

BAB II

STUDI PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Perencanaan bandara mengacu pada peraturan dan pedoman yang berlaku, dalam hal ini, mengacu pada standard yang dikeluarkan oleh ICAO. Dengan mengacu pada standard yang ada, diharapkan analisa dan perencanaan yang dilakukan sesuai dengan standard–standard yang ditetapkan oleh badan–badan tersebut.

2.2 Karakteristik Pesawat Terbang

Untuk merencanakan prasarana pesawat terbang dalam perencanaan pengembangan pesawat terbang, perlu diketahui sifat – sifat umum yang dipunyai oleh pesawat terbang, yaitu :

2.2.1 Berat (*Weight*)

Berat diperlukan untuk merencanakan tebal perkerasan dan merencanakan panjang yang dibutuhkan pesawat untuk mendarat. Berat pesawat yang terbang merupakan gabungan-gabungan dari komponen dasar berat pesawat, yang antara lain:

1. Berat kosong untuk operasi (*operating empty system*)

Operating empty system adalah berat dasar pesawat yang siap beroperasi dengan baik, termasuk awak pesawat dan semua peralatan yang diperlukan untuk penerbangan, tetapi tidak termasuk berat bahan bakar dan penumpang.

2. Berat muatan (*payload*)

Payload adalah berat dari muatan yang berada dalam pesawat yang meliputi penumpang, bagasi, dan barang muatan lainnya.

3. Berat bahan bakar kosong (*Zero Fuel Weight*)

Zero fuel weight adalah berat pesawat di atas mana tambahan berat hanyalah akibat berat bahan bakar. Berat ini dibatasi untuk menghindari timbulnya momen lentur antara sambungan sayap dan badan pesawat ketika pesawat sedang terbang, karena bahan bakar diletakkan pada sayap pesawat.

4. Berat tegangan maksimum (*maximum ramp weight*)

Maximum ramp weight adalah berat maksimum yang diizinkan untuk membawa pesawat dari apron menuju ujung landas pacu dan berlari di landasan untuk lepas landas.

5. Berat lepas landas struktur maksimum (*maximum take off weight*)

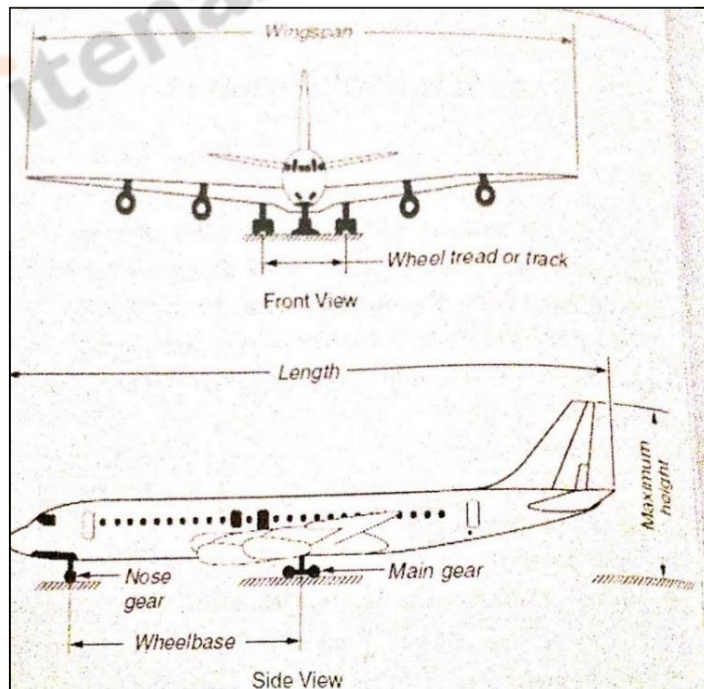
Maximum take off weight adalah berat maksimum untuk lepas landas yang umumnya dibatasi oleh jumlah tempat duduk dan maksimum payload yang mungkin dibawa pesawat.

6. Berat pendaratan maksimum (*maximum structural landing weight*)

Maximum structural landing weight adalah berat maksimum yang diperbolehkan pada saat pesawat melakukan pendaratan. Berat pada saat pendaratan berbeda dengan pada saat lepas landas, ini dikarenakan pada saat lepas landas, bahan bakar pesawat masih penuh, sedangkan pada saat mendarat, berat bahan bakar telah berkurang banyak.

2.2.2 Ukuran Pesawat (*size*)

Dimensi yang diketahui untuk rekayasa bandara seperti lebar sayap, panjang badan pesawat, jarak antar roda, jarak antara roda pendaratan, dan tinggi pesawat.



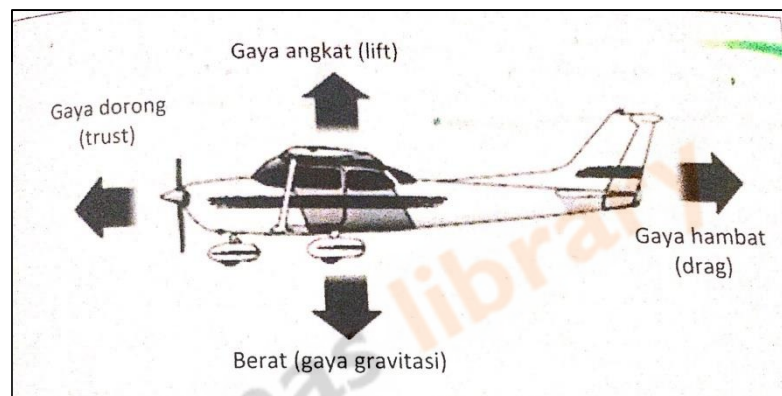
Sumber : Robert Horonjeff

Gambar 2.1 Dimensi Pesawat

2.2.3 Gaya Angkat Pesawat

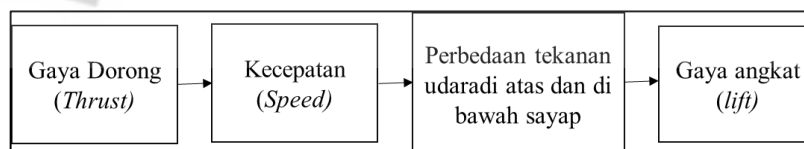
Pesawat merupakan transportasi udara yang memiliki berat, sehingga ada gaya-gaya yang bekerja pada pesawat yang terdiri dari:

1. Gaya gravitasi yang bekerja pada pesawat sehingga pesawat memiliki berat yang arahnya ke bawah;
2. Gaya dorong (*thrust*) yang mendorong pesawat ke depan);
3. Gaya hambat (*drag*) yang arahnya ke belakang pesawat berlawanan dengan gaya dorong;
4. Gaya angkat (*lift*) yang mengangkat pesawat ke atas;



Sumber : Robert Horonjeff

Gambar 2.2 Gaya yang Bekerja Pada Pesawat



Sumber : Robert Horonjeff

Gambar 2.3 Proses Timbulnya Gaya Angkat

2.2.4 Panjang landas pacu (*Runway*)

Panjang landas pacu penting bagi perencanaan luas area yang diperlukan pesawat terbang untuk mendarat maupun lepas landas. Memahami proses yang terjadi ketika pesawat lepas landas dan mendarat, maka perlu dipahami tentang beberapa istilah kecepatan seperti :

1. Kecepatan putusan (*decision speed = V₁*), adalah kecepatan maksimum dimana pilot harus mengambil keputusan akan jadi lepas landas atau gagal

lepas landas. Jika diketahui terjadi kerusakan mesin sebelum pesawat mencapai kecepatan V_1 , pilot dapat memilih akan terus lepas landas atau menghentikan pesawatnya.

2. Kecepatan rotasi (*rotation speed* = V_r) adalah kecepatan yang direkomendasikan untuk pilot mulai mengangkat hidung pesawat agar pesawat mulai lepas landas, dengan menarik handel ke belakang.
3. Kecepatan angkat (*loft of speed* = V_{lof}), adalah kecepatan pada saat pesawat dengan aman mulai meninggalkan landasan pacu.
4. Kecepatan awal pendakian (*initial climb out speed / take off safety speed* = V_2), adalah kecepatan minimum dimana pilot mulai diperkenankan untuk mendaki. Hal ini terjadi setelah pesawat berada pada ketinggian 10,7 m atau 35 feet di atas permukaan landas pacu.
5. Kecepatan stall (*stall speed* = V_{so}), adalah kecepatan minimum pesawat untuk melakukan proses mendarat (*landing configuration*) untuk mempertahankan adanya gaya angkat.
6. Kecepatan referensi untuk mendarat (*Reference Landing Approach Speed* = V_{ref}) adalah kecepatan yang direkomendasikan ketika pesawat melakukan pendekatan untuk mendarat (*approach to landing*), $V_{ref} = 1,3 V_{so}$.

2.3 Perencanaan *Airside* Bandar Udara

Airside adalah sisi di bandar udara dimana pesawat berada, atau sisi pesawat melakukan pergerakan. Bagian-bagian *airside* bandar udara diantaranya yaitu:

2.3.1 Apron

Apron diperlukan sebagai tempat parkir pesawat terbang, tempat pengangkutan barang, pengisian bahan bakar pada pesawat dan kegiatan lainnya.

Kebutuhan luas apron ditentukan oleh beberapa faktor, yaitu :

1. Ukuran pesawat terbang (lebar, panjang, dan radius putar);
2. Jumlah, lama dan cara parkir pesawat terbang;
3. Kebebasan ujung pesawat terbang (*wing tip clearance*).

Cara parkir pesawat udara yang dikenal ada 4 cara, yaitu :

1. *Nose-in Parking*

Pesawat diparkir tegak lurus gedung terminal dengan bagian depan pesawat berjarak sedekat mungkin dengan terminal.

2. *Angled Nose-in Parking*

Pesawat diparkir dengan bagian depan pesawat menyudut ke arah terminal.

3. *Angled Nose-out Parking*

Pesawat diparkir dengan bagian depan pesawat menyudut menjauhi gedung terminal.

4. *Paralel Parking*

Pesawat diparkir sejajar gedung terminal.

Bentuk apron ditentukan oleh letak sekelompok pesawat yang diparkir terhadap bangunan terminal, yang bentuknya antara lain adalah:

1. Sistem Frontal

Pesawat diparkir sepanjang halaman muka gedung terminal, hal ini memberikan jalan langsung dari pelataran depan gedung terminal menuju pintu pesawat

2. Sistem apron terbuka

Pesawat dan pelayanan pesawat letaknya terpisah dari terminal

3. Sistem Menjari (*Finger System*)

Letak pesawat diatur mengelilingi sumbu terminal dalam suatu pengaturan sejajar atau bagian depan pesawat mengarah ke terminal.

4. Sistem Satelit

Sistem dimana sebuah gedung yang dikelilingi oleh pesawat yang terpisah dari terminal dan biasanya dicapai melalui penghubung, dan biasanya pesawat diparkir dalam posisi melingkar.

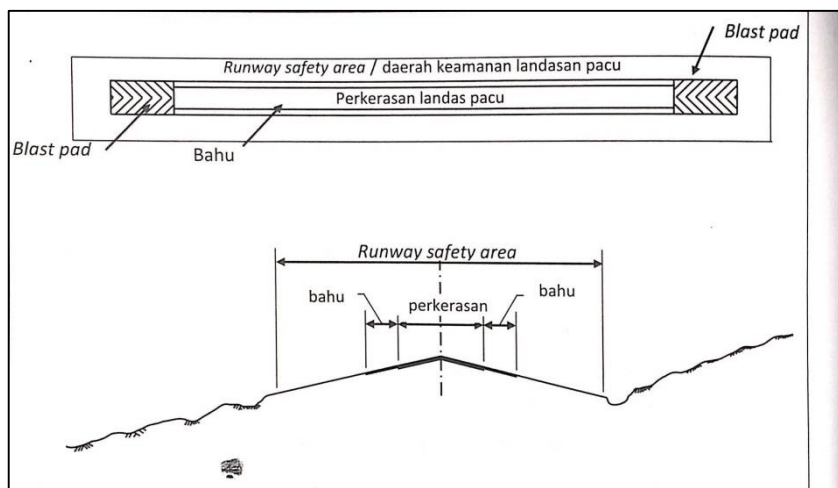
2.3.2 Landasan Pacu (*Runway*)

Runway adalah komponen pokok yang digunakan pada saat pesawat terbang melakukan pendaratan (*landing*) dan tinggal landas (*take off*).

Elemen landasan pacu dibagi menjadi :

1. Struktur lapis perketasan, yaitu bagian tengah yang diperkeras, untuk mendukung berat dari pesawat.

2. Bahu landasan, yaitu bagian yang berdekatan dengan struktur lapis perkerasan dan merupakan arah melintang landasan pacu yang dirancang untuk menahan erosi yang terjadi akibat hembusan angin dari pesawat terbang.
3. *Runway strip* adalah sebidang tanah yang menjadi daerah landas pacu yang penentuannya tergantung pada panjang landas pacu dan jenis instrument pendaratan (*precision approach*) yang dilayani.
4. Bantalan hembusan (*Blast pad*), yaitu daerah yang dirancang untuk mencegah erosi permukaan yang berdekatan dengan ujung – ujung landasan pacu yang menerima hembusan jet secara terus menerus.
5. *Runway end safety area* (RESA), yaitu suatu daerah simetris yang merupakan perpanjangan dari garis tengah landas pacu dan membatasi bagian ujung runway strip yang ditujukan untuk mengurangi resiko kerusakan pesawat yang sedang menjauhi atau mendekati landas pacu saat melakukan kegiatan pendaratan maupun lepas landas
6. *Overrun* mempunyai bagian meliputi *clearway* dan *stopway*. *Clearway* adalah suatu daerah tertentu pada akhir landas pacu untuk operasi lepas landas yang terdapat di permukaan tanah maupun permukaan air di bawah pengaturan operator bandar udara, yang dipilih dan diseleksi sebagai daerah yang aman bagi pesawat saat mencapai ketinggian tertentu yang merupakan daerah bebas yang disediakan terbuka diluar blast pad dan untuk melindungi pesawat ketika melakukan kegiatan lepas landas.
Stopway adalah suatu area tertentu yang berbentuk segiempat yang ada di permukaan tanah terletak di akhir landas pacu bagian tinggal landas yang disiapkan sebagai tempat berhenti pesawat saat terjadi pembatalan kegiatan tinggal landas.
7. *Turning area* adalah bagian dari landas pacu yang digunakan untuk lokasi pesawat melakukan gerakan memutar baik untuk membalik arah pesawat, maupun gerakan pesawat saat akan parkir di apron.
8. *Holding bay* adalah area tertentu dimana pesawat dapat melakukan penantian, atau menyalip untuk mendapatkan efisiensi gerakan pesawat di permukaan.



Sumber : Robert Horonjeff

Gambar 2.4 Sebagian Elemen Landas Pacu

2.3.3 Taxiway

Fungsi utama dari landasan hubung adalah untuk keluar masuk pesawat udara dari landasan pacu ke terminal atau sebaliknya. Penempatannya juga harus memberi jarak terpendek terhadap apron.

Tabel 2.1 Persyaratan Ukuran *Taxiway*

Huruf kode	Jarak aman
A	7,5 m
B	10,5 m
C	15 m
D	18 m jika taxiway diperuntukkan untuk digunakan oleh pesawat dengan rentang tepi luar roda utama(outer main gear wheel) kurang dari 9 m ;
	23 m jika taxiway diperuntukkan untuk digunakan oleh pesawat dengan rentang tepi luar roda utama(outer main gear wheel sama dengan atau lebih dari 9m
E	23 m
F	25 m

Sumber : KP 262 tahun 2017

Tabel 2.2 Persyaratan Lebar Bahu *Taxiway*

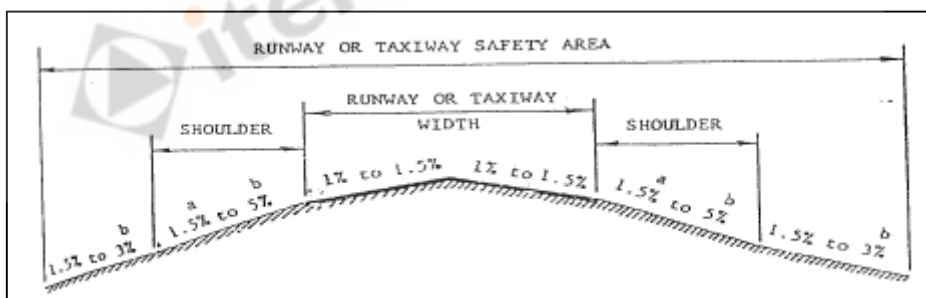
Code Letter	Penggolongan Pesawat	Lebar Minimum Bahu Taxiway Pada Bagian Lurus (m)
A	I	25
B	II	25
C	III	25
D	IV	38
E	V	44
F	VI	60

Sumber : KP 262 tahun 2017

Tabel 2.3 Persyaratan Kemiringan Memanjang *Taxiway*

Code Letter	Penggolongan Pesawat	Kemiringan Memanjang (%)	Perubahan Maksimum Kemiringan (%) (m)	Jari-jari Peralihan Maksimum (m)
A	I	3	1 per 25	2500
B	II	3	1 per 25	2500
C	III	1,5	1 per 30	3000
D	IV	1,5	1 per 30	3000
E	V	1,5	1 per 30	3000
F	VI	1,5	1 per 30	3000

Sumber : KP 262 tahun 2017

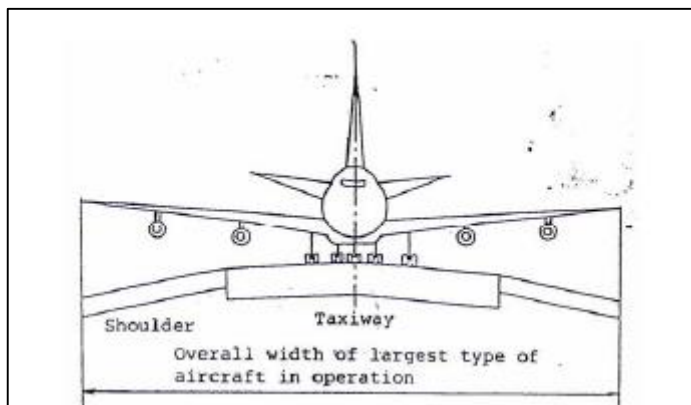


Sumber : KP 262 tahun 2017

Gambar 2.5 Contoh Kemiringan Memanjang *Taxiway*Tabel 2.5 Persyaratan Kemiringan Melintang *Taxiway*

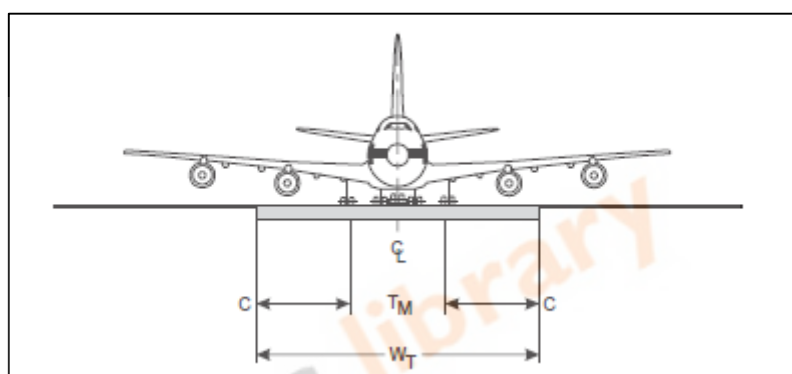
Code Letter	Penggolongan Pesawat	Kemiringan Melintang (%)
A	I	2
B	II	2
C	III	1,5
D	IV	1,5
E	V	1,5
F	VI	1,5

Sumber : KP 262 tahun 2017



Sumber : KP 262 tahun 2017

Gambar 2.6 Contoh Kemiringan Melintang *Taxiway*



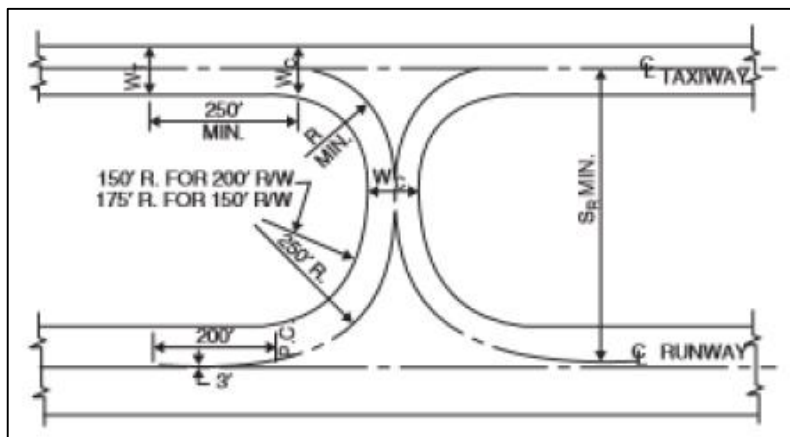
Sumber : KP 262 tahun 2017

Gambar 2.7 Potongan Melintang *Taxiway* dengan Pesawat

2.3.4 *Exit Taxiway*

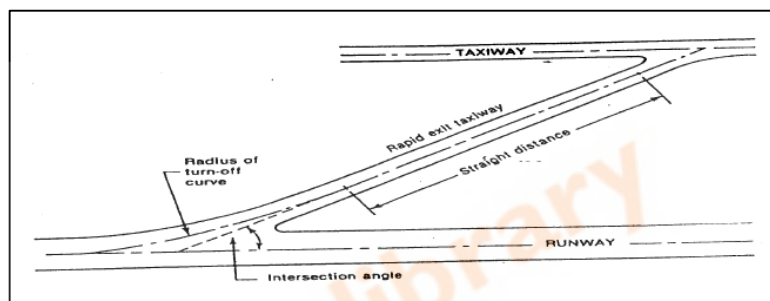
Jenis-jenis *taxiway* berdasarkan dari kecepatan atau pesawat melewati *exit taxiway* tersebut, bila kecepatan suatu pesawat sangat rendah maka *exit taxiway* yang cocok adalah menggunakan sudut siku. Sedangkan *rapid exit taxiway* dengan sudut 30° atau 45° (*high speed exit taxiway*) biasanya digunakan untuk kecepatan tinggi.

Pemilihan jenis *exit taxiway* yang sesuai dapat berdampak kepada waktu pemakaian *runway* dan secara otomatis dapat meningkatkan juga kapasitas suatu *runway*. Selain itu manfaat yang dapat diambil adalah pesawat yang akan lepaslandas dapat ditempatkan diantar dua pesawat berurutan yang akan mendarat.



Sumber : Annex 14 tahun 2005

Gambar 2.8 Exit Taxiway Bersudut Siku

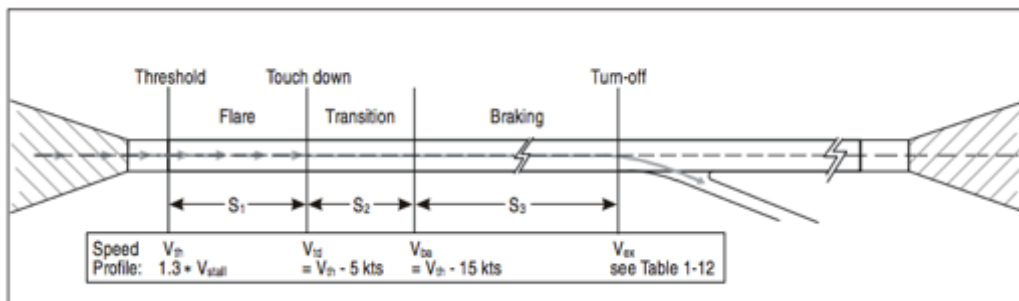


Sumber : KP 262 tahun 2017

Gambar 2.9 Lokasi Rapid Exit Taxiway

2.3.5 Perhitungan Lokasi Rapid Exit Taxiway

Rumus untuk menentukan landing distance, dapat menggunakan metode tiga segmen (*three segment method*) yang dibuat oleh ICAO. Segmen pertama yaitu jarak *threshold* sampai titik *touchdown*. Segmen kedua yaitu jarak yang dibutuhkan mulai dari *touchdown* sampai posisi pengereman normal. Segmen ketiga yaitu jarak yang dibutuhkan saat pengereman normal.



Sumber : Annex 14 , 2005

Gambar 2.10 Segmen ketika Pesawat Mendarat

Nilai S1 bergantung kepada *aircraft approach category*. Untari touchdown sampai posisi pengereman normal. Segmen ketiga yaitu jarak yang dibutuhkan saat pengereman normal. Secara empiris, nilai S1 bergantung kepada *aircraft approach category*.

Penentuan jarak minimum antar *exit taxiway* telah diatur dalam KP 262 tahun 2017. Dalam peraturan ini telah dijelaskan penentuan jarak antar *exit taxiway* tahapan awal dalam penentuan jarak yaitu penggolongan kode pesawat

Tabel 2.6 Jarak antar *Exit Taxiway*

huruf kode	Jarak antara sumbu taxiway dan sumbu runway (dalam meter)								Sumbu taxiway dengan sumbu taxiway (meter)	Sumbu taxiway dengan benda, selain aircraft stand	Sumbu aircraft stand taxilane dengan sumbu aircraft stand	Sumbu aircraft stand taxilane dengan benda (meter)
	Nomor kode runway instrumen				Nomor kode runway non instrumen							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
A	82.5	82.5	-	-	37.5	47.5	-	-	23	15.5	19.5	12
B	87	82.5	-	-	42	52	-	-	32	20	28.5	16.5
C	-	-	168	-	-	-	93	-	44	26	40.5	22.5
D	-	-	176	176	-	-	101	101	63	37	59.5	33.5
E	-	-	-	182.5	-	-	-	107.5	76	43.5	72.5	40
F	-	-	-	190	-	-	-	115	91	51	87.5	47.5

Sumber : KP 262 tahun 2017

2.4 Desain Lokasi *Rapid Exit Taxiway*

Rapid exit taxiway merupakan jalan penghubung antara landasan pacu dan hangar, terminal, apron dan fasilitas lainnya, yang didesain khusus agar pesawat dapat segera meninggalkan landasan pacu ketika mendarat maupun lepas landas. Pesawat lainnya juga dapat lebih cepat menggunakan landasan pacu, baik mendarat maupun lepas landas. *Rapid exit taxiway* biasa diadakan di bandara yang intensitas penerbangannya cukup tinggi.

Adapun langkah-langkah untuk mendesain lokasi *rapid exit taxiway* dengan menggunakan metode *three segments method* adalah sebagai berikut :

- Menentukan *approach speed* pesawat yang direncanakan mendarat di *runway* Bandar Udara *International New Bintan*
- Menentukan *approach speed category* pesawat rencana sesuai tabel 2.7

Tabel 2.7 *Approach Speed Category*

Aircraft Category	V_{th}
A	<91
B	91-120

Tabel 2.8 *Approach Speed Category* (lanjutan)

Aircraft Category	V _{th}
C	121-140
D	141-165
E	166-210

Sumber : ICAO, 2005

- c. Menghitung V_{td} dengan menggunakan rumus 2.1 yaitu :

$$V_{td} = V_{th} - 5 \quad (2.1)$$

Dengan :

V_{td} = Kecepatan pesawat saat menyentuh landasan (knots)

V_{th} = Kecepatan pesawat saat berada di *threshold* (knots)

- d. Menghitung V_{ba} dengan menggunakan rumus 2.2 yaitu :

$$V_{ba} = V_{th} - 10 \quad (2.2)$$

Dengan :

V_{ba} = Kecepatan pesawat melakukan pengereman normal (knots)

V_{th} = Kecepatan pesawat saat berada di *threshold* (knots)

- e. Mencari S1 dari pesawat rencana menggunakan tabel 2.6

Tabel 2.9 Ketentuan S1

Approach speed category	S1 (m)
A	250
B	
C	450
D	

Sumber : ICAO, 2005

- f. Menghitung S2 dengan menggunakan rumus 2.3 yaitu :

$$S2 = 5 (V_{th} - 10) \quad (2.3)$$

Dengan :

S2 = Jarak yang digunakan pesawat dari *touchdown* dan pengereman dengan sayap (m)

V_{th} = Kecepatan pesawat saat berada di *threshold* (knots)

- g. Menentukan besar V_{ex} dari pesawat rencana menggunakan tabel 2.6

Tabel 2.10 Ketentuan V_{ex}

Approach speed category	V_{ex} (knots)
A	15
B	
C	30
D	

Sumber : ICAO, 2005

- h. Menghitung $S3$ dengan menggunakan rumus 2.4 dengan a adalah laju perlambatan sebesar 1.5 m/s^2

$$S3 = \frac{(V_{th}-15)^2 - V_{ex}^2}{8a} \quad (2.4)$$

Dengan :

$S3$ = Jarak yang digunakan pesawat saat melakukan pengereman normal (knots)

V_{th} = Kecepatan pesawat saat berada di *threshold* (knots)

V_{ex} = Kecepatan pesawat saat keluar *runway* (m)

a = Perlambatan (m/s^2)

- i. Jumlahkan $S1, S2, S3$ untuk mendapatkan jarak yang dibutuhkan pesawat untuk masuk ke *rapid exit taxiway*
- j. Menentukan radius untuk *rapid exit taxiway* dengan menggunakan tabel 2.5

Tabel 2.11 Ketentuan Radius *Rapid Exit Taxiway*

Kode nomor	Radius (m)
1	275 m
2	
3	550 m
4	

Sumber : ICAO, 2005

2.5 Studi Terdahulu

1. Pamngguriseng, Zadly Andi dengan penelitian berjudul penentuan jumlah *exit taxiway* berdasarkan variasi jenis pesawat dan kerapatan jadwal penerbangan pada Bandara Internasional Juanda Surabaya. Tujuan penelitian ini untuk menghitung kebutuhan *exit taxiway* berdasarkan jenis pesawat dan jadwal penerbangan, dan mengusulkan kebutuhan *exit taxiway* pada 5 dan 10 tahun mendatang. Hasil dari penelitian ini yaitu menambah 1 buah *exit taxiway* N5 sejauh 1941 m dari ujung *runway* 10 dengan sudut 30° atau menggeser *exit taxiway* N6 dan diganti menjadi *exit taxiway* N5 bersudut 30° .
2. Permana, Sheellfia J. , Widyastuti, Hera Ir M.T Ph.D dengan penelitian berjudul Studi perencanaan pengembangan landas pacu (*runway*) dan landas hubung (*taxiway*) Bandara Abdulrachman Saleh Malang. Tujuan penelitian ini yaitu menghitung kebutuhan panjang landas pacu (*runway*) dan landas hubung (*taxiway*) untuk operasioal yang akan digunakan pada 15 tahun mendatang. Hasil penelitian dari tugas akhir ini yaitu panjang landasan dengan pesawat rencana sepanjang 3015 meter dengan lebar total 60 meter beserta bahu landasan, dimensi *taxiway* sebesar 25 meter termasuk lebar bahu 3,5 meter setiap sisinya.
3. Prasetya, Wahyu Dwi dengan penelitian berjudul penentuan jumlah *exit taxiway* berdasarkan variasi jenis pesawat dan kerapatan jadwal penerbangan pada *runway* Bandara Internasional Soekarno-Hatta Jakarta. Tujuan penelitian ini yaitu menganalisis mengenai jumlah *exit taxiway* yang ada saat ini masih efektif dalam melayani jadwal penerbangan yang padat dan menentukan jumlah *exit taxiway* berdasarkan variasi jenis pesawat dan kerapatan jadwal penerbangan pada kondisi eksisting, 5 tahun mendatang , dan 10 tahun mendatang. Hasil analisis dari tugas akhir ini yaitu kapasitas *runway 1* sebesar 58 operasi baik keberangkatan atau kedatangan. Sedangkan hasil peramalan 10 tahun mendatang. Jumlah penerbangan saat jam sibuk sebanyak 74 operasi penerbangan. Kebutuhan *Exit taxiway* sudah terpenuhi dengan tersedianya 7 *exit taxiway*. Kepadatan jumlah pergerakan pada saat jam puncak dapat teratasi dengan pembagian volume ke *runway 2*, pembagian volume ke jam lain dan penggantian tipe pesawat terbang yang lebih besar.