- 1) *Nose-in* (hidung pesawat masuk)
- 2) *Angle nose-in* (hidung pesawat masuk dengan sudut tertentu)
- 3) *Angle nose-out* (hidung pesawat keluar dengan sudut tertentu)
- 4) *Parallel* (sejajar)

7. *Aircraft Parking System*

Desain terminal penumpang dan *apron* secara langsung berhubungan dengan konsep terminal penumpang. Beberapa konsep sering digunakan, antara lain :

a. *Simple concept* (konsep sederhana)



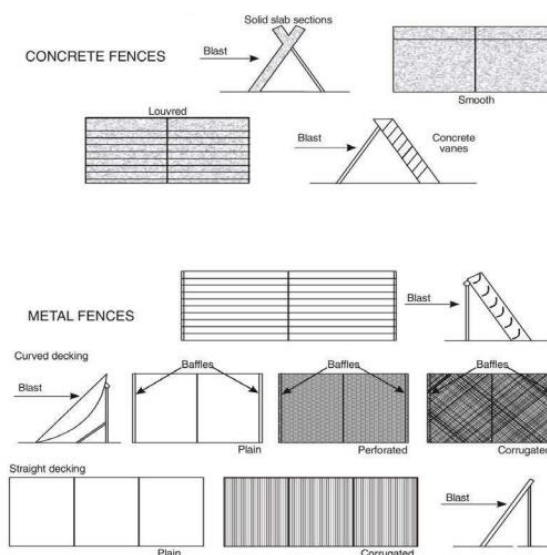
Gambar 2.12 Sistem Parkir Konsep Sederhana

Konsep ini diaplikasikan untuk bandar udara dengan volume lalu lintas pesawat yang rendah. Pesawat biasanya diparkirkan dengan sudut tertentu, baik dengan konfigurasi *nose-in* atau *nose-out*. Hal yang perlu diperhatikan dari konsep ini yaitu perlu disediakan jarak bersih (*clearance*) yang cukup antara tepi *apron* dengan sisi depan terminal (yang

berbatasan langsung dengan sisi udara) untuk mengurangi efek dari *jet engine blast* (semburan mesin jet) bila jarak bersih ini tidak dapat disediakan maka *jet engine blast fence* (pagar semburan mesin jet) harus disediakan.

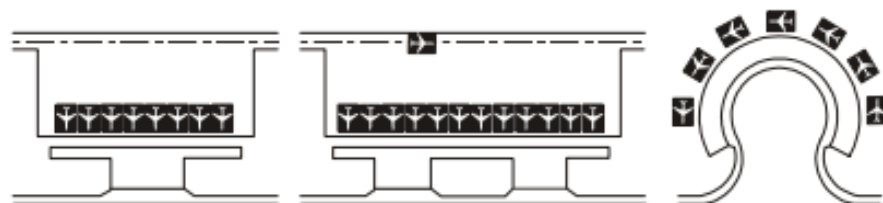


Gambar 2.13 *Jet Engine Blast*



Gambar 2.14 Jenis-Jenis Pagar *Jet Engine Blast*

b. *Linear Concept* (Konsep Linear)



Gambar 2.15 Sistem Parkir Linear dan Variasinya

Konsep linear merupakan lanjutan dari konsep sederhana, pesawat dapat diparkir dengan konfigurasi menyudut atau parallel. Konfigurasi parkir *nose-in/push out* dengan jarak bersih minimum (*clearance minimum*) antara tepi *apron* dan bangunan terminal adalah yang paling sering digunakan pada konsep ini karena lebih efisien dalam utilisasi *apron* serta penanganan pesawat dan penumpang

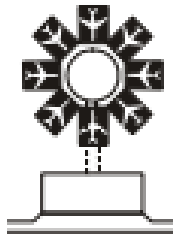
c. *Pier/ finger concept* (konsep dermaga/jari-jari)



Gambar 2.16 Sistem Parkir Konsep Dermaga/Jari-jari dan Variasinya

Konsep satelit terdiri dari bagian satelit yang dikelilingi *gate position* pesawat, yang terpisah dari Gedung terminal. Akses penumpang menuju satelit dari terminal biasanya melalui jalur bawah tanah ataupun di permukaan. Bergantung pada bentuk satelit, pesawat diparkir secara *radial* (memutar), *parallel* (sejajar), atau konfigurasi lainnya.

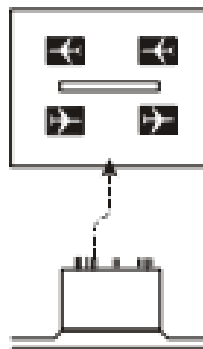
d. *Satellite concept* (konsep satelit)



Gambar 2.17 Sistem Parkir Konsep *Apron* Terbuka

Konsep ini terdiri atas bagian satelit yang dikelilingi *gate position* pesawat yang terpisah dari Gedung terminal. Akses penumpang menuju satelit dari terminal biasanya melalui jalur bawah tanah maupun di permukaan. Bergantung pada bentuk satelit, pesawat diparkir secara *radial* (memutar), *parallel* (sejajar), atau konfigurasi lainnya. Ketika pesawat diparkir secara radial, pengoperasian *push-back* pesawat sangat mudah dilakukan, tetapi membutuhkan ruang *apron* yang lebih besar.

- e. *Transporter/open apron* (konsep terbuka)

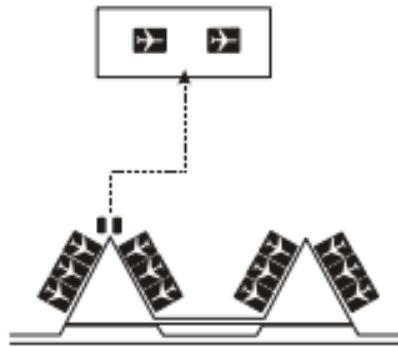


Gambar 2.18 Gambar Sistem Parkir *Apron* Terbuka

Konsep ini dikenal dengan konsep *remote apron* atau *transporter*. *Apron* dengan konsep ini diletakkan lebih dekat dengan *runway* dan terpisah dari Gedung terminal (*remote*) sehingga memiliki keuntungan dalam penanganan pesawat (*aircraft handling*), seperti jarak pergerakan

pesawat yang lebih pendek, manuver yang lebih mudah dan tanpa bantuan, serta pengembangan *apron* yang lebih luas dan fleksibel.

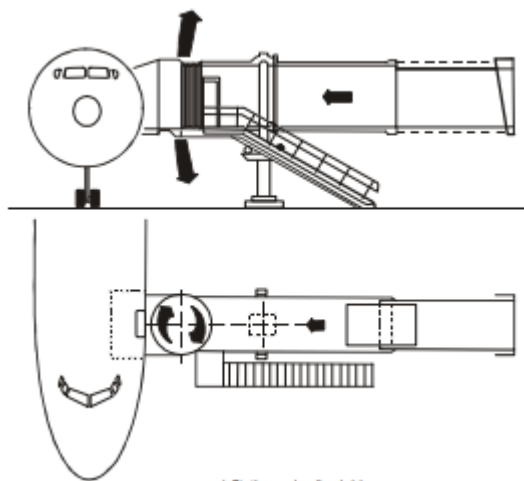
f. *Hybrid concept* (konsep gabungan)



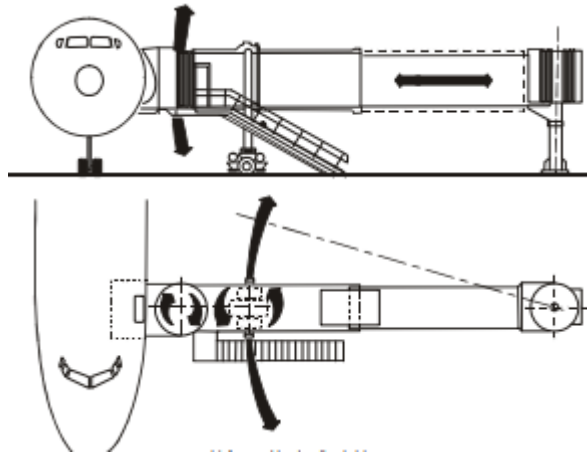
Gambar 2.19 Sistem Parkir Konsep Gabungan

Konsep gabungan merupakan kombinasi dari lebih satu konsep yang telah disebutkan sebelumnya. Konsep ini lazim digunakan, seperti menggabungkan *transporter* dengan konsep lainnya pada lalu lintas puncak.

8. Konsep Penanganan Penumpang



Gambar 2.20 Jembatan yang Menetap



Gambar 2.21 Jembatan yang dapat Digerakkan

Metode penanganan penumpang yang digunakan harus dipertimbangkan ketika merencanakan *layout* (tata letak) *apron*. Pada konsep hubungan terminal dan *apron* yang memiliki terminal di tingkat yang lebih tinggi, dimungkinkan dikembangkan jembatan penghubung (*loading bridge*) sehingga penumpang dapat naik dan turun pesawat secara langsung. Terdapat dua tipe jembatan penghubung yang sering digunakan yaitu, *stationary loading bridge* (jembatan statis) dan *apron drive loading bridge* (jembatan fleksibel).

9. Slope

Slopes (kelandaian) di *apron* harus cukup untuk mencegah akumulasi genangan air di permukaan *apron*, tetapi harus dijaga agar tetap dalam batasan persyaratan drainase yang diizinkan. Pada daerah *aircraft stand* (titik parkir), kelandaian maksimum tidak boleh melebihi 1%.

Khusus untuk kepentingan pengisian bahan bakar, diisyaratkan juga bahwa kedudukan pesawat harus datar, agar terdapat keseimbangan isi pada semua tangka bahan bakar yang ada pada pesawat. Oleh karena itu, pada daerah ini disarankan kelandaianya antara 0,5% sampai 1%.

2.5.2 Jenis-Jenis *Apron*

Pengelompokan jenis *apron* adalah berdasarkan fungsi utama atau rancangan peruntukannya. Sekalipun demikian, pada dasarnya jenis *apron* dapat digunakan untuk kepentingan sebagaimana definisi tersebut.

1. *Apron* untuk terminal pesawat.

Apron ini dirancang untuk pergerakan dan parkir pesawat udara, yang letaknya berdampingan atau terhubung langsung dengan fasilitas terminal penumpang, dan pada *apron* inilah penumpang masuk atau keluar dari pesawat udara.

2. *Apron* untuk terminal kargo.

Apron ini dirancang untuk pergerakan dan parkir pesawat udara yang khusus bermuatan kargo dan pos, dan letaknya berdampingan atau terhubung langsung dengan fasilitas terminal kargo.

3. *Apron* jauh (*remote apron*).

Apron ini merupakan *apron* tambahan dan terpisah dari Gedung terminal penumpang atau Gedung terminal kargo, namun fungsinya sama dengan *apron* untuk terminal penumpang atau terminal kargo.

4. *Apron* untuk hangar.

Apron ini adalah *apron* yang dirancang untuk pergerakan dan parkir pesawat udara, yang letaknya berdampingan atau terhubung langsung dengan hangar yaitu tempat penyimpanan dan pemeliharaan pesawat udara.

5. *Apron* untuk penerbangan khusus.

Apron ini adalah *apron* yang dirancang untuk pergerakan dan parkir pesawat udara pada penerbangan khusus, yang terpisah dan memiliki kriteria yang berbeda dengan *apron* untuk pelayanan pesawat udara pada umumnya.

6. *Helipad.*

Helipad pada suatu *aerodrome* merupakan daerah *apron* yang digunakan sebagai tempat mendarat dan lepas landas pesawat udara sayap putar atau helicopter.

2.6 Aircraft Classification Number (ACN)

Aircraft Classification Number (ACN) merupakan nilai yang menunjukkan efek relatif sebuah pesawat udara di atas tanah untuk kategori sub-grade standar tertentu. Nilai ACN untuk semua jenis pesawat (pesawat sipil) biasanya dikeluarkan oleh pabrik pesawat.

ACN dihitung dengan memperhatikan posisi pusat gravitasi (CG) yang memberikan beban kritis pada gigi kritis. Biasanya posisi CG paling belakang yang sesuai dengan massa maksimum kotor landasan yang digunakan sebagai parameter untuk menghitung ACN. Setiap pesawat terbang memiliki nilai ACN yang masing-masing berbeda antara satu dengan yang lainnya, tergantung kepada berat pesawat (Maximum Take-off Weight dan Operating Empty Weight) dan konfigurasi pesawat, seperti tekanan ban standar, konfigurasi dan geometrik roda, serta lain-lain.

2.7 Pavement Classification Number (PCN)

Pavement Classification Number (PCN) merupakan daya dukung perkerasan untuk operasi tak terbatas pesawat udara dengan nilai ACN kurang dari atau sama dengan PCN. Jika nilai ACN dan tekanan roda pesawat lebih besar dari nilai PCN pada kategori subgrade tertentu yang dipublikasikan, maka operasi pesawat udara tidak dapat diberikan ijin beroperasi kecuali dengan mengurangi beban operasi. Nilai PCN harus memrepresentasikan korelasi antara beban pesawat yang diijinkan

dengan nilai ACN dari pesawat terkritis yang beroperasi selama umur rencana struktur perkerasan.

2.8 Metode COMFAA

Program komputer bernama COMFAA dirancang untuk melakukan perhitungan ACN dan desain perkerasan. Perhitungan yang dilakukan oleh program COMFAA menggunakan konsep cumulative damage factor (CDF), yang berarti menghitung efek gabungan dari berbagai pesawat yang beroperasi di bandara. Setelah itu, pesawat kritis melihat dampak dari seluruh lalu lintas gabungan ini. Dengan penyetaraan tersebut, perhitungan PCN dapat secara proporsional mencakup dampak dari semua trafik pesawat udara.

COMFAA memiliki kemampuan untuk menggunakan dua mode perhitungan, yaitu mode perhitungan desain perkerasan (pavement design mode) dan mode perhitungan ACN (ACN computation mode). Pada mode perhitungan ACN, COMFAA dapat melakukan:

1. Perhitungan ACN pesawat untuk perkerasan lentur;
2. Perhitungan ACN pesawat untuk perkerasan kaku;
3. Perhitungan tebal perkerasan lentur berdasarkan nilai CBR subgrade eksisting; dan
4. Perhitungan tebal perkerasan kaku berdasarkan nilai k (modulus reaksi tanah) dari tanah dasar eksisting.

Evaluasi perkerasan landasan pacu dapat dilakukan dengan asumsi sebagai berikut:

1. Menganalisis kekuatan landasan pacu tanpa memodifikasi struktur perkerasan eksisting atau PCN eksisting.
2. Membandingkan nilai ACN eksisting dengan PCN eksisting saat ini.

3. Melakukan analisis frekuensi pesawat terbesar yang beroperasi saat ini.
4. Melakukan analisis tekanan roda pendaratan terbesar yang beroperasi saat ini.
5. Melakukan uji kekesatan terhadap perkerasan.