

BAB II

STUDI PUSTAKA

2.1 Bandar Udara

Transportasi udara adalah transportasi yang menggunakan udara sebagai media transportasi (Sukirman, 2014). Angkutan udara adalah setiap kegiatan dengan menggunakan pesawat untuk mengangkut penumpang, kargo, dan / atau pos untuk satu perjalanan atau lebih dari satu bandar udara ke bandar udara yang lain atau beberapa bandar udara. (Sukirman, 2014). Pengertian bandar udara menurut Undang – Undang Nomor 1 tahun 2009 tentang penerbangan 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.

2.2 Peran Bandar Udara

Bandar udara memiliki peran yaitu sebagai :

1. Simpul dalam jaringan transportasi;
2. Pintu gerbang kegiatan perekonomian;
3. Tempat kegiatan alih moda transportasi;
4. Pendorong dan penunjang kegiatan industri;
5. Pengembangan daerah perbatasan;
6. Prasarana memperkuat wawasan nusantara dan kedaulatan negara;

2.3 Karakteristik Pesawat

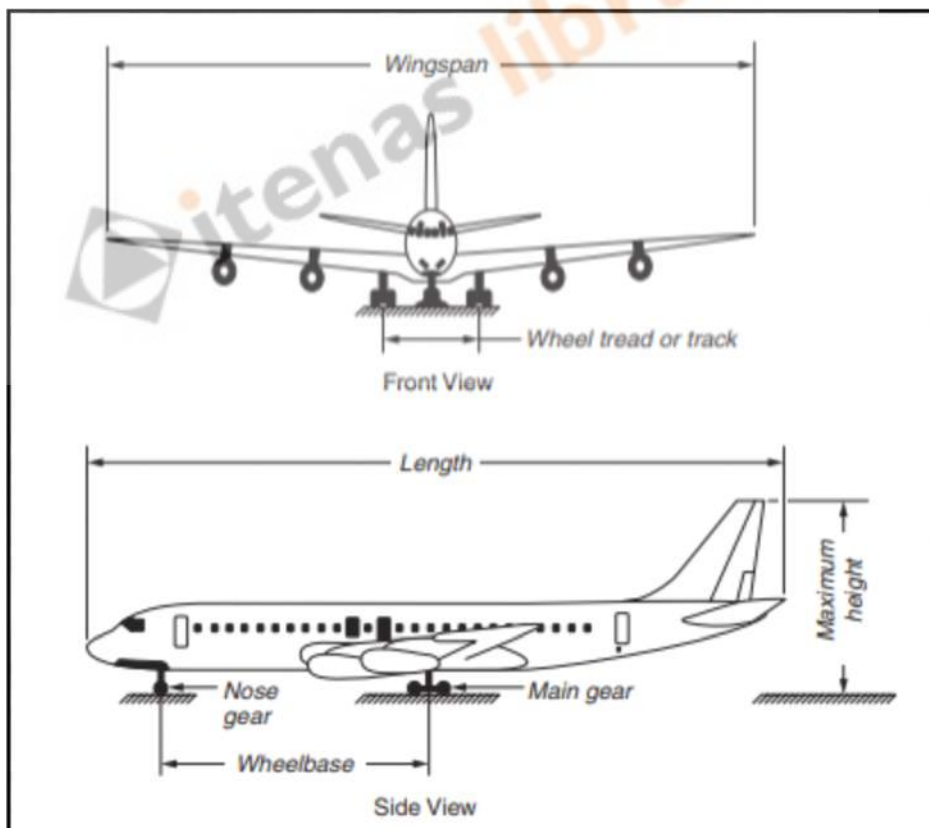
Karakteristik pesawat yang digunakan untuk desain sisi udara bandar udara yaitu dimensi pesawat, berat pesawat, roda pendaratan, dan *Aerodrome Reference Field Length* (ARFL).

2.3.1 Dimensi Pesawat

Dimensi Pesawat yang digunakan untuk mendesain bandar udara adalah dimensi panjang pesawat, lebar sayap, dan jarak antara roda pesawat.

Panjang badan pesawat (*length*) didefinisikan sebagai jarak dari depan ujung badan pesawat atau badan utama pesawat, ke bagian belakang pesawat. Panjang badan pesawat digunakan untuk menentukan panjang area parkir pesawat dan hanggar. Lebar sayap (*wingspan*) sebuah pesawat didefinisikan sebagai jarak dari ujung sayap ke ujung sayap lainnya. Lebar sayap pesawat terbang digunakan untuk menentukan lebar area parkir pesawat, serta menentukan lebar dan pemisahan *runway* dan *taxiway* di bandar udara

Jarak antar roda pesawat (*wheelbase*) terbang didefinisikan sebagai jarak antara roda depan dengan roda pendaratan utama. Jarak antar roda pendaratan (*wheel track*) didefinisikan sebagai jarak antara roda terluar pesawat pada roda pendaratan utama. *Wheelbase* dan *wheel track* pesawat digunakan untuk menentukan radius belok minimumnya, yang mempengaruhi desain belokan *taxiway*, persimpangan, dan area lainnya pada sebuah bandar udara yang membutuhkan pesawat untuk berbelok. Adapun ilustrasi dimensi pesawat digambarkan pada Gambar 2.1.



Sumber : Horonjeff, 2008

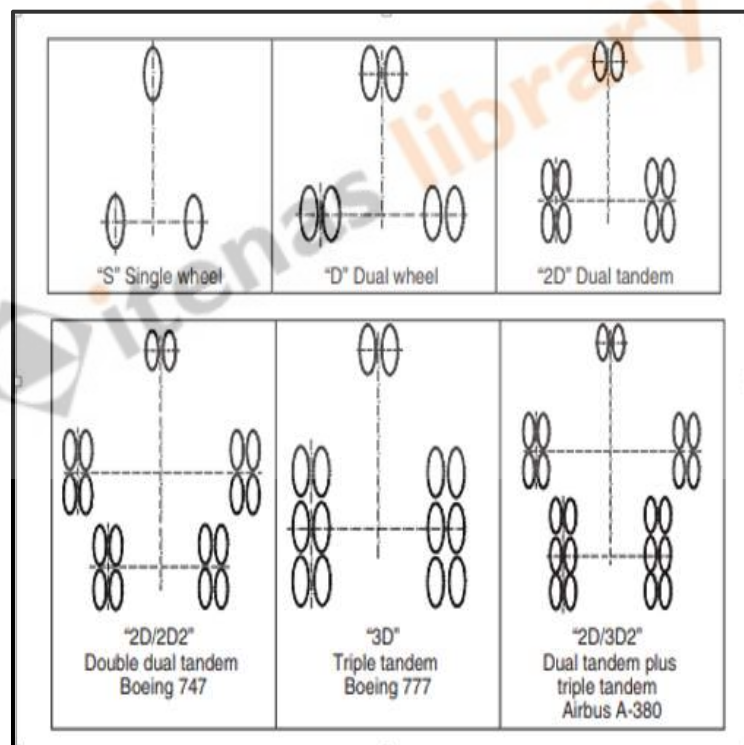
Gambar 2.1 Dimensi Pesawat.

2.3.2 Berat Pesawat

Berat pesawat merupakan karakteristik pesawat yang dibutuhkan untuk menentukan panjang landas pacu ketika lepas landas dan / atau mendarat. Selain itu, berat pesawat dibutuhkan juga untuk merancang tebal pekerasan di landas pacu, landas hubung, ataupun *apron* sehingga struktur pekerasan mampu memikul beban pesawat sesuai kinerja yang disyaratkan (Sukirman, 2014).

2.3.3 Roda Pendaratan

Roda pesawat dibedakan atas roda pendaratan utama dan roda depan. Besar distribusi beban yang dipikul oleh roda depan dan roda pendaratan utama ditentukan oleh titik berat pesawat. Letak dan pembagian beban pada pesawat menentukan letak pusat gravitasinya (Sukirman, 2014). Adapun berbagai macam konfigurasi roda pesawat seperti pada Gambar 2.2.



Sumber : Horonjeff, 2008

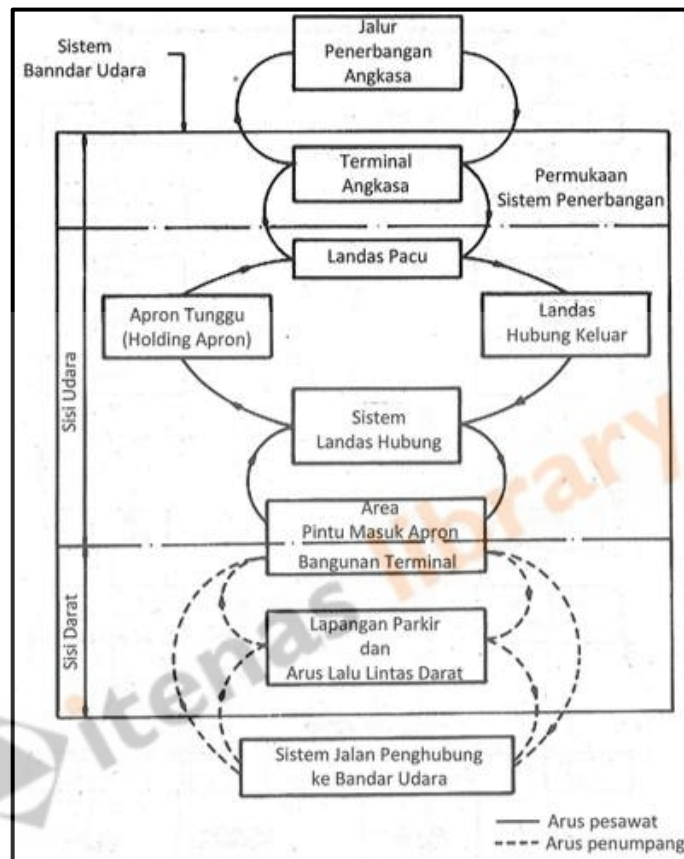
Gambar 2.2 Konfigurasi Roda Pesawat

2.3.4 *Aeroplane Reference Field Length*

ARFL adalah panjang runway minimum yang dibutuhkan untuk lepas landas, pada kondisi *Maximum Take Off Weight* sesuai kondisi lingkungan standar.

2.4 Fasilitas Bandar Udara

Fasilitas bandar udara adalah bagian dari bandar udara yang digunakan oleh publik untuk kepentingan dalam memenuhi kebutuhannya. Fasilitas bandar udara terbagi menjadi dua yaitu fasilitas sisi darat dan fasilitas sisi udara. Adapun sistem bandar udara ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Sumber: Basuki, 1986

Gambar 2.3 Sistem Bandar Udara

Fasilitas sisi darat antara lain :

1. Terminal

Terminal bandar udara adalah tempat untuk penumpang melakukan pengurusan perjalanan udara seperti pembelian tiket, pemeriksaan, hingga menunggu jadwal keberangkatan. Di terminal bandar udara terdapat fasilitas – fasilitas antara lain : ruang tunggu, restoran, dan berbagai toko.

2. Curb

Curb merupakan area dimana penumpang naik – turun dari kendaraan untuk menuju atau meninggalkan terminal bandar udara.

3. Tempat parkir kendaraan

Tempat parkir ini merupakan tempat para penumpang yang akan menggunakan transportasi udara, dengan memarkirkan kendaraannya di tempat parkir yang telah disediakan.

Fasilitas sisi udara terdiri atas *runway*, *taxiway*, *apron*, hanggar, dan fasilitas pendukung lainnya.

2.4.1 *Runway*

Runway (landas pacu) adalah area yang berbentuk persegi yang telah ditentukan di sebuah bandar udara untuk pendaratan atau lepas landas pesawat (KP 262 tahun 2017).

Elemen *runway* terdiri dari :

1. Struktur perkerasan, adalah bagian landas pacu yang berfungsi sebagai bagian yang langsung menahan beban pesawat.
2. Bahu, adalah bagian tepi luar perkerasan yang berfungsi untuk memberikan sokongan pada konstruksi perkerasan dari arah samping, sehingga tidak mudah terkikis atau rusak dan memberikan sokongan untuk menahan semburan jet dari pesawat.
3. Bantalan hembusan (*blast pad*) adalah bagian dari ujung landas pacu yang berfungsi untuk memberikan sokongan konstruksi pada bagian ujung sehingga tidak mudah terkikis (erosi).
4. *Runway strip* adalah sebuah daerah yang telah ditentukan, termasuk *runway* dan *stopway* (jika ada), dengan tujuan untuk mengurangi resiko kerusakan pada pesawat yang melewati batas *runway* dan melindungi pesawat yang terbang di atasnya ketika melakukan lepas landas atau pendaratan.
5. *Runway End Safety Area* (RESA) yaitu sebuah daerah simetris di perpanjangan sumbu *runway* dan menyambung dengan akhir dari jalur primer diperuntukkan untuk mengurangi resiko kerusakan pada pesawat yang terlalu dini masuk atau melewati *runway*.
6. *Stopway* adalah bidang persegi yang telah ditentukan di darat pada ujung jalur lepas landas yang dibuat sebagai daerah yang sesuai dimana sebuah pesawat bisa berhenti ketika memutuskan untuk membatalkan lepas landasnya.

7. *Clearway* adalah bidang persegi yang telah ditentukan di daratan atau permukaan air yang berada di bawah kendali pihak berwenang terkait, yang dipilih atau dipersiapkan sebagai bidang yang sesuai dimana sebuah pesawat udara bisa melakukan sebagian dari pendakian awalnya untuk mencapai ketinggian tertentu.

2.4.2 *Taxiway*

Taxiway (landas hubung) adalah jalur tertentu pada bandar udara di darat yang ditujukan untuk pesawat udara melakukan *taxi* dan ditunjukkan untuk menjadi penghubung antara satu bagian bandar udara dengan lainnya (KP 262 tahun 2017)

Taxiway berdasarkan letaknya :

1. *Entrance taxiway*

Entrance taxiway adalah *taxiway* yang dipergunakan sebagai jalan masuk pesawat ke *runway*. *Entrance taxiway* terletak didekat ujung *runway*.

2. *Exit Taxiway*

Exit taxiway adalah *taxiway* yang dipergunakan sebagai jalan keluar pesawat dari *runway* setelah mendarat. *Exit taxiway* dengan sudut sekitar 30^0 dapat dilalui oleh pesawat dengan kecepatan yang cukup tinggi, dan umumnya disebut *rapid exit taxiway*.

3. *Rapid exit taxiway*

Rapid exit taxiway adalah *taxiway* yang terhubung dengan *runway* pada sebuah sudut lancip dan dirancang untuk memungkinkan pesawat yang mendarat untuk berbelok pada kecepatan yang lebih tinggi dibandingkan dengan jalan keluar *taxiway* lainnya dan karena bisa meminimalkan waktu penggunaan *runway*.

4. *Paralel Taxiway*

Paralel taxiway adalah *taxiway* yang sejajar dengan *runway* dan menghubungkan *taxiway* biasa dengan *apron*, yang panjangnya sama maupun kurang dari panjang *runway*.

5. *Apron Taxiway*

Apron taxiway adalah *taxiway* yang berlokasi di bagian luar *apron* bertujuan untuk melayani pesawat keluar dari *apron*.

6. *Aircraft stand taxiway*

Aircraft stand taxiway adalah bagian dari *apron* yang direncanakan sebagai *taxiway* yang memberikan pelayanan kepada pesawat untuk parkir.

7. *Cross Taxiway*

Cross Taxiway adalah *taxiway* yang berfungsi untuk menghubungkan 2 (dua) *runway* yang berdekatan sehingga pemanfaatan kedua *runway* dapat dilakukan secara optimal. Jenis *taxiway* ini biasanya baru diadakan jika memang ada dua *runway* sejajar.

8. *Holding apron*

Holding apron adalah *apron* yang harus diadakan di tempat yang sangat dekat dengan ujung landasan pacu yang dipergunakan oleh pesawat untuk tempat menunggu perintah dari pengontrol lalu lintas udara, atau untuk tempat pemberhentian sementara jika pilot merasa harus *mencheck* mesin pesawat (pada pesawat bermesin piston). Di tempat ini pesawat tersebut dapat pula disiap oleh pesawat lain

9. *Holding bay*

Holding bay adalah *apron* yang relatif kecil yang ditempatkan pada suatu tempat yang mudah dicapai di bandar udara untuk parkir sementara. Pada beberapa bandar udara jumlah pintu masuk (*gate*) mungkin tidak cukup untuk memenuhi permintaan pada waktu jam sibuk. Apabila terjadi hal ini, pesawat diarahkan oleh pengendali lalu lintas udara ke *holding bay* dan ditempatkan di sana sampai tersedia pintu masuk kosong

2.4.3 Landas parkir (*Apron*)

Apron adalah sarana parkir untuk menyimpan pesawat yang posisinya terletak diantara bangunan terminal dan *taxiway* yang diperuntukkan untuk mengakomodasi pesawat dalam menaikkan atau menurunkan penumpang, pos atau kargo, parkir atau pemeliharaannya. (KP 262 tahun 2017).

Apron dibuat cukup luas sehingga bila pesawat yang tidak melakukan proses lepas landas pesawat lain dapat menyalipnya. Posisi parkir pesawat terminal disebut *aircraft stand*.

2.5 Klasifikasi Bandar Udara

Klasifikasi bandar udara digunakan untuk keperluan penetapan standar – standar rancangan geometri berbagai ukuran bandar udara dan fungsi yang dilayani. Kementerian Perhubungan menetapkan klasifikasi bandar udara (*aerodrome reference code*) yang

berlaku secara internasional. Kementerian Perhubungan mengklasifikasi bandar udara dengan menggunakan kode angka dan dilanjutkan dengan kode huruf. Kode angka 1 sampai dengan 4 digunakan untuk mengklasifikasikan bandar udara berdasarkan ARFL, sedangkan kode huruf A sampai dengan E digunakan untuk mengklasifikasikan bandar udara berdasarkan lebar bentang sayap dan bentang roda pendaratan utama pesawat rencana. Kode referensi bandar udara berdasarkan Kementerian Perhubungan dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Kode Referensi Bandar Udara

Unsur 1 kode		Unsur 2 Kode		
Kode Nomor	Panjang landas referensi pesawat (ARFL) (m)	Kode Huruf	Bentang sayap (m)	Bentang roda pendaratan utama (m)
1	< 800 m	A	< 15 m	< 4,5 m
2	800 m < P < 1200 m	B	15 m < l < 24 m	4,5 m < l < 6 m
3	1200 m < P < 1800 m	C	24 m < l < 36 m	6 m < l < 9 m
4	≥ 1800 m	D	36 m < l < 52 m	9 m < l < 14 m
		E	52 m < l < 65 m	9 m < l < 14 m
		F	65 m < l < 80 m	14 m < l < 16 m

Sumber : Kementerian Perhubungan, 2017

2.6 Bentuk Fisik *Taxiway*

Guna mendesain geometri *taxiway* diperlukan data jarak aman antara tepi terluar roda pendaratan utama pesawat dan tepi *taxiway*, lebar perkerasan *taxiway*, lebar bahu *taxiway*, dan lebar *strip taxiway*.

2.6.1 Elemen *Taxiway*

Bagian – bagian fisik *taxiway* terdiri atas :

1. Perkerasan (*pavement*), adalah bagian dari *taxiway* yang berfungsi sebagai bagian yang langsung menahan beban pesawat.
2. Bahu, adalah area pembatas pada akhir tepi pekerasan *taxiway* yang dipersiapkan untuk menahan pesawat keluar jalur dari *taxiway* saat melakukan perpindahan dari *runway* ke *apron* dan menahan semburan jet dari pesawat.

3. *Taxiway strip*, adalah sebuah area pada *taxiway* diperuntukkan untuk melindungi pesawat udara yang beroperasi di *taxiway* dan untuk mengurangi resiko pada pesawat yang secara tidak sengaja keluar dari *taxiway*.
4. *Fillet*, adalah penambahan luas pada *taxiway* saat pesawat melewati sebuah tikungan atau persilangan.

2.6.2 Persyaratan Teknis *Taxiway*

Persyaratan teknis *taxiway* terdiri atas :

1. Jarak aman antara tepi terluar roda pendaratan utama pesawat dan tepi *taxiway*

Desain *taxiway* harus sedemikian rupa, ketika kokpit pesawat terbang tetap berada di atas marka garis tengah *taxiway*, jarak aman antara tepi terluar roda pendaratan utama pesawat dan tepi *taxiway* tidak boleh kurang dari ketentuan yang tercantum di dalam Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Jarak Aman Antara Tepi Terluar Roda Pendaratan Utama Pesawat Dan Tepi *Taxiway*

Kode Huruf	Jarak Aman (m)
A	1.5 m
B	2.25 m
C	3 m di bagian yang lurus;
	3 m di bagian yang berbelok jika <i>taxiway</i> digunakan oleh pesawat terbang dengan <i>wheelbase</i> kurang dari 18 m.
	4,5 m di bagian yang berbelok jika <i>taxiway</i> digunakan oleh pesawat terbang dengan <i>wheelbase</i> sama dengan atau lebih dari 18 m.
D	4.5 m
E	4.5 m
F	4.5 m

Sumber : Kementerian Perhubungan, 2017

2. Lebar *taxiway*

Bagian lurus dari *taxiway* hendaknya memiliki lebar tidak kurang dari yang tercantum dalam Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Lebar *Taxiway*

Kode Huruf	Jarak aman (m)
A	7.5 m
B	10.5 m
C	15 m
D	18 m jika <i>taxiway</i> diperuntukkan untuk digunakan oleh pesawat dengan rentang tepi luar roda utama (<i>outer main gear wheel</i>) kurang dari 9 m;
	23 m jika <i>taxiway</i> diperuntukkan untuk digunakan oleh pesawat dengan rentang tepi luar roda utama (<i>outer main gear wheel</i>) sama dengan atau lebih dari 9 m;
E	23 m
F	25 m

Sumber : Kementerian Perhubungan, 2017

3. Kemiringan melintang *taxiway*

Kemiringan melintang *taxiway* hendaknya memadai untuk mencegah mengumpulnya air di permukaan *taxiway* tetapi tidak boleh melebihi seperti batasan pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Kemiringan Melintang *Taxiway*

Kode Huruf	Kemiringan (%)
A	2%
B	2%
C	1,5%
D	1,5%
E	1,5%
F	1,5%

Sumber : Kementerian Perhubungan, 2017

4. Bahu *Taxiway*

Bagian lurus dari *taxiway* dengan huruf kode C, D, E atau F dapat disediakan bahu yang membentang secara simetris di kedua sisi *taxiway* sehingga secara keseluruhan lebar *taxiway* dan bahunya di bagian yang lurus ini tidak kurang dari Tabel 2.5

Tabel 2.5 Lebar Bahu *Taxiway*

Kode Huruf	Lebar Bahu (m) (termasuk perkerasan)
C	25 m
D	38 m
E	44 m
F	60 m

Sumber : Kementerian Perhubungan, 2017

5. *Strip Taxiway*

Strip taxiway hendaknya membentang secara simetris di kedua sisi dari sumbu *taxiway* sepanjang *taxiway* tersebut hingga jarak dari sumbu setidaknya seperti yang diberikan di Tabel 2.6

6. *Rapid exit taxiway*

Rapid exit taxiway hendaknya dirancang dengan radius kurva berbelok setidaknya pada Tabel 2.7

Tabel 2.6 Dimensi *strip taxiway*

Kode Huruf	A	B	C	D	E
Lebar strip termasuk landas hubung (m)	31	40	52	74	87
Kemiringan strip (%)	3	3	2,5	2,5	2,5
<i>Taxiway strip</i> yang diratakan dari sumbu landas hubung (m)	22	25	25	38	44

Sumber : ICAO, Aerodrome Design Manual, Part 2, Taxiway, Aprons and Holdingbays, 2005.

Tabel 2.7 Radius *Rapid Exit Taxiway*

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

2.7 Desain *Fillet Taxiway*

Fillet taxiway adalah penambahan luas pada *taxiway* saat pesawat melewati sebuah tikungan atau persilangan dimana pesawat tersebut diharuskan untuk mengalami pembelokan dan pesawat masih mempunyai *wheel clearance* (Horonjeff, 2010). Desain *fillet taxiway* dapat dilakukan dengan beberapa metode seperti metode grafik dan metode *Arc and Tangent*, dalam Tugas Akhir ini menggunakan metode *Arc and Tangent*.

Jejak sumbu roda pendaratan utama merupakan lengkung yang kompleks yang dapat di dekati dengan busur lingkaran dan bagian lurus. Desain *fillet* menggunakan metode *Arc and Tangent* mengikuti jejak dari sumbu roda pendaratan utama dan kebebasan samping yang disyaratkan yang terdiri atas:

- Busur lingkaran dari sumbu *taxiway* agar memberikan tambahan lebar dari perkerasan sebelah dalam.
- Bagian lurus di ujung busur untuk memberikan bentuk akhir dari *fillet* dan memiliki deviasi sisa dari jejak roda pendaratan utama .

2.7.1 Istilah – istilah *fillet taxiway*

Istilah – istilah yang digunakan pada *fillet taxiway* adalah sebagai berikut :

d = panjang datum pesawat (*wheelbase*).

T = *aircraft track main undercarriage*.

λ = deviasi dari jejak roda pendaratan utama.

R = radius sumbu *taxiway*.

M = *safety margin*.

r = radius lengkung *fillet*.

β = *steering angle* (sudut kemudi).

2.7.2 Langkah – langkah mendesain *fillet taxiway*

Langkah – langkah mendesain *fillet taxiway* adalah sebagai berikut :

- Menentukan panjang datum dari pesawat rencana.
- Menentukan radius sumbu *taxiway* sesuai sudut kemudi pesawat.
- Menentukan rasio antara radius dengan panjang datum menggunakan Rumus 2.1

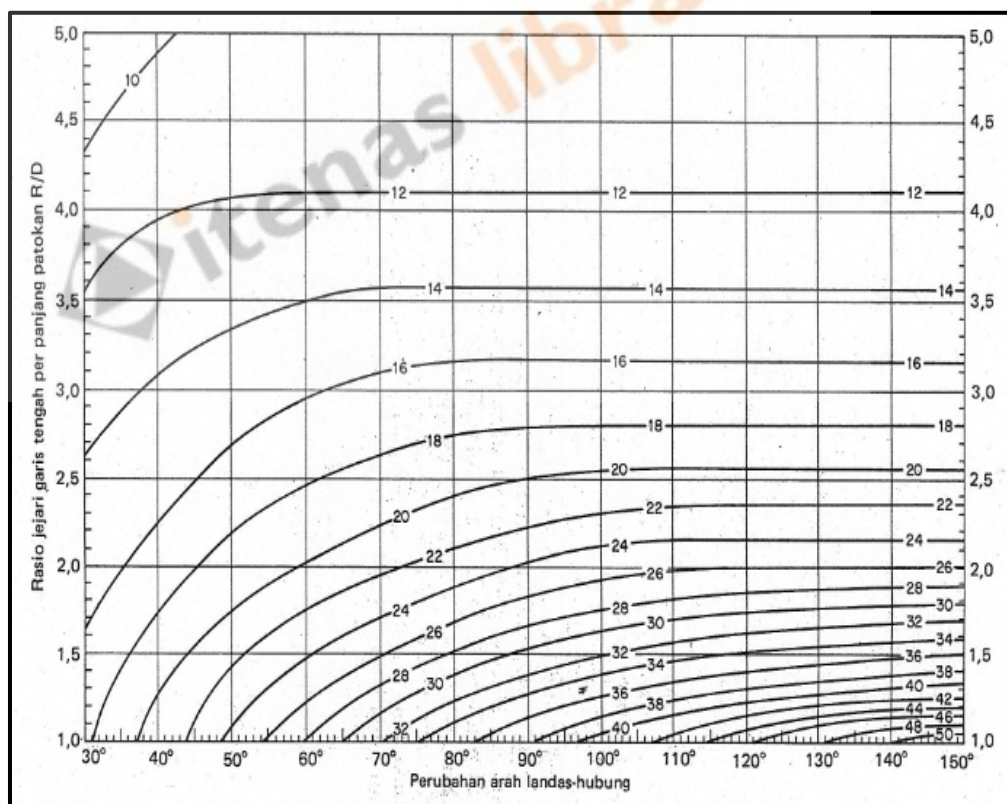
$$\text{Ratio} = \frac{R}{d} \dots\dots\dots(2.1)$$

dengan :

R = radius sumbu *taxiway* (m).

d = panjang datum (m).

- Menentukan nilai % deviasi maksimum dengan menggunakan Gambar 2.4.



Sumber : ICAO, 2005

Gambar 2.4 Grafik Deviasi Maximum (λ_{max})

- e. Menentukan panjang deviasi maksimum dengan menggunakan Rumus 2.2.

$$\lambda_{\max} = \lambda_{\max} (\%) \times d \dots \dots \dots (2.2)$$

dengan :

λ_{\max} = deviasi maksimum (dalam meter).

$\lambda_{\max} (\%)$ = deviasi maksimum (dalam persen) dari Gambar 2.4.

d = panjang datum (m).

- f. Menghitung *radius* lengkung *fillet* (r) dengan menggunakan Rumus 2.3.

$$r = R - \left(\lambda_{\max} + \frac{T}{2} + M \right) \dots \dots \dots (2.3)$$

dengan :

r = radius lengkung *fillet* (m).

R = radius sumbu *taxiway* (m).

λ_{\max} = deviasi maksimum (m).

T = *wheel track* (m).

M = *safety margin* (m).

M diperoleh dari kode acuan bandar udara dan Tabel 2.2

- g. Menghitung deviasi maksimum tanpa *fillet* dengan menggunakan Rumus 2.4.

$$\lambda_{\max \text{ tanpa } fillet} = \frac{X}{2} - \left(M + \frac{T}{2} \right) \dots \dots \dots (2.4)$$

dengan :

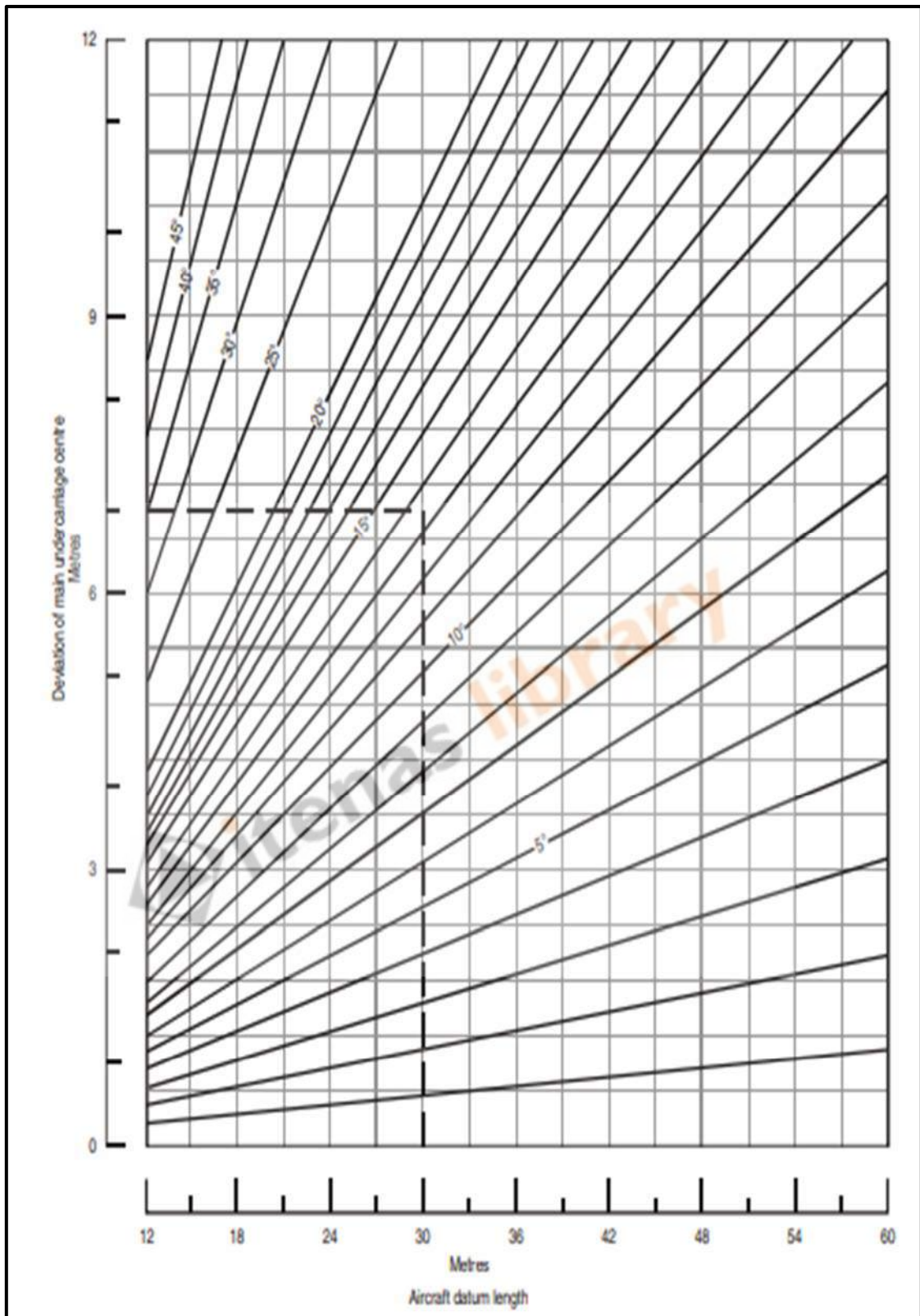
X = lebar *taxiway* (m).

M = *safety margin* (m).

T = *wheel track* (m).

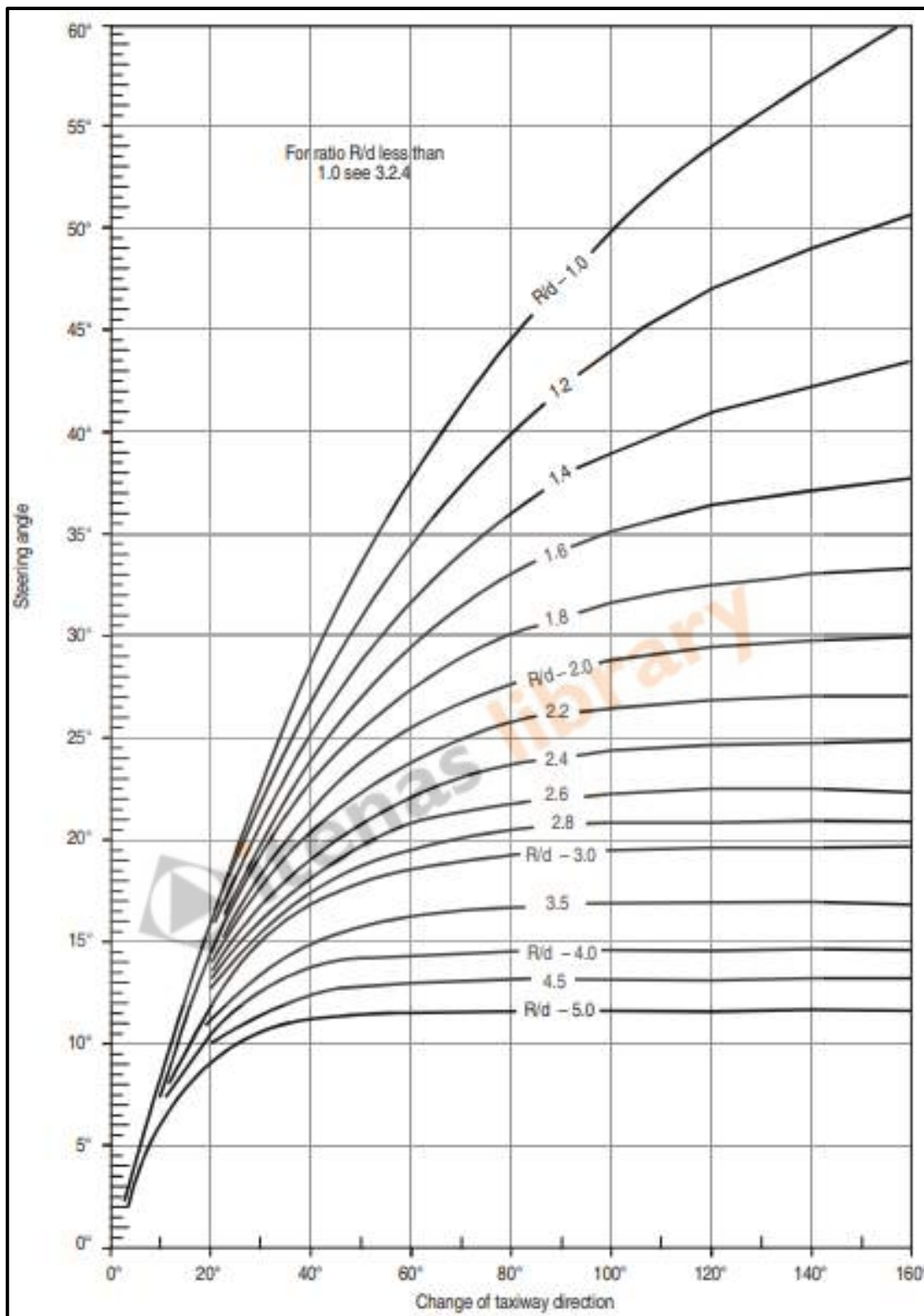
- h. Menentukan sudut kemudi (β_1) dengan menggunakan Gambar 2.5

- i. Menentukan sudut kemudi lanjutan (β_2) dengan menggunakan Gambar 2.6



Sumber : ICAO, 2005

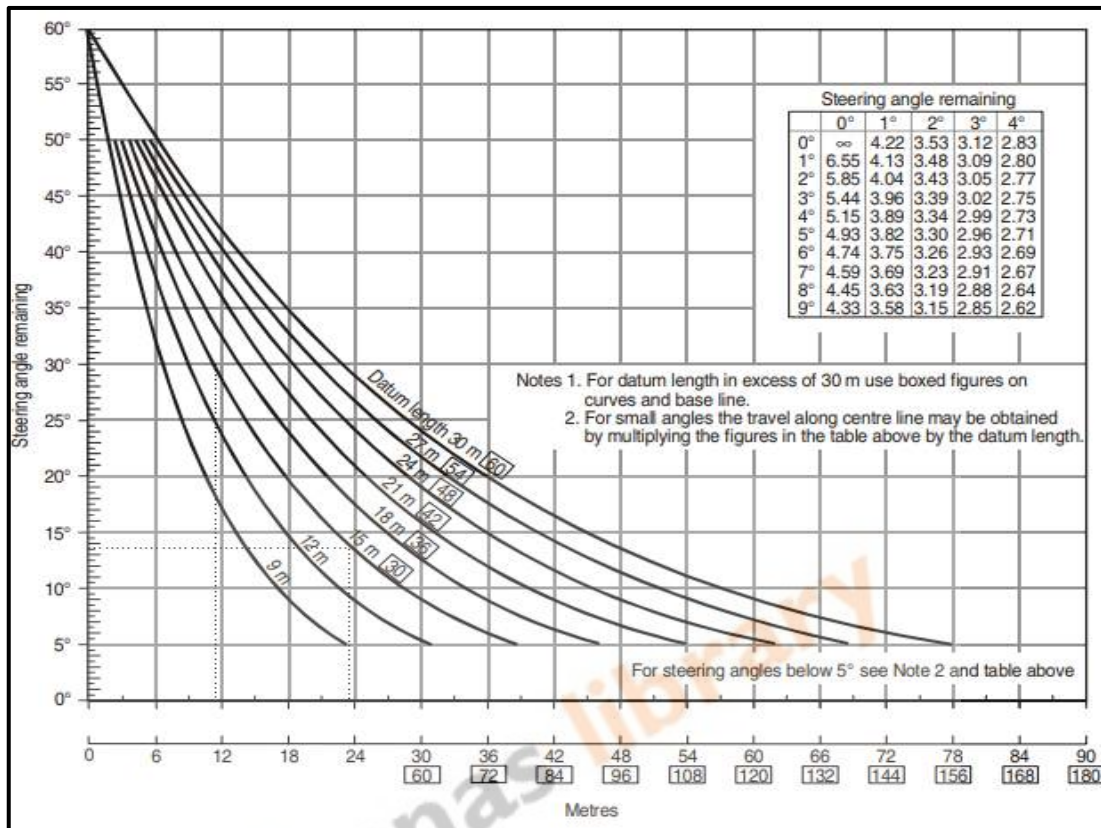
Gambar 2.5 Grafik saat Sudut Kemudi (β) Dan Deviasi Dari Pusat Bawah Utama.



Sumber : ICAO, 2005

Gambar 2.6 Grafik Penambahan Sudut Kemudi Saat Berbelok (β_2)

- j. Menentukan panjang L1 dengan menggunakan Gambar 2.7
- k. Menentukan panjang L2 dengan menggunakan Gambar 2.7



Sumber : ICAO, 2005

Gambar 2.7 Grafik Pengurangan Sudut Kemudi Setelah Berbelok

- 1. Menghitung panjang L3 dengan menggunakan Rumus 2.5

$$L_3 = L_1 - L_2 \dots \dots \dots (2.5)$$

dengan :

- L_1 = Jarak berdasarkan Gambar 2.7 (m).
- L_2 = Jarak berdasarkan Gambar 2.7 (m).
- L_3 = selisih dari $L_1 - L_2$ (m).

m. Menghitung panjang ℓ dengan menggunakan Rumus 2.6 :

$$\ell = L_3 - d \dots \dots \dots (2.6)$$

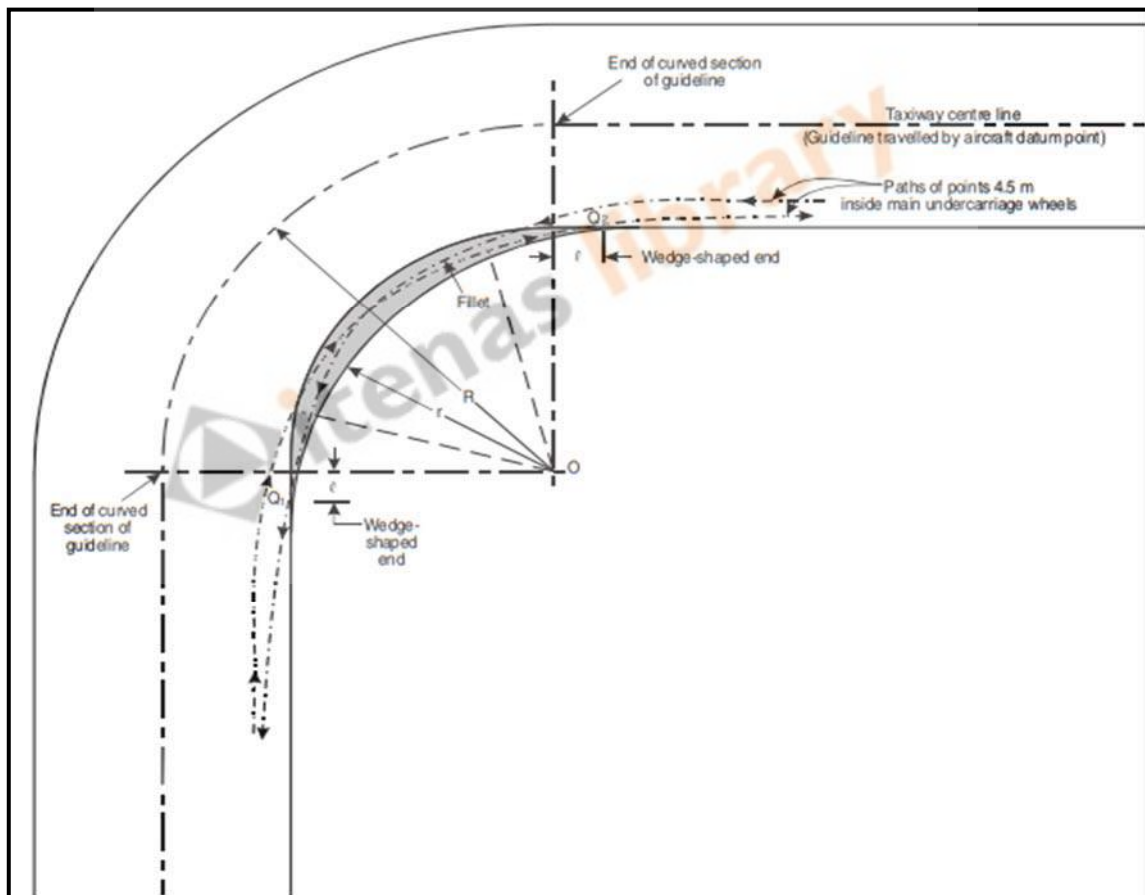
dengan :

ℓ = wedge shape end (m).

L_3 = selisih dari $L_1 - L_2$. (m).

d = panjang datum (m).

Gambar 2.8 menunjukkan gambar desain *fillet taxiway* menggunakan radius sumbu *taxiway* (R), radius lengkung *fillet* (r) dan *wedge shaped end* (ℓ).



Sumber : ICAO, 2005

Gambar 2.8 *Fillet* Menggunakan Metode *Arc and Tangent*

2.8 Studi Terdahulu

Studi terdahulu pada penelitian ini dilakukan oleh Sofwan, E.B (2015), yang berjudul “Perencanaan Struktur Perkerasan dan Perluasan *Fillet* di *Taxiway* Bandar Udara Radin Inten II Lampung Selatan”. Studi ini memiliki kesimpulan yaitu kurangnya ukuran *fillet* eksisting yang sesuai dengan ketentuan, luasan *fillet* tambahan yang didapat sebesar 323,78 m² dengan radius *fillet* R 16 ft sehingga *wheel clearance* pesawat terpenuhi.

