

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Transportasi adalah proses pemindahan atau pengangkutan manusia, hewan dan barang dari suatu tempat menuju tempat lain dengan menggunakan alat transportasi berupa makhluk hidup atau mesin. Secara umum ada tiga macam alat transportasi yang kita kenal yaitu transportasi darat, laut dan udara. Khususnya transportasi udara, dalam meningkatkan pelayanan dan fasilitas sisi udara untuk memenuhi permintaan jasa angkutan udara, maka perlu dilakukan perencanaan fasilitas sarana prasarana terutama fasilitas struktur perkerasan landas pacu (*runway*).

Struktur perkerasan landasan pacu yang termasuk dalam perkerasan lentur (*flexible pavement*) sangat dipengaruhi oleh nilai daya dukung tanah, beban pesawat dan nilai CBR tanah dasar. Semakin besar nilai kekuatan dan ketebalan perkerasan landasan pacu maka semakin banyak pesawat yang bisa dilayani oleh bandar udara. Sebaliknya jika semakin kecil kekuatan dan ketebalan landasan pacu maka operasional pesawat yang dilayani akan dibatasi.

Bandar Udara Sibisa terletak di Kecamatan Ajibata, Kabupaten Toba Samosir, Provinsi Sumatera Utara adalah salah satu bandar udara di Indonesia yang resmi beroperasi pada tanggal 15 November 2016. Daerah Bandar Udara Sibisa merupakan daerah yang termasuk dalam kategori nilai daya dukung tanah rendah atau nilai CBR *subgrade low* dan daerah yang tidak memiliki ketersediaan material untuk lapisan pondasi bawah (*subbase course*).

Secara umum lapisan struktur perkerasan lentur terdiri dari lapisan permukaan (*surface*), lapisan pondasi atas (*base course*) dan lapisan pondasi bawah (*subbase course*). Dengan kategori nilai CBR *subgrade low* dan ketidak tersedianya material untuk lapisan pondasi bawah menjadi hal yang menarik untuk diteliti mengenai perencanaan struktur perkerasan fasilitas landasan pacu sisi Bandar Udara Sibisa. Oleh karena itu penelitian ini akan menganalisis pengaruh nilai CBR pondasi bawah yang bervariasi atau berbeda dengan kemampuan perkerasan PCN 11 pada perkerasan lentur (*flexible pavement*) landasan pacu bandar udara sibisa.

1.2 Rumusan Masalah

Dalam penulisan tugas akhir ini, penulis mengambil topik penelitian pada ketebalan lapisan-lapisan perkerasan lentur landasan pesawat. Dimana dalam hal ini ketebalan lapisan-lapisan tanah terlalu tinggi akibat nilai CBR tanah dasar yang terlalu rendah, sehingga biaya yang dikeluarkan untuk timbunan lapisan tanah menjadi sangat besar. Oleh karena itu penelitian ini dilakukan untuk merencanakan perkerasan lentur landasan pacu dengan variasi nilai CBR pada lapisan pondasi bawah yang berbeda, sehingga tebal lapisan tanah pada perkerasan lentur landasan pacu dapat dioptimalkan menjadi lebih efisiensi dan biaya yang dikeluarkan menjadi lebih hemat.

1.3 Tujuan Penelitian

Dari rumusan masalah yang dijelaskan di atas, tujuan yang ingin dicapai oleh penulis yaitu sebagai berikut :

1. Mendapatkan hubungan peningkatan nilai CBR lapisan pondasi bawah dan tebal lapisan perkerasan.
2. Mencari rasio harga material struktur perkerasan dengan peningkatan nilai CBR lapisan pondasi bawah (harga satuan diambil dari HSD kota Medan-Sumatera Utara).
3. Menentukan desain yang paling optimum ditinjau dari segi harga.

1.4 Batasan Masalah

Dalam penulisan Tugas Akhir ini penulis membatasi penelitian masalah agar ruang lingkup penelitian tidak terlalu meluas dan memudahkan dalam penelitian.

1. Tempat penelitian dilakukan di Bandar Udara Sibisa, Toba Samosir.
2. Data pesawat yang digunakan diambil dari Bandar Udara DR. Ferdinand Lumbantobing.
3. Perkuatan tambahan seperti geosintetik tidak diperhitungkan.
4. Analisis penurunan tidak diperhitungkan pada penelitian ini.
5. Jenis perkerasan yang digunakan adalah perkerasan lentur dengan CBR tanah dasar 6%.
6. Material yang digunakan diambil dari ketersediaan material setempat dengan standart harga material Sumatera Utara.

7. Tugas akhir tidak mempertimbangkan proyeksi peningkatan penumpang.
8. Metode yang digunakan adalah metode FAA.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini sebagai berikut :

1. Dapat mengetahui tata cara perencanaan lentur (*flexible pavement*) pada landasan pacu (*runway*).
2. Dapat melakukan optimasi struktur perkerasan pada perencanaan perkerasan lentur di bandar udara.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam laporan Tugas Akhir ini terdiri dari :

a. Bab I Pendahuluan

Bab ini membahas latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian, sistematika penulisan.

b. Bab II Tinjauan Pustaka

Bab ini membahas teori-teori, referensi, studi pustaka dan rumus-rumus yang digunakan oleh penulis untuk mendukung penelitian yang diperoleh dari berbagai sumber.

c. Bab III Metodologi Penelitian

Bab ini berisi tentang metodologi analisis yang digunakan dalam penelitian untuk memperoleh data, melakukan evaluasi dan analisa sesuai dengan tujuan yang sudah diuraikan di atas.

d. Bab IV Analisa Dan Pembahasan

Bab ini menjelaskan tentang uraian data, hal-hal yang akan di evaluasi dan di analisa untuk mengetahui pengaruh nilai CBR pada lapisan-lapisan tanah.

e. Bab V Kesimpulan Dan Saran

Bab ini merupakan bagian akhir dari penulisan Tugas Akhir ini yang berisikan kesimpulan dan saran mengenai hasil penelitian yang telah dilakukan oleh penulis. Pada akhir penulisan akan dilampirkan daftar pustaka dan lampiran yang berisi data-data pendukung penyelesaian pengolahan data.

1.7 Time Schedule

Tabel 1.1 Jadwal Pengerjaan Tugas Akhir

No	Uraian Pekerjaan	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sept	Okt
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	Pengajuan Judul dan Bimbingan Judul TA	■							
2	Pengerjaan untuk Proposal TA	■							
3	Seminar Proposal		■						
4	Pengerjaan dan Asistensi TA			■	■	■	■		
5	Seminar Hasil							■	
6	Revisi Seminar Hasil							■	
7	Penyelesaian Laporan Akhir								■

1.8 Rencana Anggaran Biaya

Tabel 1.2 Rencana Anggaran Biaya

No	Uraian Pekerjaan	Vol	Satuan	Harga (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
1	Mengumpulkan referensi	3	Bh	80.000	240.000
2	Browsing internet	2	Ls	75.000	150.000
3	Pengerjaan proposal	5	Ls	10.000	50.000
4	Seminar proposal	1	Ls	500.000	500.000
5	Pengumpulan data dan pengerjaan proposal	2	Ls	200.000	400.000
6	Analisis data	3	Ls	50.000	150.000
7	Laporan seminar	1	Ls	500.000	500.000
8	Sidang meja hijau	1	Ls	1.500.000	1.500.000
Total (Rp)					3.490.000

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Bandar Udara adalah suatu kawasan di daratan atau perairan dengan batas-batas tertentu yang digunakan sebagai tempat pesawat udara untuk mendarat, lepas landas, naik turun penumpang, bongkar muat barang dan tempat perpindahan antar moda transportasi yang dilengkapi dengan fasilitas keselamatan dan keamanan perbangan serta fasilitas pokok penunjang lainnya.

Bandar Udara atau bandara memiliki penyebutan populer saat ini disebut airport. Suatu bandara yang paling sederhana atau kecil minimal memiliki sebuah landasan pacu atau helipad, sedangkan untuk bandara yang besar memiliki berbagai fasilitas seperti operator layanan penerbangan, bangunan terminal, hanggar, toko-toko, restoran dan lain sebagainya. Dari penjelasan dan pengertian bandar udara tersebut, kita dapat mengambil kesimpulan bahwa fasilitas yang disediakan dan kemampuan yang dapat dilayani oleh bandar udara menjadikannya sebagai tempat yang sangat berpengaruh terhadap kegiatan transportasi udara.

Untuk menunjang kegiatan transportasi udara khususnya landasan pacu perlu dilakukan perencanaan perkerasan yang baik dan teruji keamanannya secara analitis untuk didarati atau ditempati oleh transportasi udara. Perencanaan perkerasan landasan pacu umumnya dirancang dalam beberapa lapisan dengan setiap lapisan direncanakan dengan ketebalan yang cukup memadai untuk memastikan bahwa beban yang diterima tidak akan mengalami kegagalan. Perencanaan perkerasan yang dimaksud disini adalah perkerasan yang dibuat dengan menggunakan bahan berupa beton semen atau beton aspal sehingga menghasilkan lapisan-lapisan kedap air dengan stabilitas yang tinggi dan daya tahan yang lama.

2.2 Konfigurasi Bandar Udara

Konfigurasi bandar udara adalah jumlah dan arah (orientasi) landasan serta penempatan bangunan terminal termasuk lapangan parkirnya yang relatif terhadap landasaan pacu. Dalam hal ini bandar udara memiliki salah satu komponen yang sangat berpengaruh yaitu landasan pacu, jumlah landasan pacu tergantung pada volume lalu lintas pesawat, arah mata angin dan luas daerah yang dimiliki untuk

pengembangan bandar udara dalam hal mendukung fasilitas dan kegiatan yang dilakukan. Tujuan yang paling penting dalam perencanaan bandar udara adalah perencanaan landasan pacu (*runway*), landasan hubung (*taxiway*) dan tempat parkir (*apron*). Dalam penelitian ini yang akan dibahas adalah landasan pacu.

2.2.1 Landasan Pacu (*Runway*)

Landasan pacu adalah jalur perkerasan yang dipergunakan oleh pesawat terbang untuk mendarat (*landing*) dan lepas landas (*take-off*). Operasional pesawat terbang dan volume lalu lintas yang direncanakan sangat mempengaruhi karakteristik perencanaan landasan pacu dimana elemen dasar landasan pacu umumnya memiliki lapisan yang secara struktural mampu untuk mendukung beban pesawat yang dilayaninya. Menurut Horonjeff Tahun 1988 sistem *runway* di suatu bandara terdiri dari perkerasan struktur, bahu landasan (*shoulder*), bantal hembusan (*blast pad*) dan daerah aman *runway* (*runway and safety area*).

Perencanaan landasan pacu dibuat dengan perhitungan tertentu sehingga permukaan landasan tetap kering meskipun pada keadaan musim hujan dan tidak tergenang oleh air. Hal ini berguna untuk menghindari pesawat mengalami *aquaplaning* (kondisi dimana ban kehilangan penapakan pada permukaan aspal) terutama saat pesawat melakukan pendaratan. Selain itu hal lain yang perlu diperhitungkan adalah penempatan pencahayaan tepi kanan, kiri serta ujung landasan pacu dan tiang-tiang navigasi yang sangat membantu pada saat cuaca buruk atau penerbangan di malam hari.

Pada dasarnya landasan pacu direncanakan dan diatur untuk :

1. Memenuhi persyaratan pemisahan lalu lintas udara.
2. Meminimalisasi gangguan akibat operasional suatu pesawat dengan pesawat lainnya serta akibat penundaan pendaratan.
3. Memberikan jarak landas hubung sependek mungkin antara landasan pacu dengan daerah terminal.
4. Memberikan jumlah landasan hubung yang cukup sehingga pesawat yang mendarat dapat meninggalkan landasan pacu secepat mungkin dan mengikuti rute yang paling pendek ke daerah terminal.

Perencanaan fisik landasan pacu merupakan salah satu unsur penting di dalam perencanaan konstruksi sebuah bandar udara. Dalam merencanakan landasan pacu

ada beberapa karekteristik fisik landasan pacu yang penting dan diperhatikan secara utama yaitu :

1. Penempatan dan arah landas pacu

Penempatan dan arah landas pacu bergantung kepada factor kegunaan (*usability factor*) yang ditentukan oleh distribusi angin, jumlah, penempatan, dan arah landas pacu.

2. Panjang landas pacu *actual*

Panjang landas pacu *actual* merupakan panjang landas pacu efektif yang digunakan pesawat rencana untuk melakukan lepas landas. Panjang landas pacu merupakan hasil koreksi dari *Aeroplane Reference Field Length* (ARFL) terhadap factor kondisi lingkungan, misalnya elevasi, temperature, dan kelandaian landas pacu (*runway*).

3. Lebar landas pacu

Beberapa factor yang mempengaruhi lebar landas pacu, antara lain: sudut deviasi pesawat terhadap garis tengah (*centre line*) landas pacu saat mendarat, kondisi angin melintang (*crosswind*), *rubber deposit* pada landas pacu, kecepatan pendaratan pesawat, visibilitas, sampai dengan factor manusia. Lebar minimum landasan pacu yang telah ditentukan sebagai berikut :

Tabel 2.1 Lebar Minimum Landasan Pacu

Nomor Kode	Huruf Kode					
	A	B	C	D	E	F
1	18 m	18 m	23 m	-	-	-
2	23 m	23 m	30 m	-	-	-
3	30 m	30 m	30 m	45 m	-	-
4	-	-	45 m	45 m	45 m	60 m

Sumber: *Dirjen Perhubungan Udara No.KP 93, 2015*

4. Permukaan dan kekuatan landasan pacu

Untuk memenuhi fungsi dari landas pacu umumnya lapisan permukaan perkerasan dibuat dengan menggunakan beton semen (perkerasan kaku) atau beton aspal (perkerasan lentur) sehingga menghasilkan lapisan kedap air dengan stabilitas yang tinggi dan memiliki daya tahan yang cukup lama.

Selain karakteristik landasan pacu yang disebutkan di atas, dalam merencanakan perkerasan landasan pacu ada beberapa sistem dan unsur-unsur pada landasan pacu (*runway*) yang perlu diperhatikan yaitu :

- a. Perkerasan struktur, yaitu area yang digunakan untuk mendukung stabilitas pesawat saat mendarat dan juga lepas landas karena berhubungan dengan beban struktur, kemampuan kemudahan gerak (*manuver*), kriteria dimensi dan operasinya.
- b. Bahu landasan (*shoulder*), yaitu area pembatas pada *system runway* yang letaknya berdekatan dengan pinggir perkerasan struktur dan berfungsi untuk menahan erosi, hembusan jet dan menampung peralatan untuk pemeliharaan serta keadaan darurat.
- c. Bantal hembusan (*blast pad*), yaitu area yang dirancang untuk mencegah erosi permukaan yang berdekatan dengan ujung-ujung runway yang menerima hembusan jet terus-menerus atau yang berulang. Panjang blast pad ini umumnya 100 feet (30 m), namun sebaiknya 200 feet (60 m) untuk bandara yang diperuntukkan bagi pesawat-pesawat transport. Sementara itu untuk pesawat yang berbadan lebar panjang blast pad yang dibutuhkan adalah 400 feet (120 m).
- d. Daerah aman runway (*runway end safety area*), yaitu area yang bersih dari benda-benda yang mengganggu, diberi drainase. Area aman ini harus mendukung peralatan pemeliharaan dan juga harus mampu mendukung pesawat jika seandainya pesawat keluar dari *runway* pada saat *take-off* atau *landing*.

2.2.2 Konfigurasi Landasan Pacu

Dalam menunjang operasional pesawat terbang, landasan pacu memiliki beberapa bentuk dasar konfigurasi sebagai berikut :

- a. Landasan Pacu Tunggal (*single runway*)

Landasan pacu tunggal merupakan konfigurasi bandar udara yang sederhana, dimana landasan pacu ini bisa dijumpai di banyak bandara. Kapasitas konfigurasi landasan pacu ini berada pada 50-100 per jam dalam kondisi VFR dan 50-70 per jam dalam kondisi IFR. VFR (*Visual Flight Rules*) adalah keadaan cuaca yang kurang baik terutama jarak pandang yang rendah

menyebabkan penerbangan tidak dapat menerbangkan pesawat dengan dengan cara konvensional. IFR (*Instrument Flight Rules*) adalah teknologi penerbangan yang memungkinkan penerbang untuk menerbangkan pesawat tanpa melihat keluar, hanya mengikuti panduan instrument di dalam pesawat.

b. Landasan Pacu Sejajar (*Parallel Runway*)

Landasan pacu sejajar didesain menampung kapasitas yang lebih banyak dari pada landasan pacu tunggal. Sistem landasan ini berdasarkan pada jumlah landasannya dan jarak diantaranya. Untuk landasan pacu yang berjarak rapat, menengah dan renggang dalam kondisi kapasitas VFR berada di antara 100-200 per jam. Sedangkan pada kondisi IFR berada pada 50-60 per jam, kedua kondisi kapasitas tersebut tergantung pada jarak landasan pacu.

c. Landasan Pacu Dua Jalur

Landasan pacu dua jalur adalah landasan yang terdiri dari dua landasan sejajar yang dipisahkan dan berdekatan dengan *taxiway*. Walaupun kedua landasan ini dapat dipakai untuk operasi penerbangan campuran tetapi pengoperasian landasan ini diatur dengan landasan terdekat dari terminal sebagai keberangkatan pesawat dan landasan jauh untuk kedatangan pesawat.

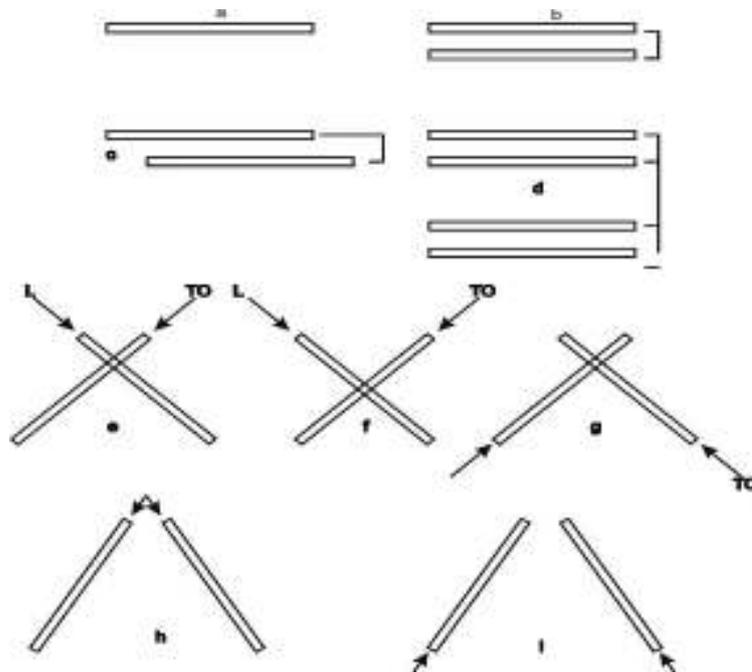
d. Landasan Pacu Berpotong (*Intersecting Runway*)

Landasan pacu berpotong merupakan landasan pacu yang terdiri dari dua atau lebih landasan pacu yang berbeda arah yang saling berpotongan. Landasan seperti ini didesain karena mempertimbangkan arah angin di sekitar daerah daerah bandar udara. Ketika kondisi angin yang relatif kuat berhembus lebih dari satu arah akan mengakibatkan crosswind (angin kencang yang berhembus dari arah samping) berlebihan yang tentunya berbahaya apabila hanya terdapat satu landasan pacu saja. Dengan adanya landasan pacu lain yang arah berpotongan maka akan mereduksi potensi bahaya akibat pengaruh crosswind tersebut.

e. Landasan Pacu V Terbuka (*Open-V Runway*)

Konsep desain landasan ini seperti huruf V. Landasan pacu V terbuka memiliki konsep yang hampir mirip dengan landasan pacu yang berpotong tetapi kedua landasan tidak saling berpotong.

Gambar 2.1 Konfigurasi Landasan Pacu (*Runway*)



Sumber: <http://e-journal.uajy.ac.id/2997/3/2TA12303.pdf>

Keterangan :

L (landing)

TO (lepas landas)

Landasan tunggal (a)

Landasan sejajar (b, c dan d)

Landasan berpotong (e, f dan g)

Landasan V terbuka (h dan i)

2.3 Karakteristik Pesawat Terbang

Sebelum merencanakan pembangunan atau perkerasan landasan pacu (*runway*) dibutuhkan pengetahuan dan informasi mengenai karakteristik pesawat terbang yang akan dilayani dalam menentukan tebal perkerasan dan prasarana yang akan digunakan. Karakteristik pesawat terbang yang dibutuhkan adalah :

a. Berat (weight)

Berat pesawat diperlukan untuk merencanakan dan menentukan kekuatan dari perkerasan (*pavement*) serta ketebalannya.

b. Ukuran (size)

Ukuran lebar dan panjang pesawat mempengaruhi ukuran dari panjang dan lebar landasan pacu dan landasan hubung (*taxiway*).

c. Kapasitas Penumpang

Kapasitas penumpang berpengaruh terhadap perhitungan perencanaan kapasitas landasan pacu dan fasilitas seperti gedung-gedung.

d. Panjang Landasan Pacu

Berpengaruh terhadap luas daerah yang dibutuhkan oleh landasan pacu dalam suatu bandar udara.

e. Konfigurasi Roda Pendaratan

Konfigurasi roda pendaratan berperan penting dalam mendistribusikan berat pesawat terhadap permukaan perkerasan landasan. Ada beberapa jenis konfigurasi roda pendaratan antara lain :

Tabel 2.2 Jenis-Jenis Konfigurasi Roda Pendaratan

No	Konfigurasi Roda Pendaratan	
1	<i>Single Wheel</i> (pendaratan roda tunggal)	0
2	<i>Dual Wheel</i> (pendaratan roda ganda)	0+0
3	<i>Dual Tandem</i> (pendaratan roda ganda tandem)	0+0 0+0
4	<i>Double Dual Tandem</i> (pendaratan roda ganda dua tandem)	0+0 0+0 0+0 0+0

Sumber: Dirjen Perhubungan Udara No.KP 93, 2015

2.4 CBR (California Bearing Ratio)

California Bearing Ratio adalah merupakan suatu perbandingan antara beban percobaan (*test load*) dengan beban standar (*standard load*) dan dinyatakan dalam presentase. Metode ini mengkombinasikan percobaan pembebanan di laboratorium atau di lapangan dengan tujuan untuk mengetahui nilai kadar air pemadatan dalam menentukan kekuatan lapisan tanah dasar. Nilai yang di dapatkan dari percobaan tersebut akan digunakan untuk menentukan tebal lapisan perkerasan yang akan digunakan pada perencanaan perkerasan lentur.

Harga CBR adalah nilai yang menyatakan kualitas tanah dasar dibandingkan dengan bahan standar berupa batu pecah yang mempunyai nilai CBR sebesar 100% dalam memikul beban di atasnya dan nilai CBR dinyatakan dalam bentuk persen (%). Secara umum ada beberapa material yang digunakan dalam suatu konstruksi perkerasan yaitu :

Tabel 2.3 Nilai CBR Material Tanah

Material	CBR (%)
Agregat pecah padat – bergradasi biasanya digunakan untuk pondasi perkerasan	100
Agregat alami padat - bergradasi biasanya digunakan untuk pondasi perkerasan	80
Batu kapur	80
Pasir campuran	50-80
Pasir berbutir kasar	20-50
Pasir berbutir halus	10-20
Tanah lempung	< 3

Sumber: <http://ejournal.borobudur.ac.id> & CBR (California Bearing Ratio) - sipil.id

2.5 Perkerasan Landasan Pacu

Sebuah landasan pacu yang dilalui oleh roda pesawat dapat menyebabkan terjadinya perubahan bentuk pada lapisan permukaan dan lapisan dibawahnya. Dengan demikian pesawat yang terus berulang melakukan pergerakan akan menghasilkan pengulangan beban yang semakin lama akan memberikan efek kerusakan pada perkerasan landasan. Perkerasan dapat artikan sebagai struktur yang terdiri dari beberapa lapisan kekerasan dan daya dukung yang berlainan yang dibuat dari bahan-bahan pilihan. Perencanaan perkerasan pada landasan pacu secara umum memiliki konsep dasar yang sama dengan perkerasan pada jalan raya, dimana perkerasan dilakukan berdasarkan pertimbangan beban yang bekerja dan kekuatan material perkerasan yang digunakan. Selain itu fungsi perkerasan landasan pacu secara umum juga memiliki konsep yang sama dengan jalan raya yaitu mendistribusikan beban ke tanah dasar.

Menurut (Basuki, 2008) perkerasan landasan pacu berfungsi sebagai tumpuan rata-rata pesawat dengan permukaan yang rata akan menghasilkan jalan pesawat yang *comfort*, sehingga harus dijamin bahwa tiap-tiap lapisan dari atas ke bawah cukup kekerasan dan ketebalannya sehingga tidak mengalami *distress* (perubahan lapisan karena tidak mampu menahan beban). Dengan demikian faktor utama yang menjadi salah satu penentu dalam perencanaan perkerasan lentur adalah tanah

dasar. Tanah dasar yang memiliki daya dukung besar akan membuat tebal lapisan perkerasan yang dibutuhkan akan semakin minimum dan biaya konstruksi berkurang. Sebaliknya tanah dasar yang memiliki nilai daya dukung kecil akan membuat tebal lapisan perkerasan yang dibutuhkan semakin besar dan biaya konstruksi bertambah besar.

Secara umum konstruksi perkerasan dibedakan menjadi dua yaitu perkerasan lentur (*flexible pavement*) yang menggunakan aspal dan agregat bermutu tinggi sebagai pengikat dan perkerasan kaku (*rigid pavement*) yang menggunakan semen sebagai pengikat (*portland cement*).

2.5.1 Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

Perkerasan lentur (*flexible pavement*) adalah perkerasan yang umumnya menggunakan bahan campuran beraspal sebagai lapisan pengikat pada permukaan serta bahan berbutir atau agregat sebagai lapisan di bawahnya. Menurut (Basuki, 2008) perkerasan lentur adalah suatu perkerasan yang mempunyai sifat elastis. Sifat elastis ini maksudnya adalah perkerasan akan melendut saat diberi pembebanan. Perkerasan lentur pada umumnya terdiri dari empat struktur lapisan yaitu :

1. Lapisan Permukaan (*Surface Course*)

Lapisan permukaan atau lapisan atas adalah lapisan yang menerima secara langsung pembebanan dari roda atau pesawat. Lapisan ini memiliki fungsi :

- a. Sebagai lapisan penahan beban, dimana lapisan memiliki stabilitas yang tinggi untuk menahan beban lalu lintas selama umur rencana.
- b. Sebagai lapisan kedap air, dimana lapisan mampu untuk menahan laju resapan air hujan kedalam lapisan yang ada di bawahnya.
- c. Sebagai lapisan distribusi beban, yakni lapisan mampu menyebarkan beban ke lapisan bawah yang memiliki daya dukung yang lebih baik.
- d. Sebagai lapisan *aus* (*wearing course*), yaitu lapisan yang langsung menerima gesekan akibat laju kendaraan di atasnya.

2. Lapisan Pondasi Atas (*Base Course*)

Lapisan kedua atau lapisan perkerasan setelah lapisan permukaan adalah lapisan pondasi atas. Lapisan ini memiliki fungsi antara lain :

- a. Sebagai lapisan yang menerima distribusi beban lalu lintas dari lapisan permukaan di atasnya dan menyebarkan beban ke lapisan di bawahnya.

- b. Sebagai lapisan bantalan bagi lapisan permukaan.
- c. Sebagai lapisan perserapan untuk lapisan bawah.

3. Lapisan Pondasi Bawah (*Subbase Course*)

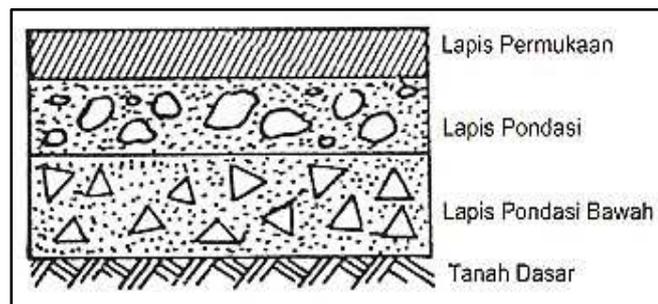
Lapisan pondasi bawah yang berada diantara lapisan pondasi atas dan tanah dasar. Pada lapisan ini pemilihan dan penggunaan material harus secara tepat dan efisien sehingga bisa mengurangi ketebalan lapisan-lapisan di atasnya sehingga biaya konstruksi bisa lebih hemat. Fungsi dari lapisan ini yaitu :

- a. Sebagai lapisan yang mendistribusikan beban lalu lintas dari lapisan-lapisan di atasnya ke tanah dasar.
- b. Sebagai lapisan peresapan untuk mencegah genangan dan kumpulan air di lapisan permukaan dan lapisan pondasi atas.
- c. Sebagai lapisan yang mencegah partikel-partikel halus dari tanah dasar naik ke lapisan di atasnya.

4. Tanah Dasar (*Subgrade*)

Lapisan ini merupakan lapisan penting dari struktur konstruksi perkerasan lentur, dimana tanah dasar ini akan sangat mendukung konstruksi perkerasan dan muatan pembebanan yang diterimanya sehingga daya dukung tanahnya harus tinggi. Tanah dasar merupakan dasar untuk peletakan struktur lapisan perkerasan. Permukaan tanah dasar bisa berupa tanah semula, tanah galian ataupun tanah timbunan.

Gambar 2.2 Struktur Lapisan Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)



Sumber: <https://www.dpupr.grobogan.go.id/info/artikel/29-konstruksi-perkerasan-lentur-flexible-pavement>

2.5.2 Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

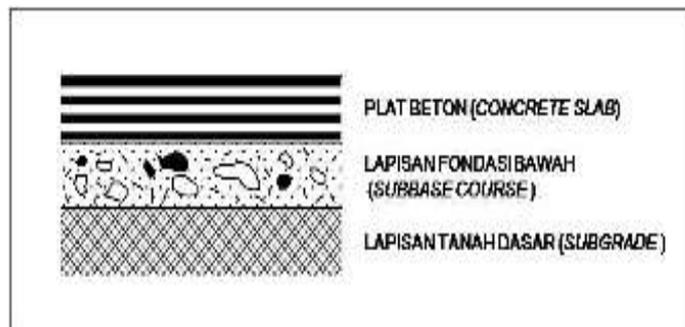
Perkerasan kaku adalah jenis perkerasan yang menggunakan konstruksi beton sebagai bahan utama perkerasan atau pengikat. Perkerasan kaku umumnya digunakan pada jalan yang memiliki kondisi lalu lintas cukup padat, akan tetapi

dalam bandar udara perkerasan kaku biasanya digunakan pada ujung landasan, daerah parkir pesawat atau daerah yang mendapat pengaruh *blas jet*.

Perkerasan kaku memiliki sifat tidak mengalami perubahan bentuk baik saat pembebanan berlangsung maupun sebelum pembebanan terjadi, dengan sifat ini perkerasan kaku akan mengalami efek kerusakan seperti pecah atau retak. Perkerasan kaku secara umum terdiri dari dua lapisan yaitu :

1. Lapisan permukaan (*surface course*) yang terbuat dari plat beton.
2. Lapisan pondasi bawah (*subbase course*)

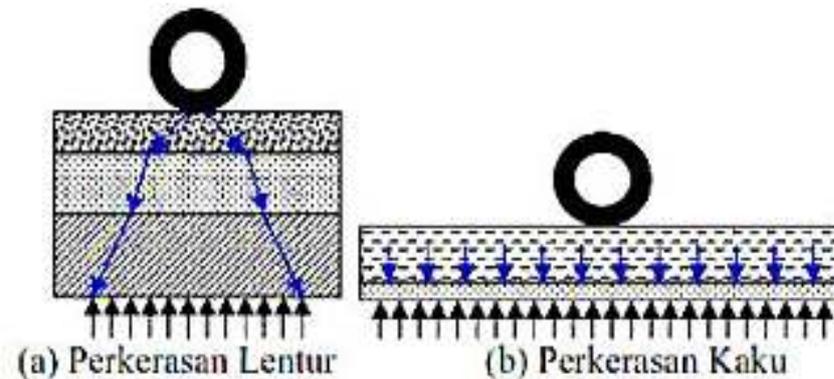
Gambar 2.3 Struktur Lapisan Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)



Sumber: <http://rezaslash.blogspot.com/2012/12/perkerasan-kaku-rigid-pavement.html>

Perbedaan utama perkerasan lentur dengan perkerasan kaku adalah cara pendistribusian beban yang diterima ke lapisan tanah dasar (*subgrade*). Perkerasan kaku mempunyai elastisitas yang tinggi dalam penyebaran beban dimana beban yang diterima akan didistribusikan pada daerah yang lebih luas ke lapisan tanah dasar, sedangkan perkerasan lentur dalam mendistribusikan beban relatif sempit atau tidak meluas terhadap lapisan tanah dasar. Berikut penggambaran perbedaan penyebaran beban pada perkerasan lentur dan perkerasan kaku :

Gambar 2.4 Distribusi Pembebanan Perkerasan Lentur dan Perkerasan Kaku



Sumber: <https://docplayer.info/docs-images/62/48016359/images/4-0.jpg>

2.6 Metode Perencanaan Perkerasan

Ada beberapa metode perencanaan perkerasan landasan pacu yaitu metode CBR (*California Bearing Ratio*), metode FAA (*Federal Aviation Administration*), metode LCN (*Load Classification Number*) dan metode Asphalt Institute. Dari berbagai metode-metode yang digunakan semuanya mempunyai tujuan yang sama yaitu untuk menghasilkan desain perkerasan yang aman dan tepat.

Pada penelitian ini metode yang akan digunakan adalah metode FAA yang mengacu pada standar perencanaan perkerasan FAA *Advisory Circular (AC)*. Metode perencanaan perkerasan ini menggunakan grafik dan tabel yang dibuat berdasarkan hasil data yang telah ada. FAA (*Federal Aviation Administration*) adalah suatu lembaga penerbangan sipil di Amerika Serikat yang bertanggung jawab sebagai pengatur dan pengawas penerbangan. Kewenangan yang dimiliki oleh lembaga FAA yaitu pembangunan dan pengoperasian bandar udara, lalu lintas udara, sertifikat personil dan pesawat penerbangan.

2.6.1 Metode FAA (Federal Aviation Administration)

Metode FAA pada dasarnya adalah pengembangan dari metode CBR dan telah banyak dipakai untuk perencanaan tebal perkerasan bandar udara di dunia. Metode FAA pertama kali dikenal pada tahun 1968, FAA telah menentukan peraturan untuk klasifikasi tanah yang digunakan dalam perencanaan perkerasan dengan menggunakan statistik perbandingan kondisi lokal dari tanah, sistem drainase dan cara pembebanan untuk berbagai tingkah laku beban. Metode FAA ini pada dasarnya mengacu pada karakteristik pesawat rencana dengan menggunakan grafik untuk menentukan tebal perkerasan landasan pacu, tingkat keberangkatan tahunan pesawat dan nilai CBR tanah dasar.

Langkah-langkah dalam menentukan perkerasan lentur yang telah ditentukan dalam metode FAA sebagai berikut :

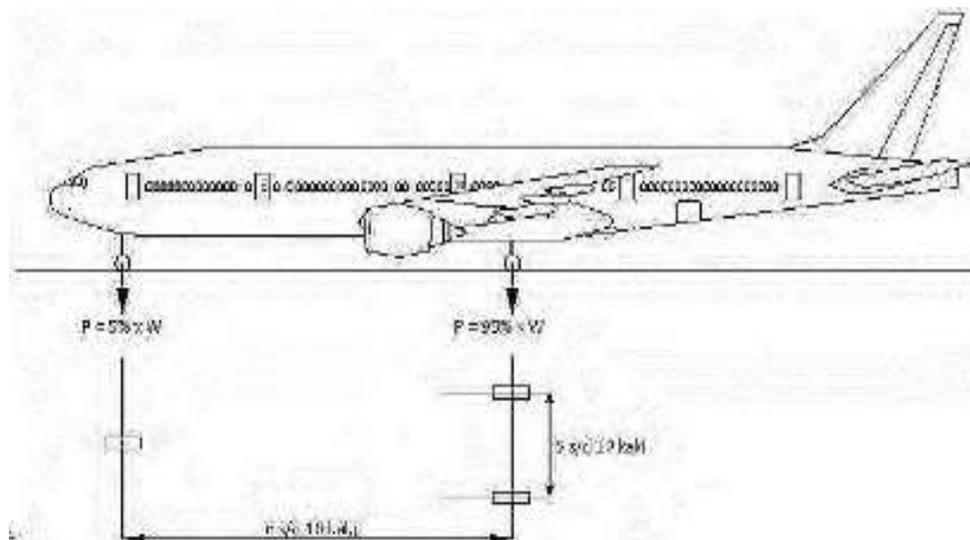
1. Menentukan Pesawat Rencana

Pesawat rencana atau pesawat kritis ditentukan berdasarkan jenis pesawat yang akan beroperasi, memiliki MSTOW (*Maksimum Structural Take Off Weight*) besar dan jumlah keberangkatan tahunan paling banyak *take-off* menggunakan landasan karena pesawat tersebut yang memberikan cakupan paling tebal dalam penggunaan tebal perkerasan.

2. Menentukan Gear Departure Tiap Pesawat (R₂)

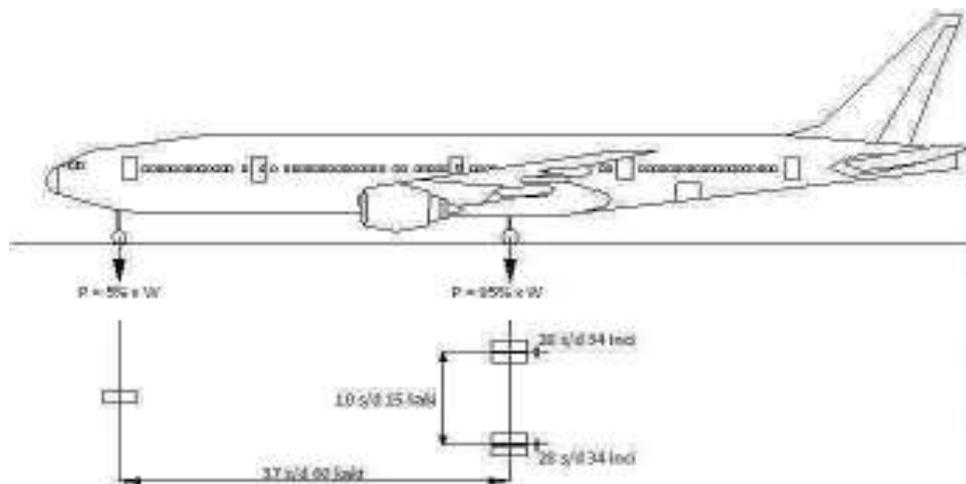
Roda pendaratan utama atau *gear departure* setiap pesawat memiliki jenis dan tipe yang berbeda. Tipe jenis roda pendaratan utama pesawat sangat berpengaruh dalam menyalurkan beban pesawat ke lapisan perkerasan. Saat lepas landas dan mendarat, roda utama (*main gear*) menerima hampir seluruh beban pesawat udara yaitu 95%, sedangkan 5% sisanya diterima oleh roda hidung (*nose gear*).

Gambar 2.5 Konfigurasi Roda Pendaratan Pesawat *Single Wheel*



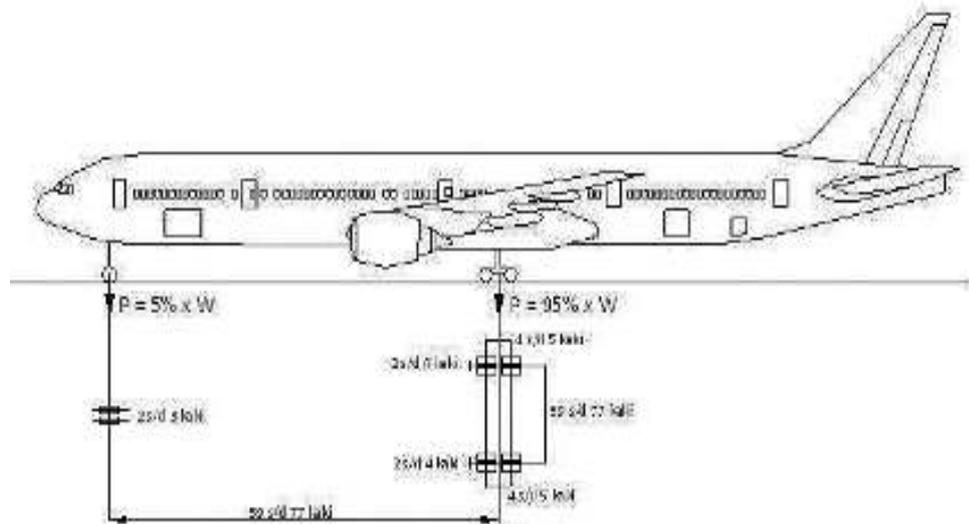
Sumber: <http://library.binus.ac.id/eColls/eThesisdoc/Bab2HTML/2011200278SPBab2001/body.html>

Gambar 2.6 Konfigurasi Roda Pendaratan Pesawat *Dual Wheel*



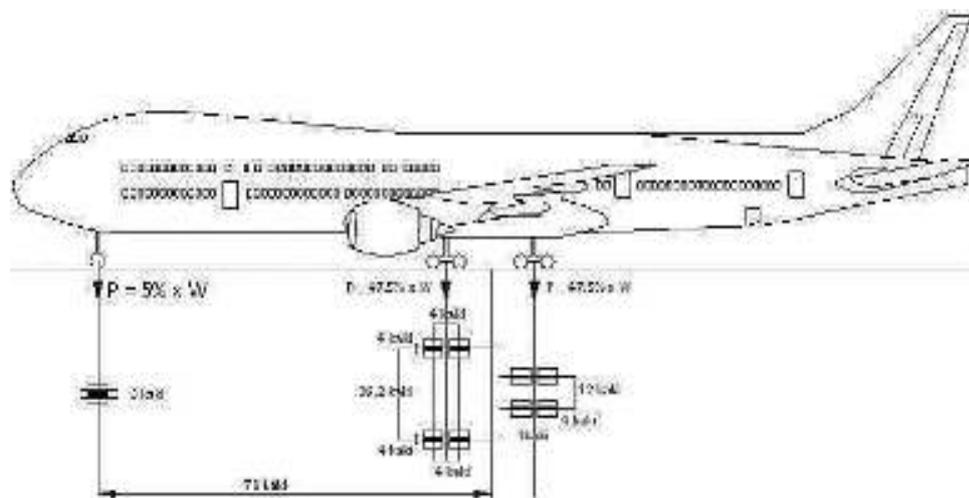
Sumber: <http://library.binus.ac.id/eColls/eThesisdoc/Bab2HTML/2011200278SPBab2001/body.html>

Gambar 2.7 Konfigurasi Roda Pendaratan Pesawat Roda *Dual Tandem*



Sumber: <http://library.binus.ac.id/eColls/eThesisdoc/Bab2HTML/2011200278SPBab2001/body.html>

Gambar 2.8 Konfigurasi Roda Pendaratan Pesawat Roda *Double Dual Tandem*



Sumber: <http://library.binus.ac.id/eColls/eThesisdoc/Bab2HTML/2011200278SPBab2001/body.html>

Di karenakan pesawat berbadan lebar dan kecil mempunyai konfigurasi roda pendaratan utama yang berbeda-beda, maka setiap jenis roda pendaratan utama pesawat perlu dikonfersi kedalam pesawat kritis. Berikut nilai roda pendaratan utama yang dikonversi dengan nilai faktor konversi yang telah di tentukan :

Tabel 2.4 Faktor Konversi Konfigurasi Landing Gear Pesawat

No	Konversi Dari		Konversi Ke		Faktor Konversi
1	Single Wheel	0	Dual Wheel	0+0	0.8
2	Single Wheel	0	Dual Tandem	0+0 0+0	0.5
3	Dual Wheel	0+0	Dual Tandem	0+0 0+0	0.6
4	Double Dual Tandem	0+0 0+0 0+0 0+0	Dual Tandem	0+0 0+0	1.0
5	Dual Tandem	0+0 0+0	Single Wheel	0	2.0
6	Dual Tandem	0+0 0+0	Dual Wheel	0+0	1.7
7	Dual Wheel	0+0	Single Wheel	0	1.3
8	Double Dual Tandem	0+0 0+0 0+0 0+0	Dual Wheel	0+0	1.7

Sumber: Dirjen Perhubungan Udara No.KP 93, 2015

3. Menghitung Beban Roda Tiap Pesawat (W_2)

Karena penyaluran beban roda pendaratan utama 95% dari total berat pesawat, maka beban tiap pesawat baik pesawat yang beroperasi maupun pesawat kritis akan dihitung untuk mendapatkan tebal perkerasan landasan pacu. Perhitungan tersebut dapat menggunakan persamaan rumus :

$$W_2 = \frac{MSTOW}{n} \cdot P \cdot 1/0.95 \quad (2.1)$$

$$W_1 = \frac{MSTOW}{n} \cdot 1/0.95 \quad (2.2)$$

Dimana :

W_2 : Beban roda pendaratan masing-masing jenis pesawat (lbs)

W_1 : Beban roda pendaratan pesawat rencana (lbs)

P : Persentase beban yang diterima roda pendaratan utama (0.95)

MSTOW : Berat kotor pesawat saat lepas landas

n : Jumlah roda pendaratan pesawat

4. Menghitung Equivalent Annual Departure (R₁)

Perencanaan struktur perkerasan harus mampu melayani pengaruh dari beban yang diakibatkan oleh berbagai macam jenis pesawat, tipe roda pendaratan dan variasi waktu beroperasinya menghasilkan suatu model lalu lintas pesawat. Model lalu lintas ini harus dikonversikan ke dalam pesawat rencana dengan *equivalent annual departures* (R₁) sehingga dapat diketahui total keberangkatan keseluruhan dari bermacam pesawat yang telah dikonversi kedalam pesawat rencana. Untuk menentukan *equivalent annual departures* dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\log R_1 = \log R_2 \left(\frac{W_2}{W_1} \right)^{0.5} \quad (2.3)$$

Dimana :

R₁ : *Annual departure* pesawat rencana

R₂ : *Annual departure* yang dinyatakan dalam *landing gear* pesawat

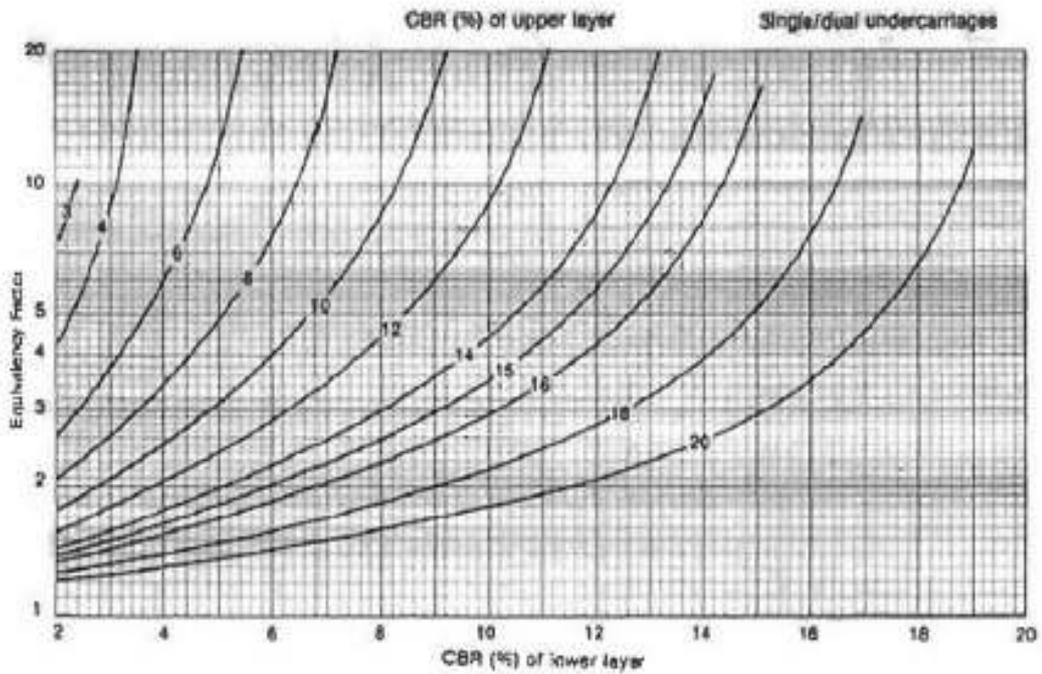
W₁ : Beban roda pesawat rencana (lbs)

W₂ : Beban roda pesawat yang harus diubah (lbs)

5. Menentukan Nilai CBR Subgrade

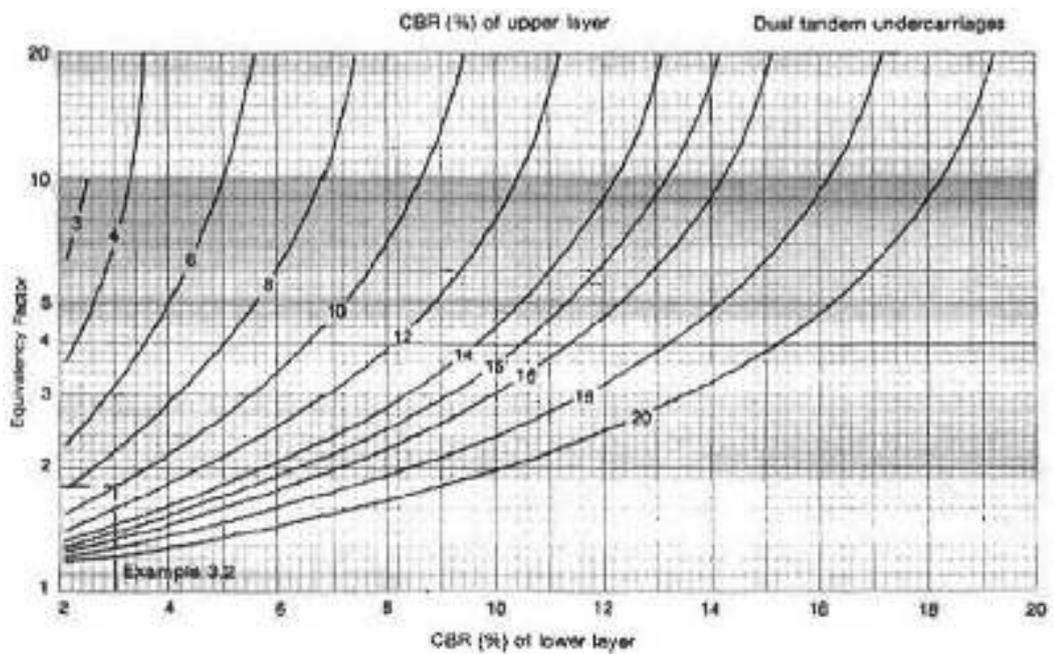
Nilai CBR *subgrade* merupakan salah satu parameter yang digunakan dalam perhitungan struktur perkerasan, semakin besar nilai CBR maka semakin besar juga nilai daya dukung tanah dasar. Besarnya nilai CBR tanah dasar akan menentukan ketebalan lapisan perkerasan yang akan dibuat di atasnya. Pada area yang memiliki nilai CBR tanah rendah seperti tanah lunak atau tanah berpasir maka pilihan yang relatif dan ekonomis dilakukan yaitu menaikkan nilai CBR tanah dengan mengganti tanah yang buruk dengan material yang lebih baik. Untuk pergantian CBR tanah dasar yang menggunakan material lain pada perkerasan lentur dapat ditentukan dengan grafik pada gambar berikut :

Gambar 2.9 Kurva Korelasi Antara CBR Subgrade Lapisan Bawah dengan Faktor Equivalen (*Single dan Dual Wheel*)



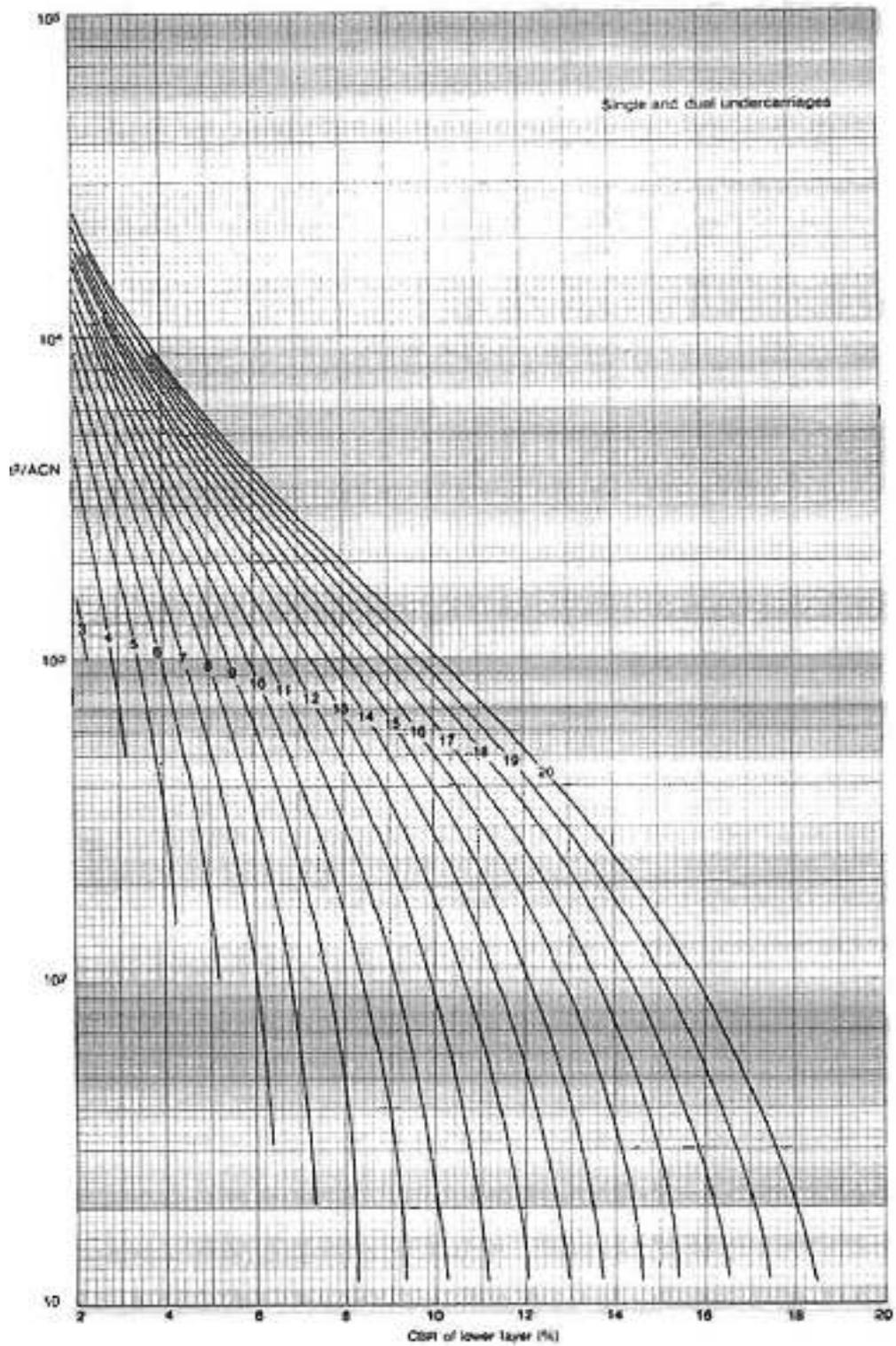
Sumber: Dirjen Perhubungan Udara No.KP 93, 2015

Gambar 2.10 Kurva Korelasi Antara CBR Subgrade Lapisan Bawah dengan Faktor Equivalent (*Dual Tandem*)



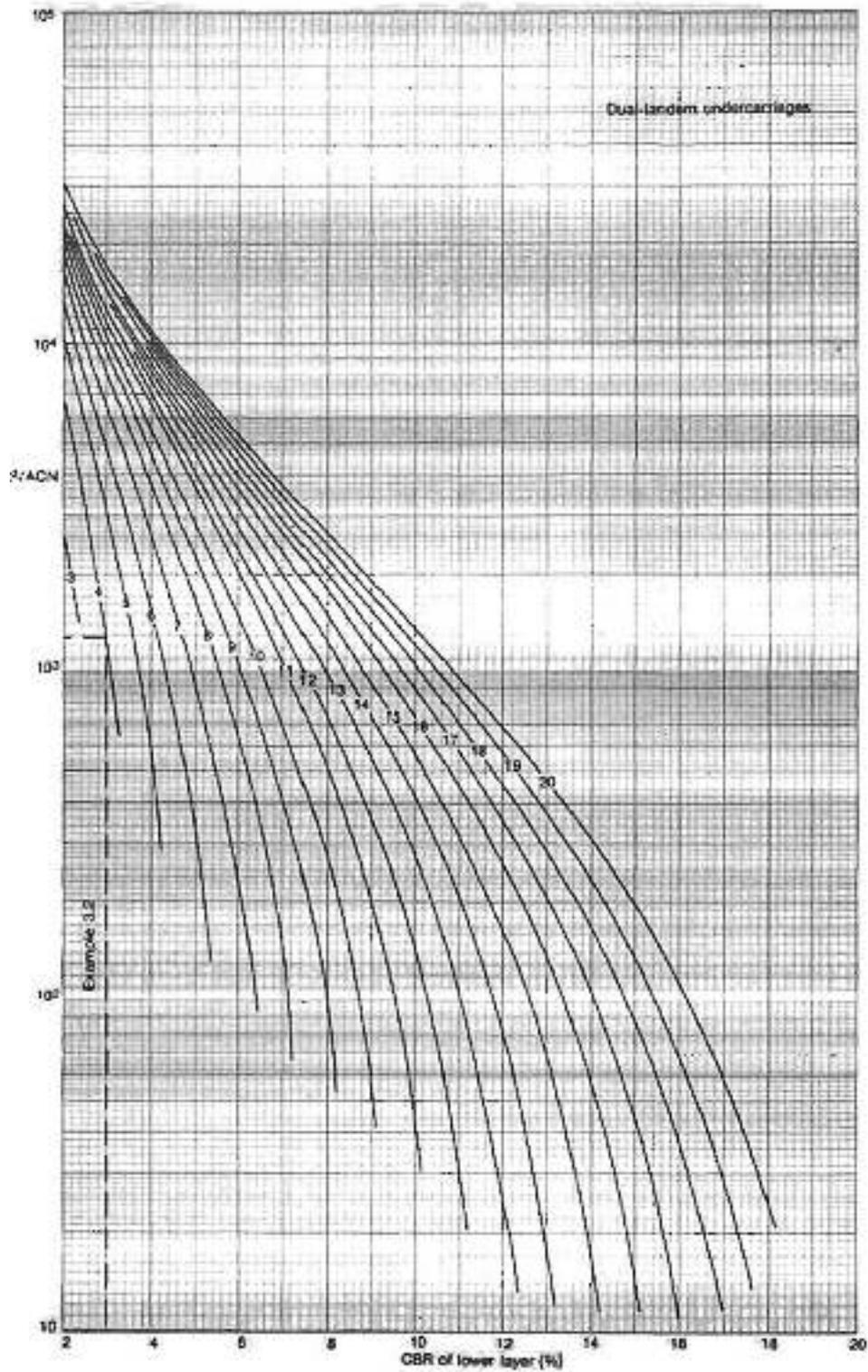
Sumber: Dirjen Perhubungan Udara No.KP 93, 2015

Gambar 2.11 Kurva Estimasi Tebal Lapisan CBR Subgrade Konfigurasi Roda *Single dan Dual Wheel*.



Sumber: Dirjen Perhubungan Udara No.KP 93, 2015

Gambar 2.12 Kurva Estimasi Tebal Lapisan CBR Subgrade Konfigurasi Roda
Dual Tandem



Sumber: Dirjen Perhubungan Udara No.KP 93, 2015

6. Menentukan Nilai Daya Dukung Perkerasan

Nilai daya dukung perkerasan yaitu kemampuan untuk menahan tekanan atau beban yang ada di atasnya dengan aman tanpa menimbulkan keruntuhan geser dan penurunan berlebih. Untuk menghitung daya dukung perkerasan dibutuhkan data berat pesawat dan nilai ACN pesawat kritis yang beroperasi. Untuk menentukan daya dukung perkerasan, digunakan persamaan sebagai berikut.

$$P = P_{\min} + (P_{\max} - P_{\min}) \left(\frac{ACN - ACN_{\min}}{ACN_{\max} - ACN_{\min}} \right) \quad (2.4)$$

Dimana :

- P : Beban yang diijinkan bekerja
- P_{\min} : Beban minimum pesawat kritis
- P_{\max} : Beban maksimum pesawat kritis
- ACN_{\min} : Nilai ACN_{\min} yang didapat untuk pesawat kritis
- ACN_{\max} : Nilai ACN_{\max} yang didapat untuk pesawat kritis

7. Menentukan Tebal Perkerasan

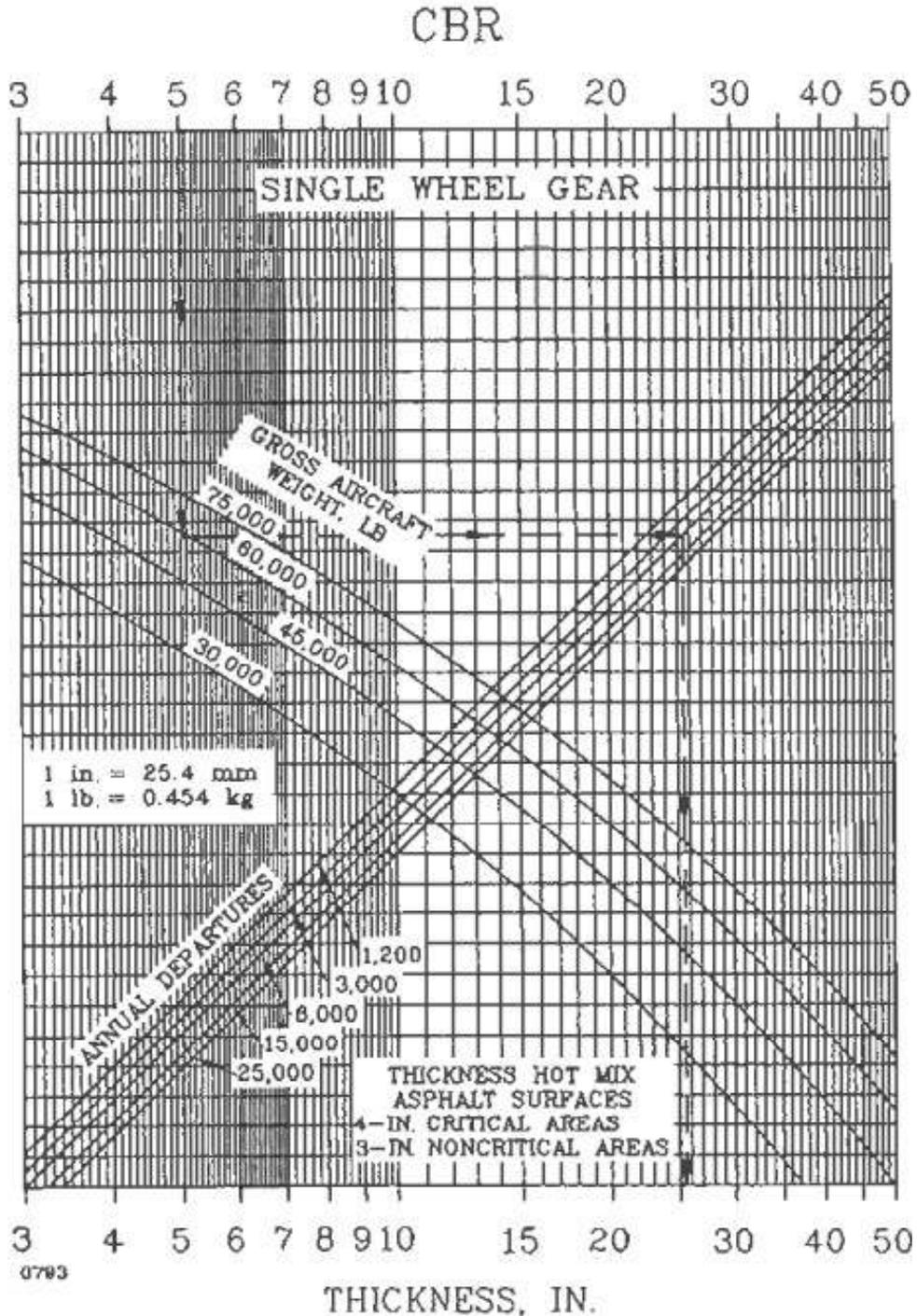
Penentuan perencanaan tebal perkerasan lentur dengan metode FAA ini adalah perencanaan dengan menggunakan korelasi hubungan antara grafik dan tabel perencanaan perkerasan lentur. Grafik dan tabel yang dibuat oleh FAA dalam perencanaan perkerasan lentur telah diakui di dunia dan dibuat berdasarkan pengalaman-pengalaman dari *corps of engineer* yang diangkat dari metode CBR dan teruji bisa digunakan selama 20 tahun, bebas dari perbaikan kecuali terjadi perubahan lalu lintas pesawat yang berbeda jauh dengan perencanaan lalu lintas pesawat. Untuk menggunakan grafik dari FAA ini diperlukan data-data seperti keberangkatan tahunan *equivalent*, CBR tanah dasar dan berat lepas landas kotor pesawat rencana, sehingga menunjukkan tebal total perkerasan (tebal lapisan permukaan + tebal pondasi atas + tebal lapisan pondasi bawah) yang dibutuhkan. Perhitungan data-data tersebut akan dijelaskan sebagai berikut :

a. Tebal perkerasan total

Untuk menghitung perencanaan perkerasan total menggunakan grafik, dapat dimulai dengan menarik garis lurus dari sumbu CBR secara vertikal ke arah berat lepas landas kotor pesawat, kemudian diteruskan secara

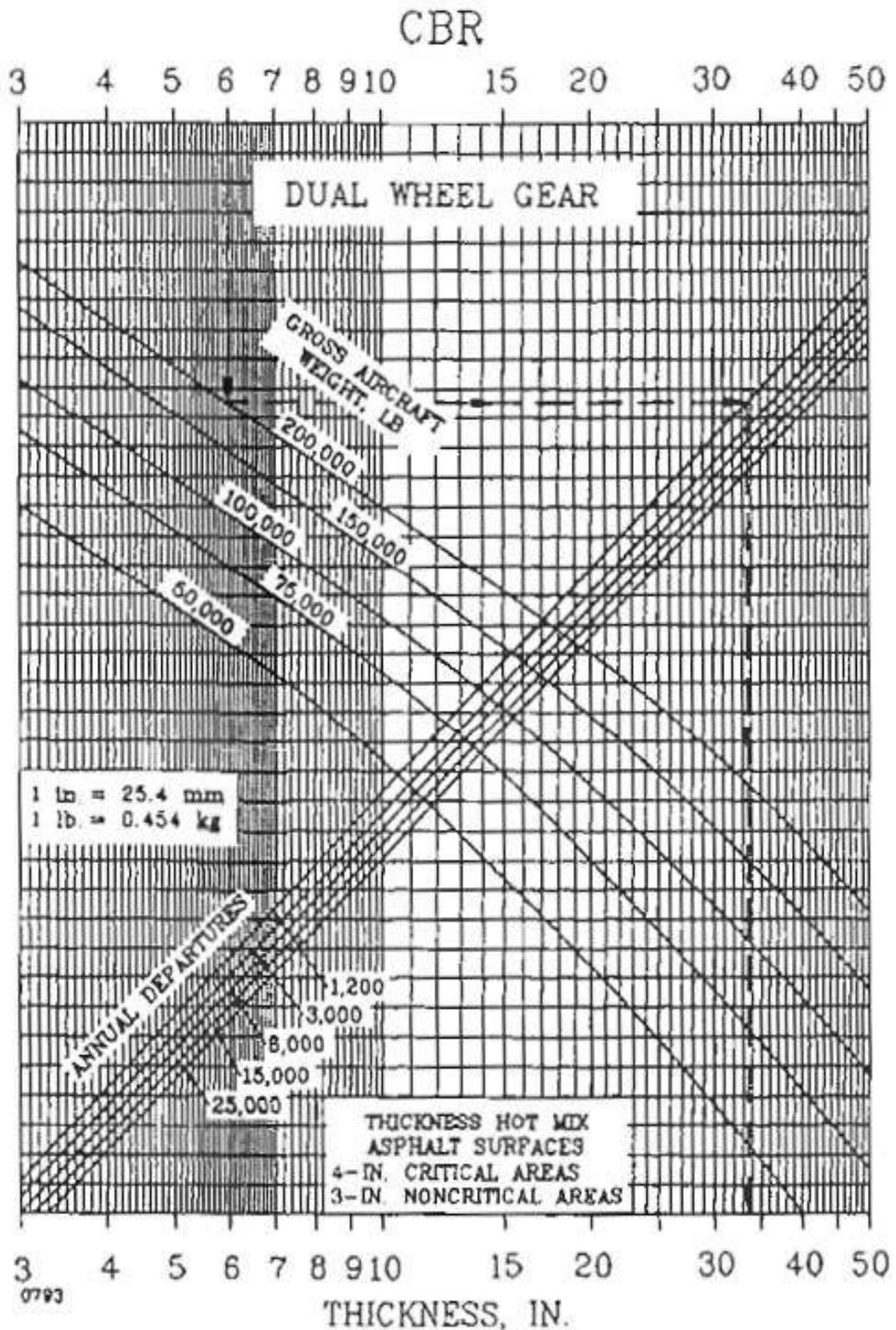
horizontal ke arah equivalent tahunan dan diteruskan secara vertikal ke arah tebal total perkerasan sehingga tebal total perkerasan didapat. Grafik yang dimaksud sebagai berikut :

Gambar 2.13 Kurva Evaluasi Perkerasan Lentur Untuk Pesawat dengan Roda Pendaratan *Single Wheel*.



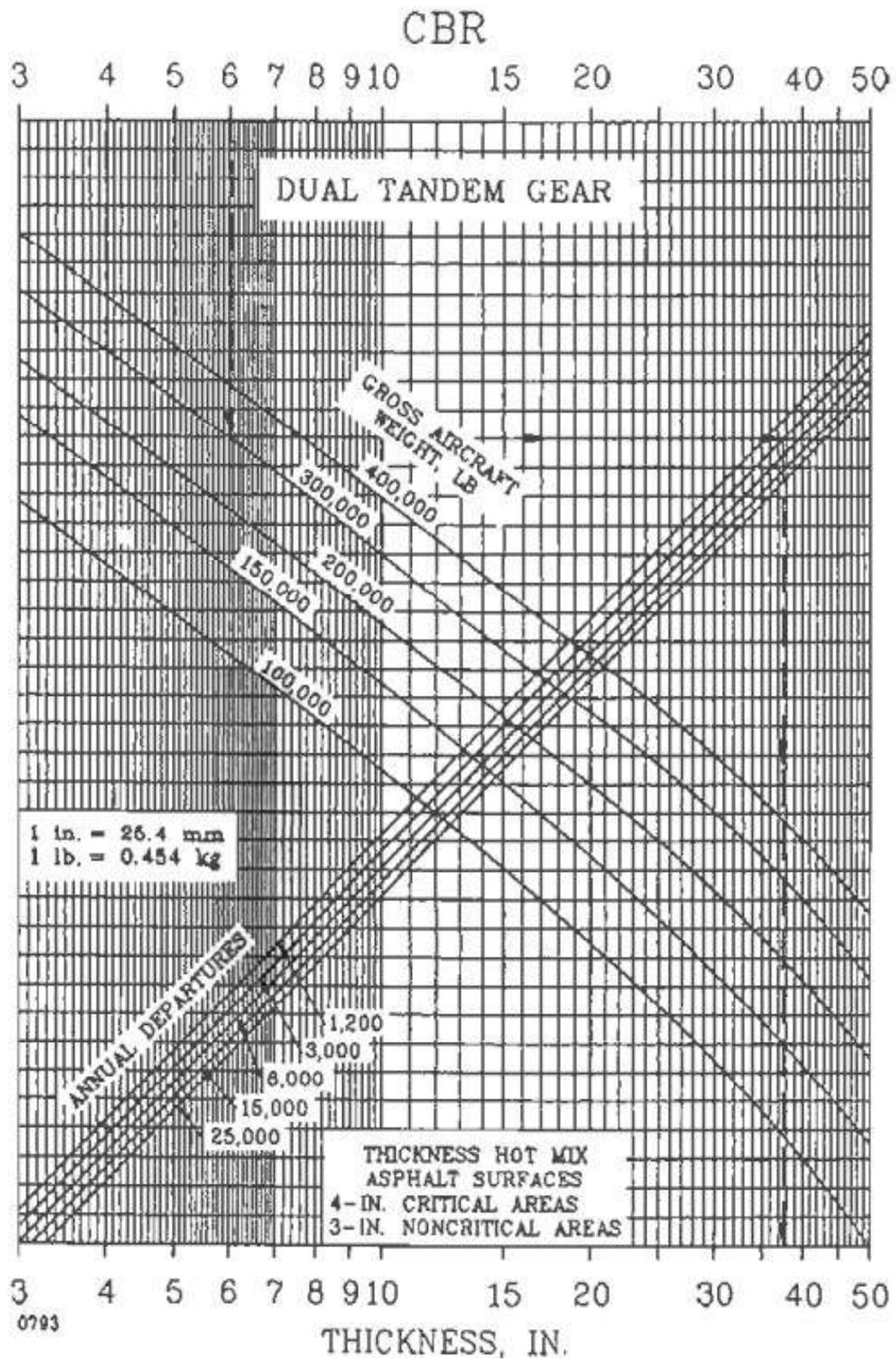
Sumber: Dirjen Perhubungan Udara No.KP 93, 2015

Gambar 2.14 Kurva Evaluasi Perkerasan Lentur Pesawat dengan Roda Pendaratan
Dual Wheel



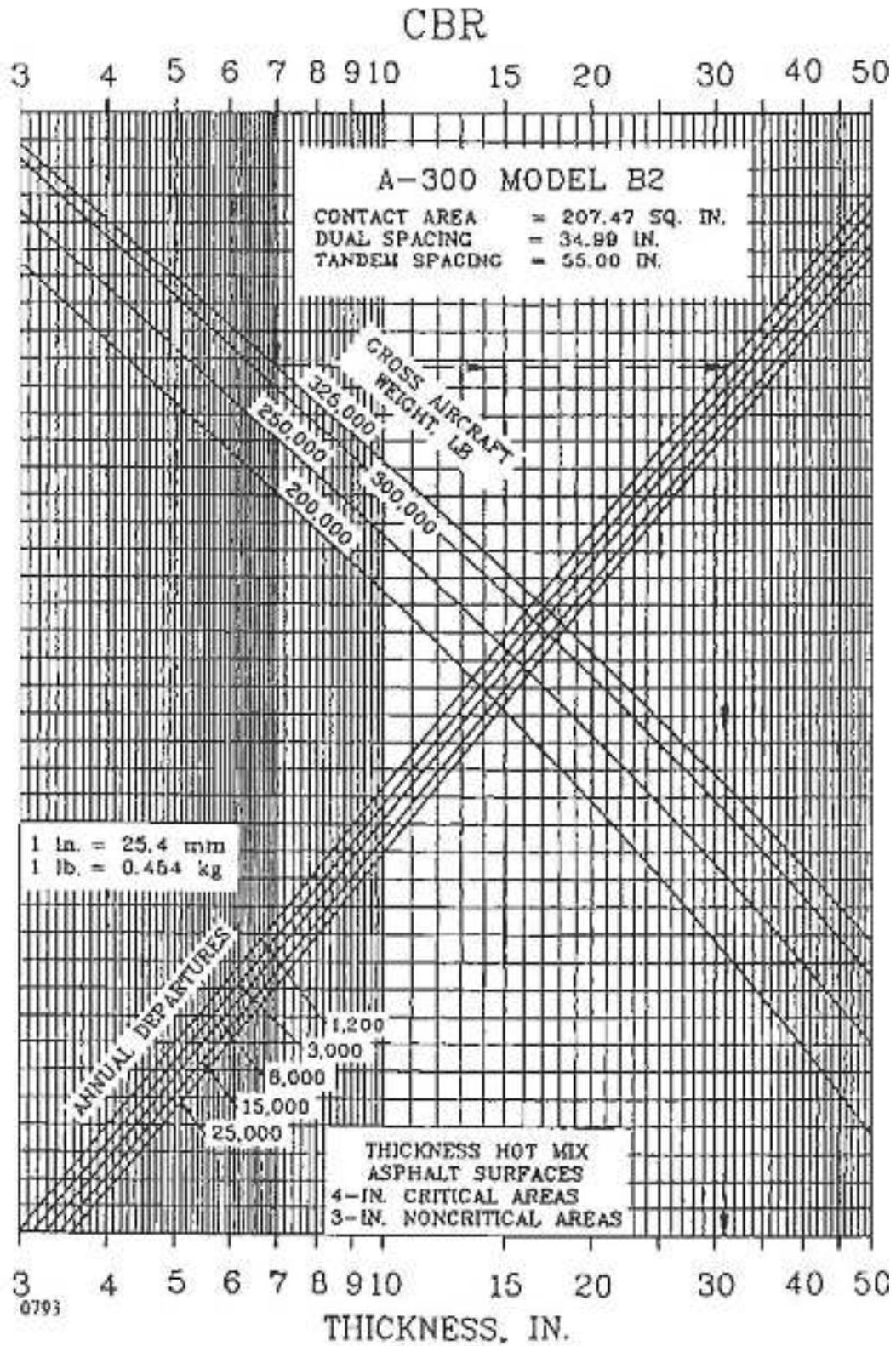
Sumber: Dirjen Perhubungan Udara No.KP 93, 2015

Gambar 2.15 Kurva Evaluasi Perkerasan Lentur Pesawat dengan Roda Pendaratan
Dual Tandem



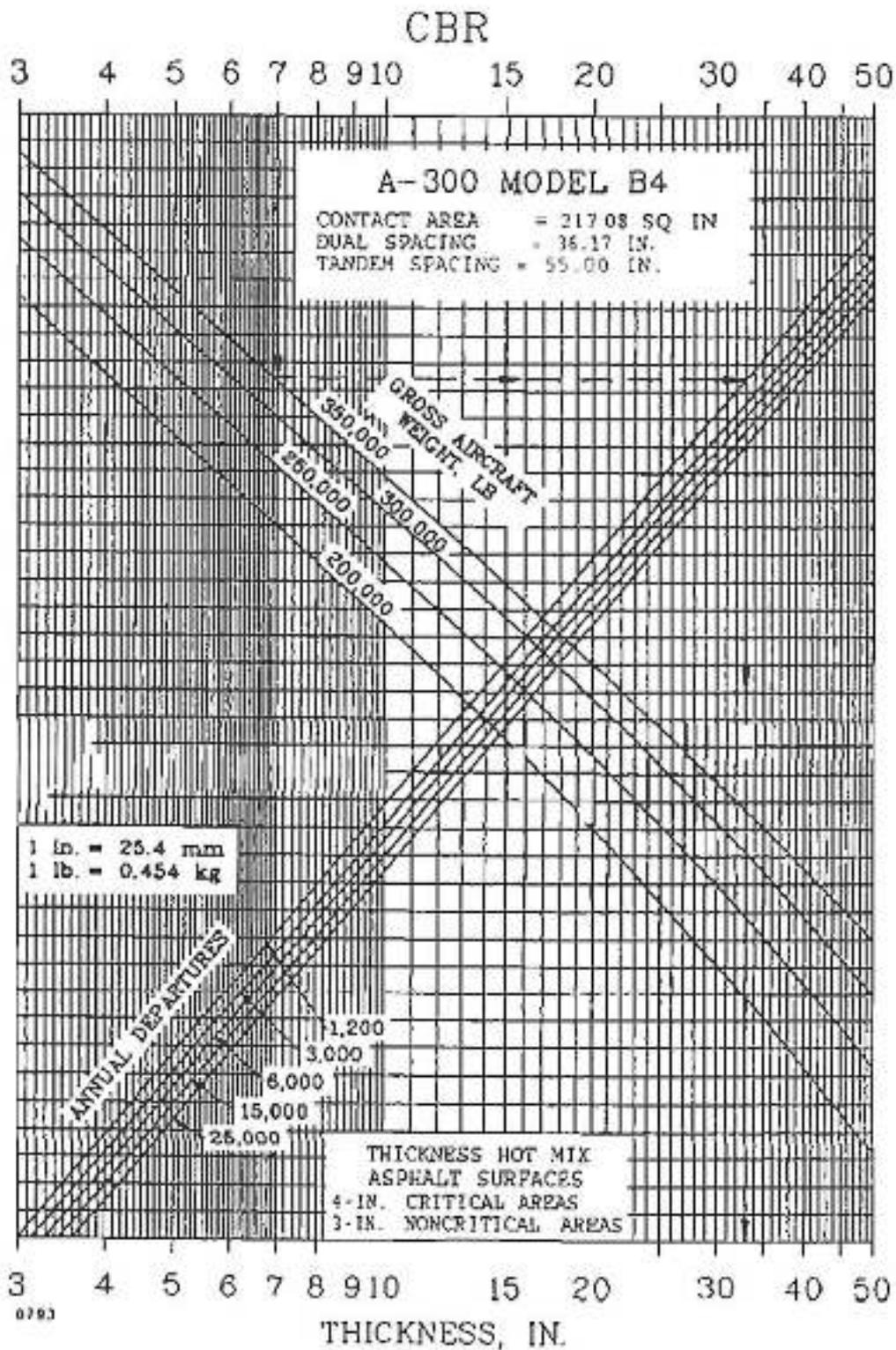
Sumber: Dirjen Perhubungan Udara No.KP 93, 2015

Gambar 2.16 Kurva Evaluasi Perkerasan Lentur Pesawat A-300 Model B2



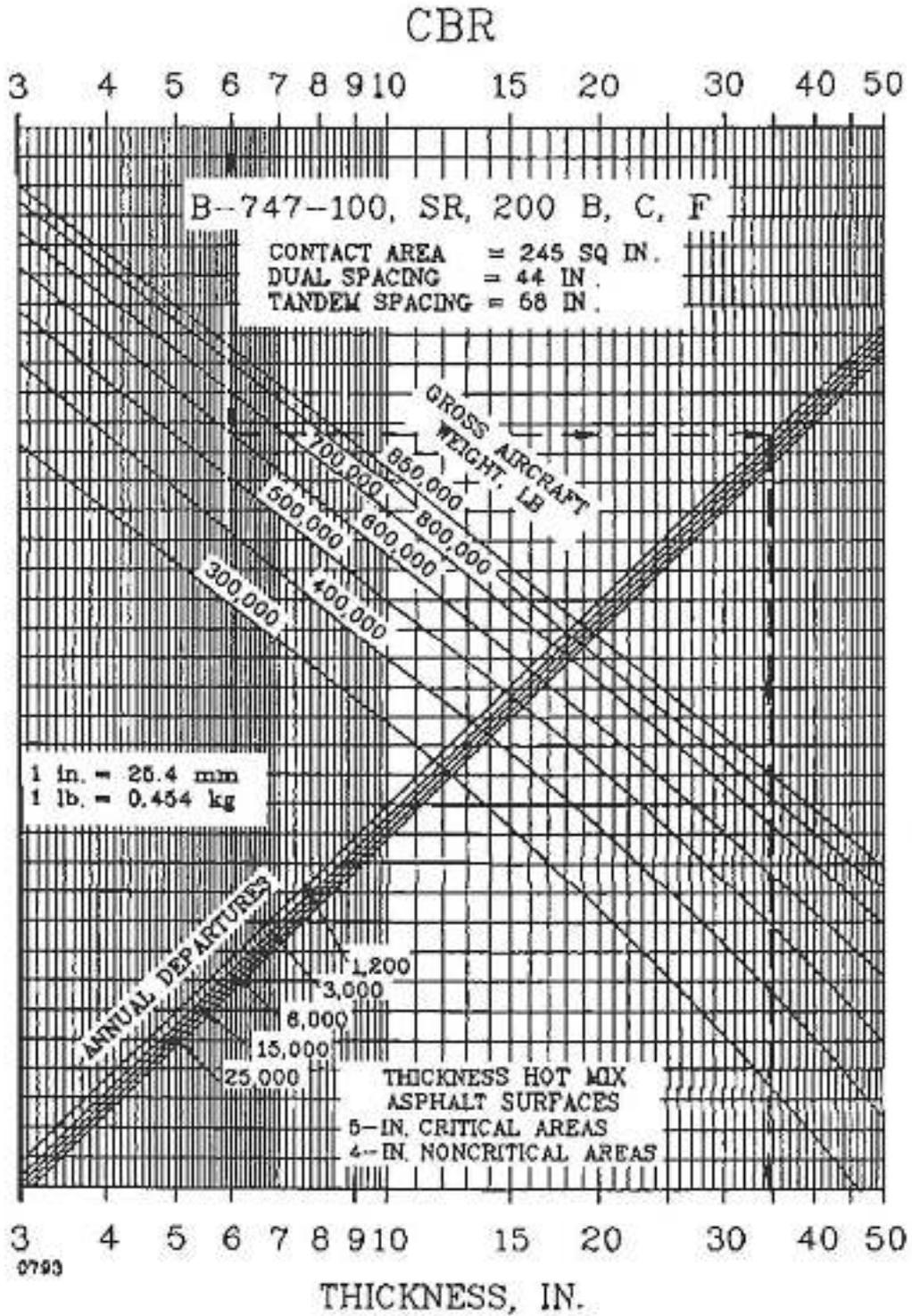
Sumber: Dirjen Perhubungan Udara No.KP 93, 2015

Gambar 2.17 Kurva Evaluasi Perkerasan Lentur Pesawat A-300 Model B4



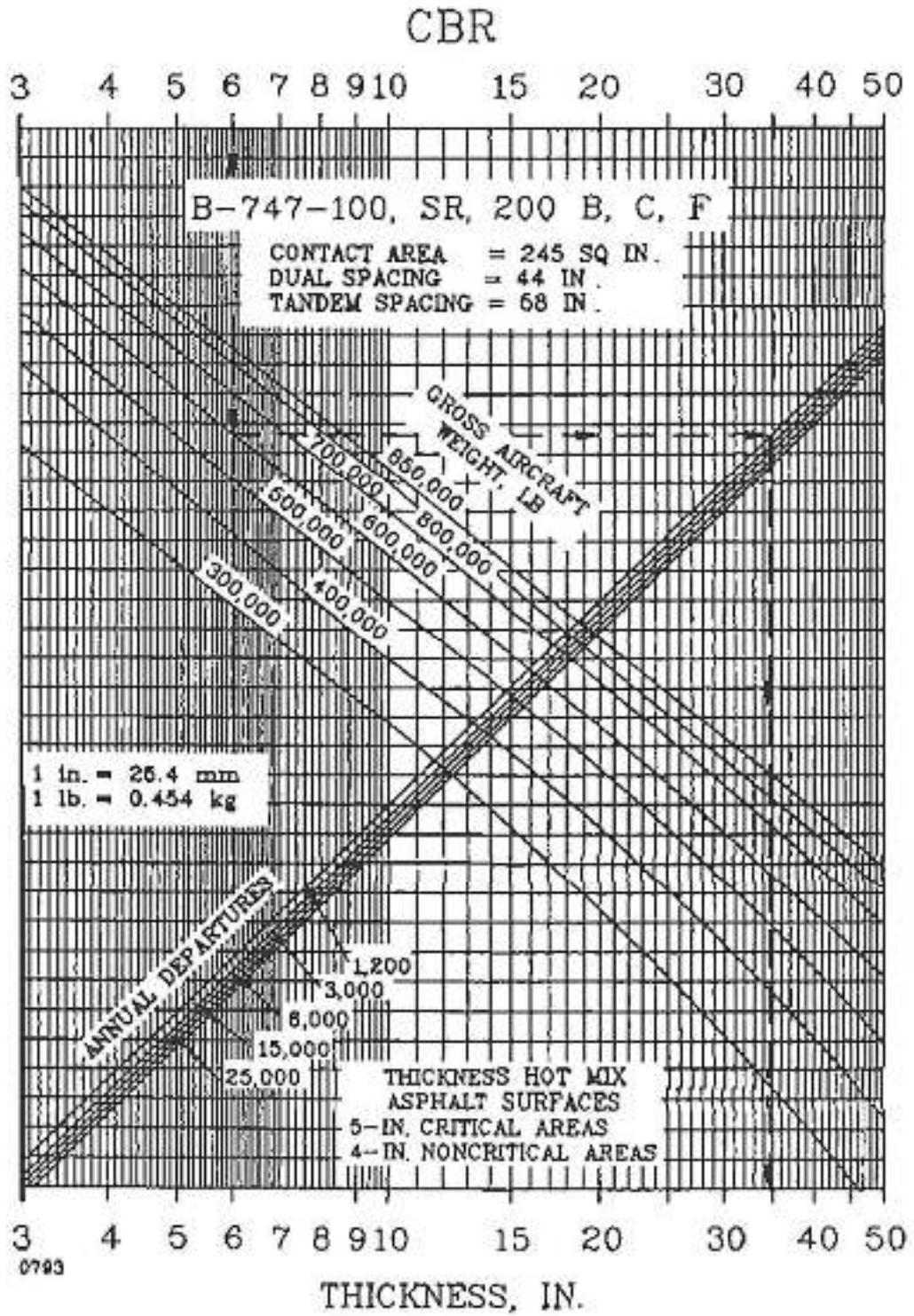
Sumber: Dirjen Perhubungan Udara No.KP 93, 2015

Gambar 2.18 Kurva Evaluasi Perkerasan Lentur Pesawat B 747-100, SR, 200B, C, F



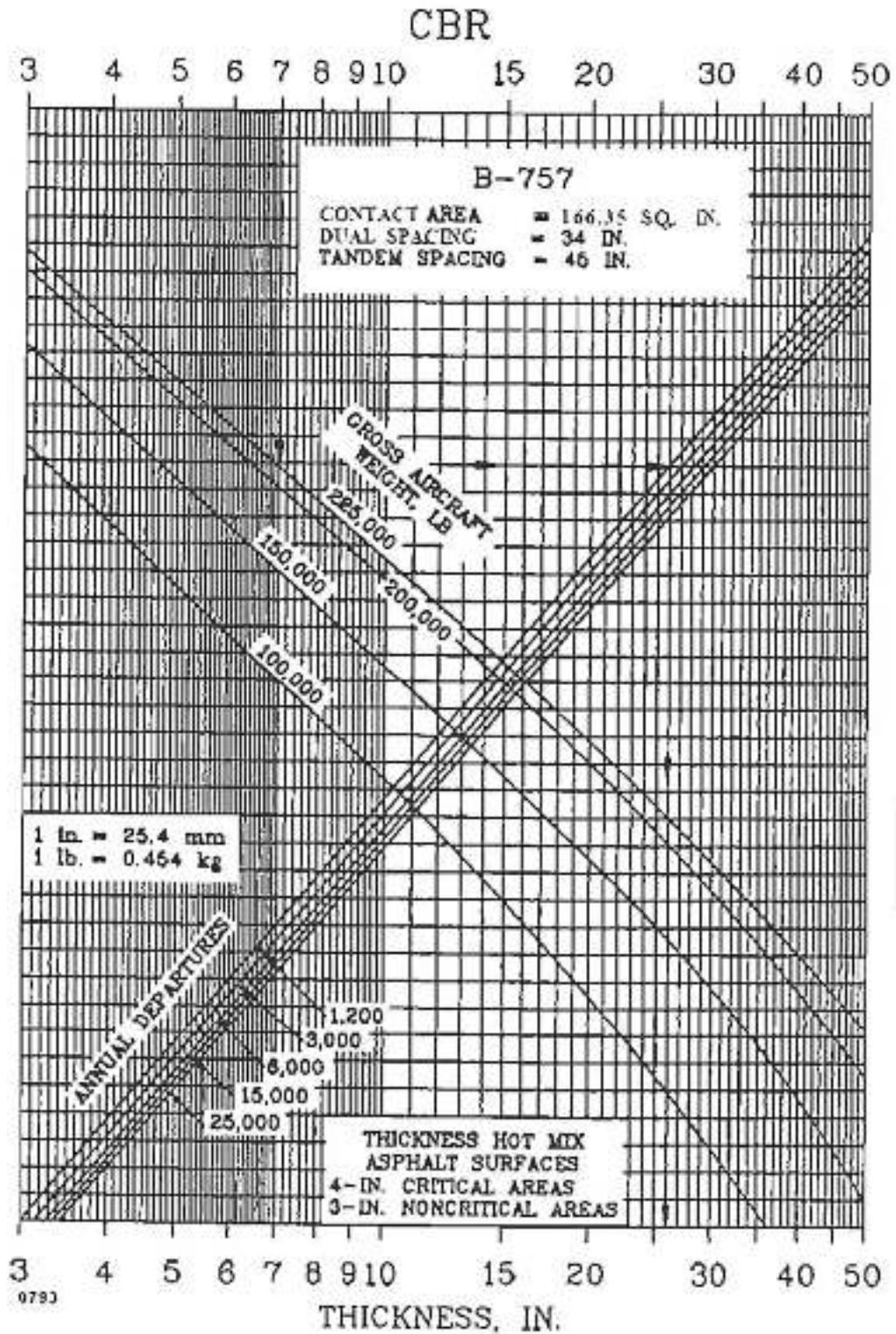
Sumber: Dirjen Perhubungan Udara No.KP 93, 2015

Gambar 2.19 Kurva Evaluasi Perkerasan Lentur Pesawat B 747-SP



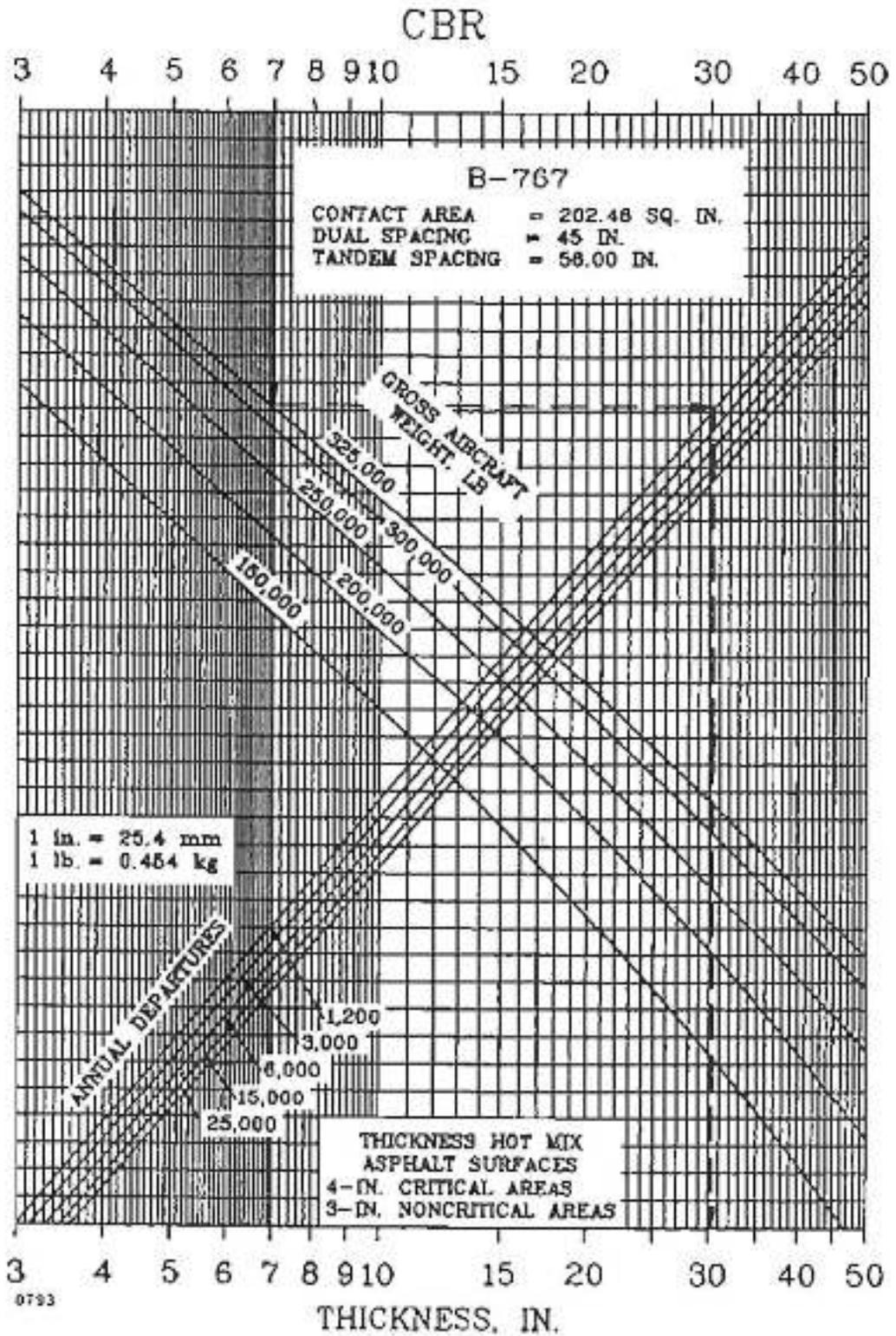
Sumber: Dirjen Perhubungan Udara No.KP 93, 2015

Gambar 2.20 Kurva Evaluasi Perkerasan Lentur Pesawat B 757



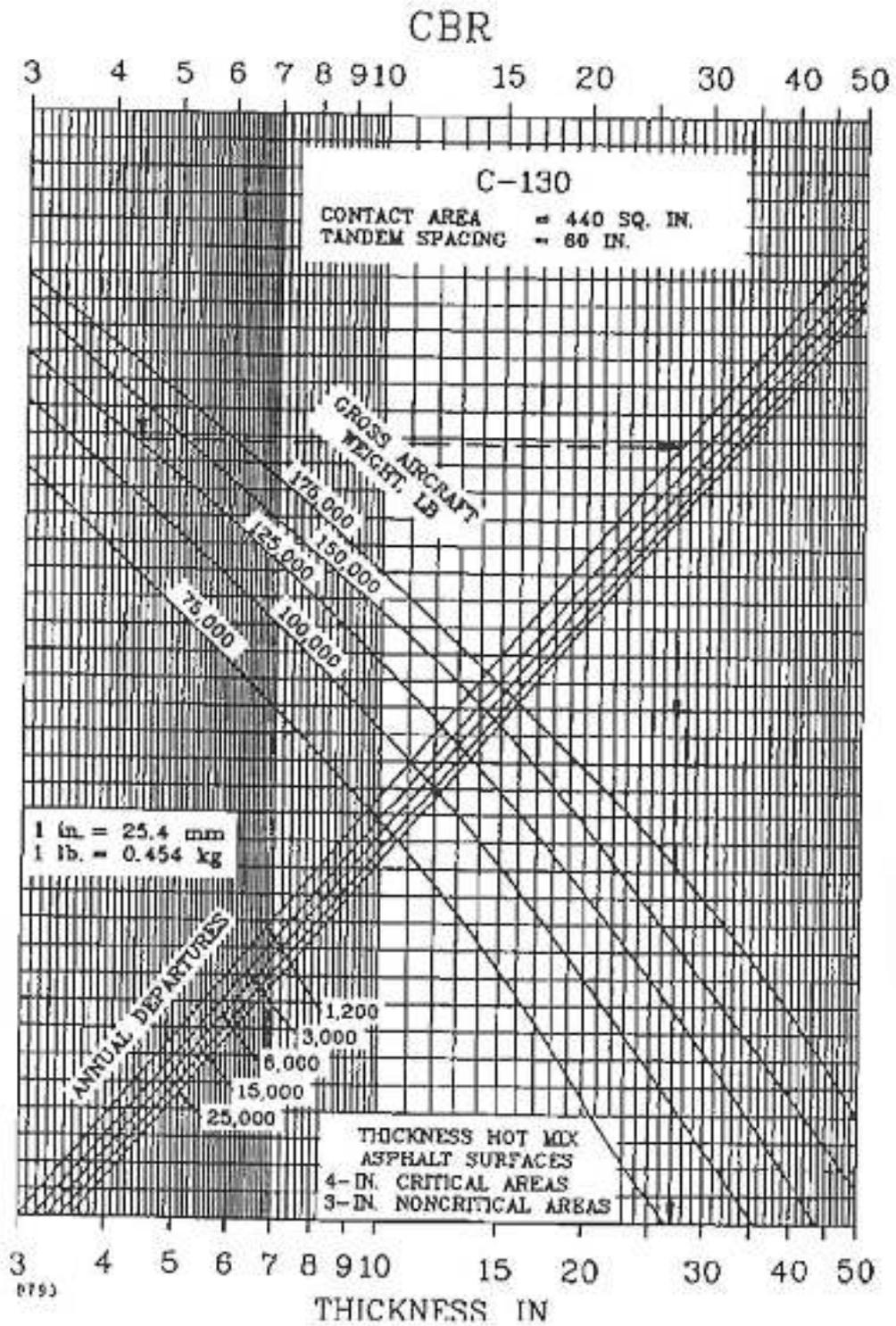
Sumber: Dirjen Perhubungan Udara No.KP 93, 2015

Gambar 2.21 Kurva Evaluasi Perkerasan Lentur Pesawat B 767



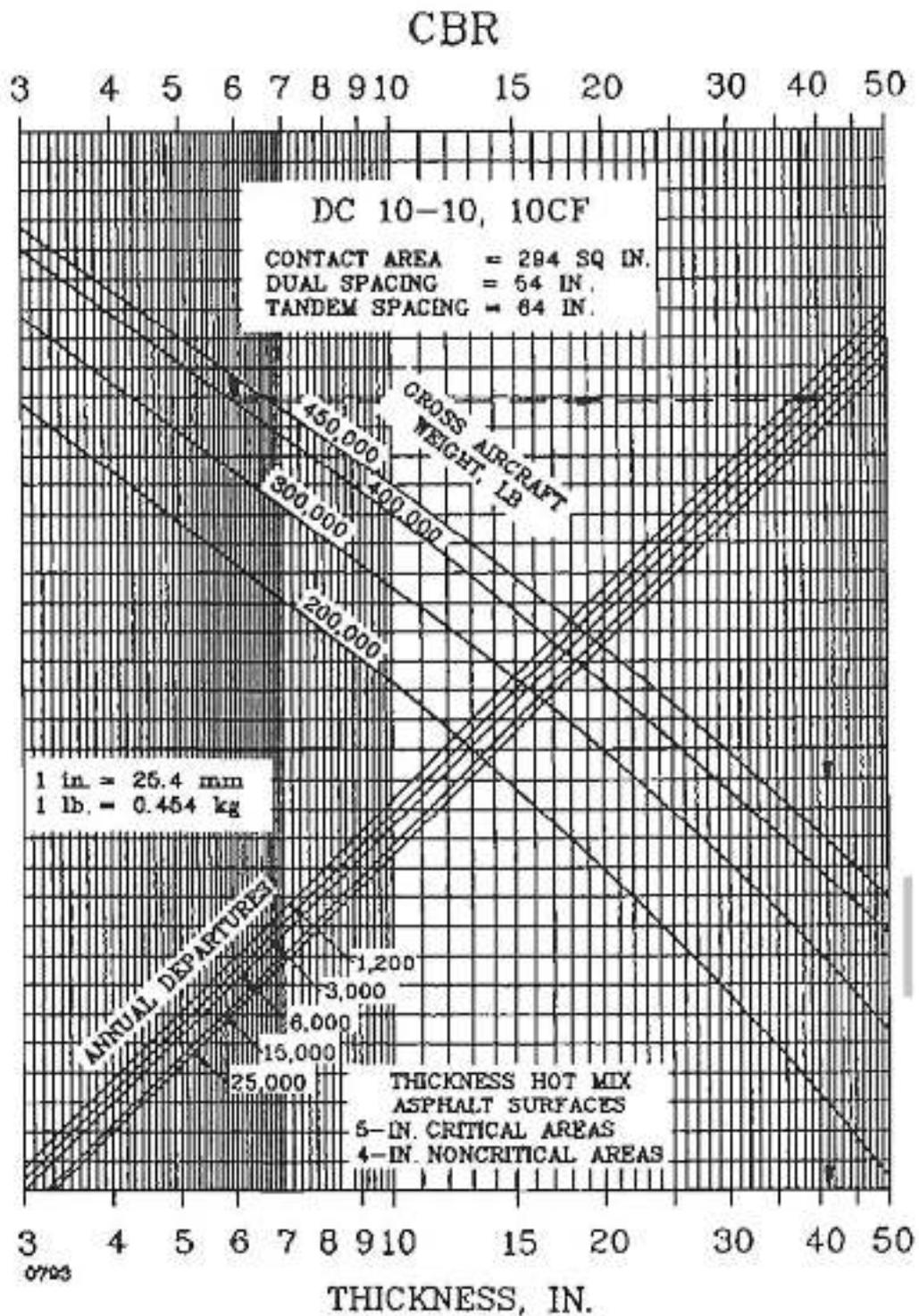
Sumber: Dirjen Perhubungan Udara No.KP 93, 2015

Gambar 2.22 Kurva Evaluasi Perkerasan Lentur Pesawat C-130



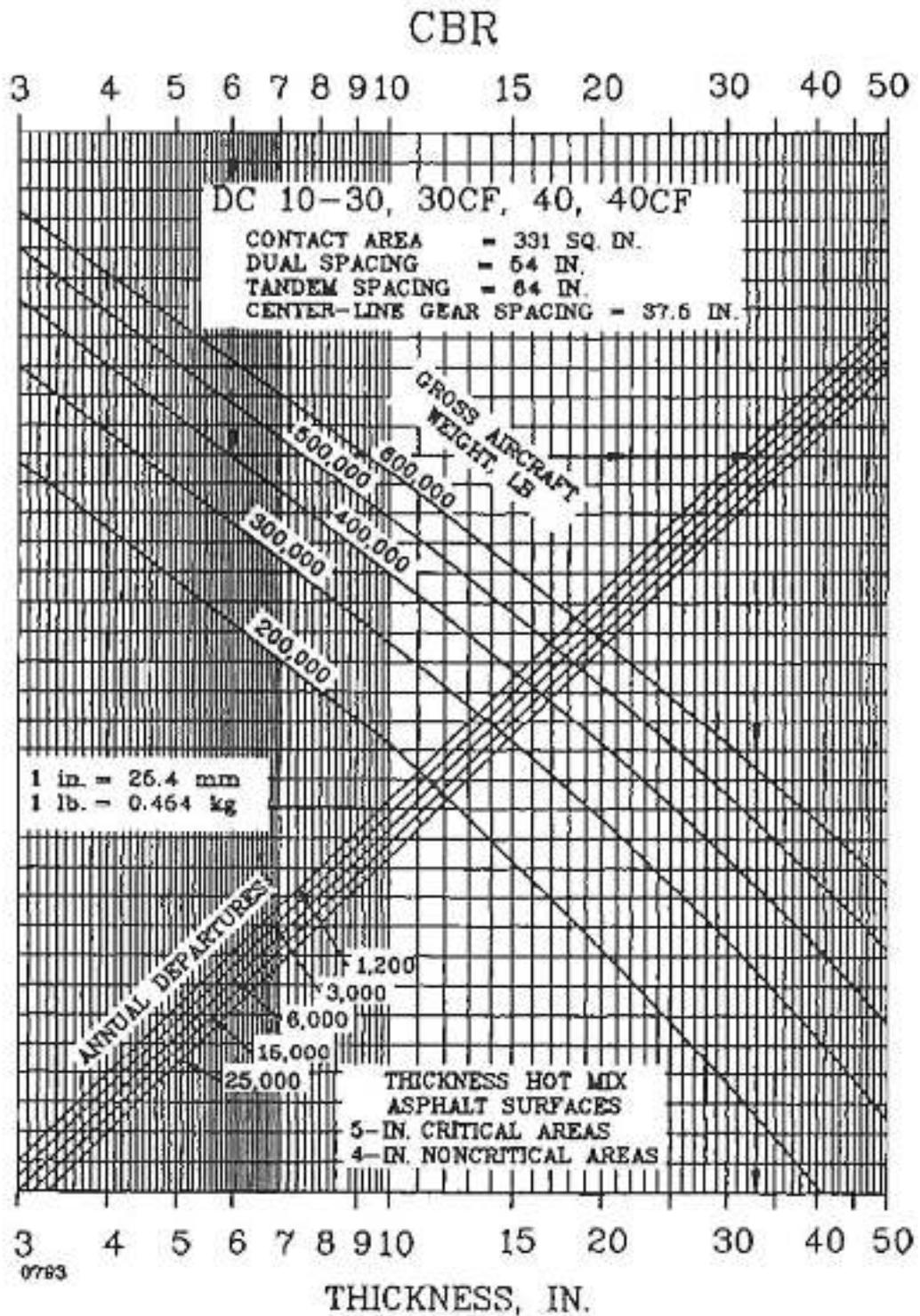
Sumber: Dirjen Perhubungan Udara No.KP 93, 2015

Gambar 2.23 Kurva Evaluasi Perkerasan Lentur Pesawat DC 10-10, 10CF



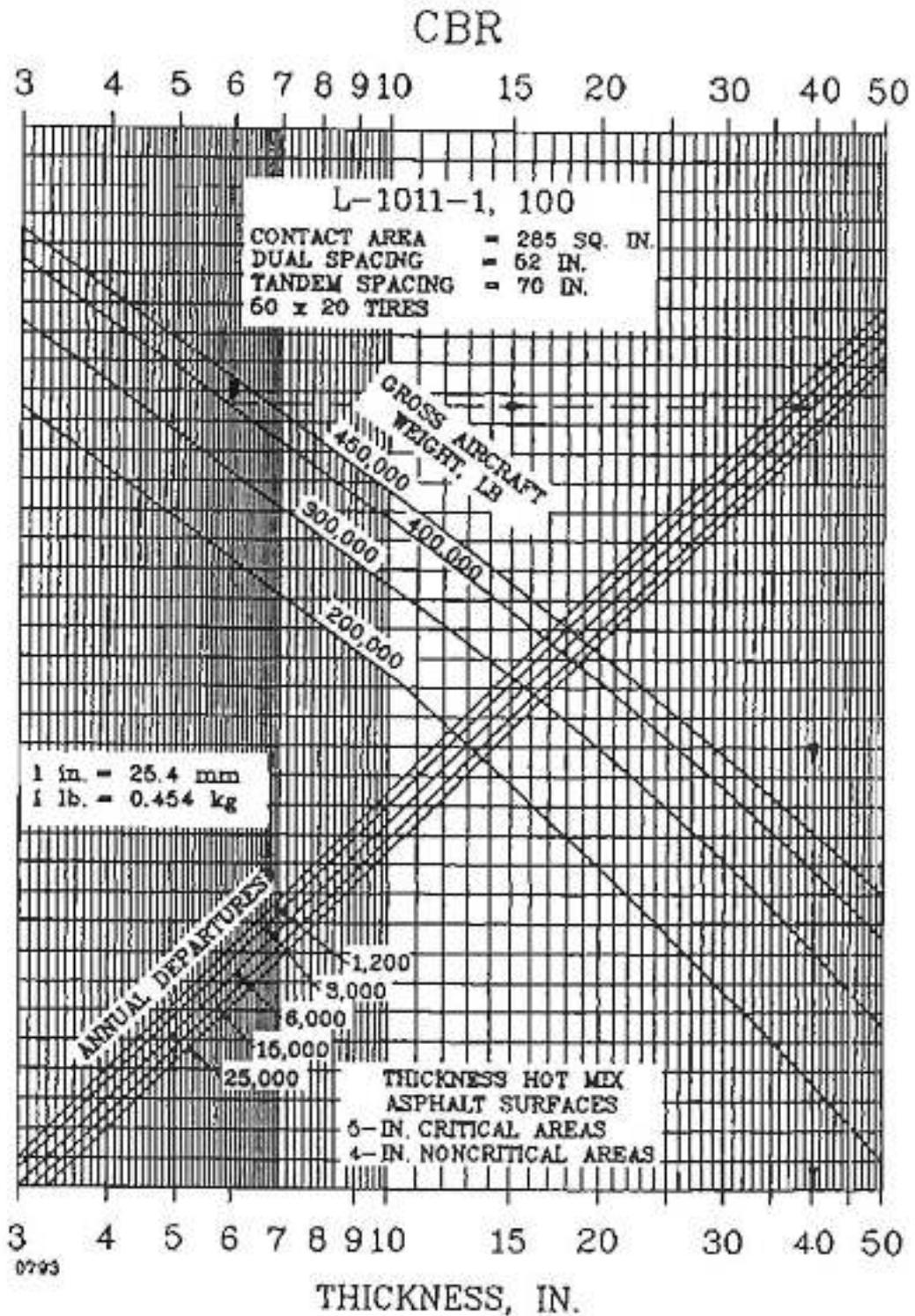
Sumber: Dirjen Perhubungan Udara No.KP 93, 2015

Gambar 2.24 Kurva Evaluasi Perkerasan Lentur Pesawat DC 10-30, 30CF, 40, 40CF



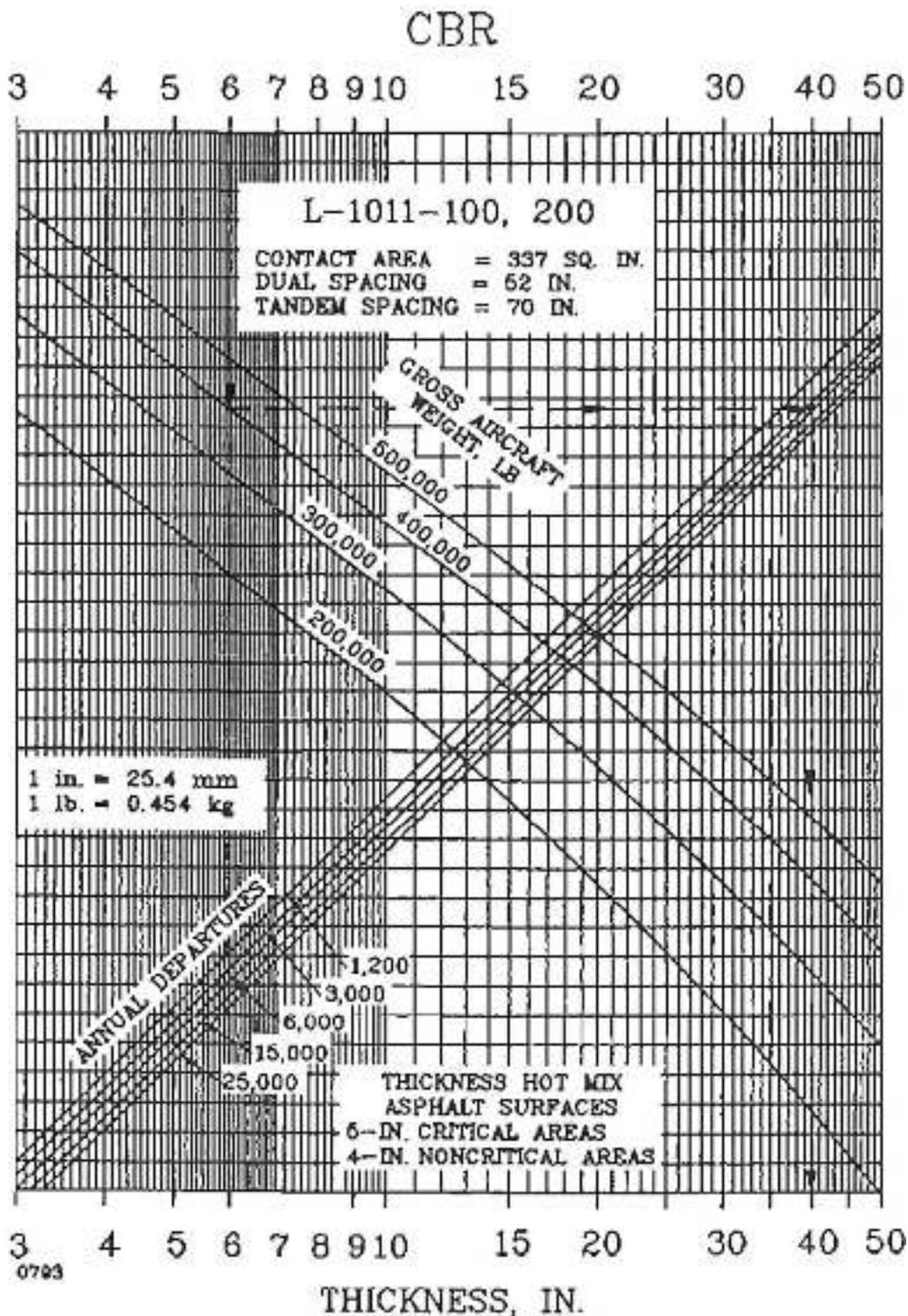
Sumber: Dirjen Perhubungan Udara No.KP 93, 2015

Gambar 2.25 Kurva Evaluasi Perkerasan Lentur Pesawat L-100-1, 100



Sumber: Dirjen Perhubungan Udara No.KP 93, 2015

Gambar 2.26 Kurva Evaluasi Perkerasan Lentur Pesawat L-100-1, 200



Sumber: Dirjen Perhubungan Udara No.KP 93, 2015

Kurva pada Gambar 2.13 sampai dengan Gambar 2.26 hanya digunakan untuk tingkat keberangkatan tahunan maksimal 25.000, sedangkan untuk keberangkatan tahunan diatas 25.000, grafik tersebut dapat digunakan tetapi hasil akhir dari tebal total perkerasan dikalikan dengan menggunakan angka persentase yang ditentukan di tabel berikut :

Tabel 2.5 Tebal Perkerasan Dengan Tingkat Keberangkatan >25.000

Tingkat Keberangkatan Tahunan	% Tebal Total Keberangkatan Tahunan >25.000
50.000	104
100.000	108
150.000	110
200.000	112

Sumber: Dirjen Perhubungan Udara No.KP 93, 2015

b. Tebal perkerasan permukaan

Ketentuan ketebalan lapisan permukaan (*surface*) telah ditentukan oleh FAA, seperti pada tabel berikut :

Tabel 2.6 Lapisan Minimum *Surface*

No	Bagian Perkerasan	Pesawat Single <i>Wheel</i> dan Dual <i>Wheel</i>	Pesawat B 747, B 777, DC 10, L 101 atau Pesawat Sejenis
1	rea kritis (jalur roda)	10.0 cm (4 in)	12.7 cm (5 in)
2	rea diluar jalur roda	7.6 cm (3 in)	10.0 cm (4 in)

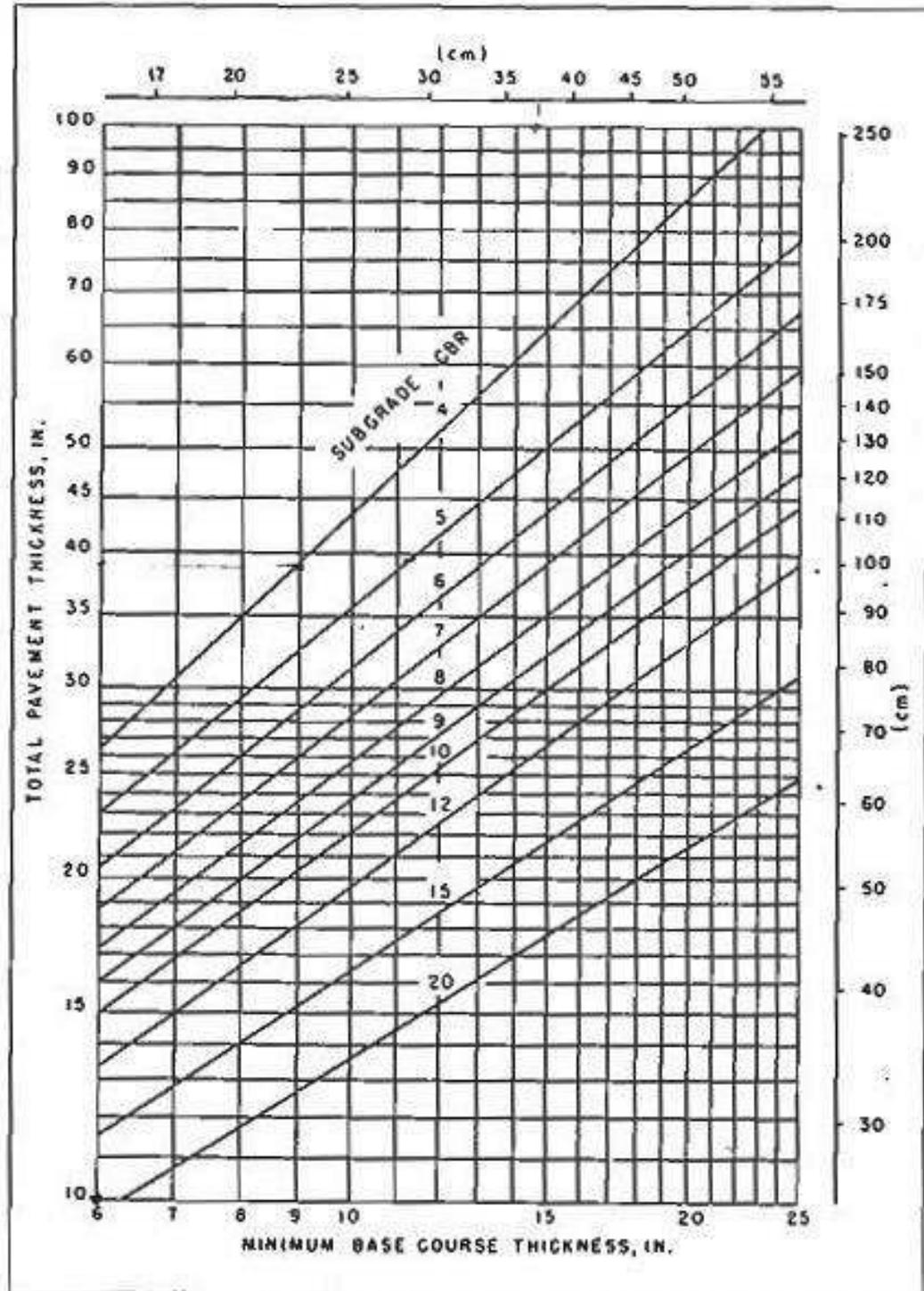
Sumber: Dirjen Perhubungan Udara No.KP 93, 2015

c. Menentukan tebal perkerasan *base course*

Tebal minimum base course yang dipakai dalam perencanaan ini menggunakan grafik dan tabel yang dipengaruhi oleh nilai ketebalan total perkerasan dan nilai CBR tanah dasar. Jika dalam penentuan tebal *base course* menggunakan grafik tidak di dapatkan ketebalannya, maka untuk menentukan ketebalan *base course* dapat menggunakan ketebalan minimum pada tabel yang telah disyaratkan oleh FAA. Untuk menggunakan tabel tersebut dibutuhkan tipe roda pendaratan utama pesawat dan berat lepas

landas pesawat kritis. Berikut grafik (kurva) dan tabel yang digunakan untuk menentukan tebal *base course*.

Gambar 2.27 Grafik Penentuan Tebal Base Course



Sumber: Dirjen Perhubungan Udara No.KP 93, 2015

Tabel 2.7 Kebutuhan Tebal Minimum *Base Course*

Design Aircraft	Design Load Range		Minimum Base Course	
	Lbs	Kg	In	Mm
Single Wheel	30.000 - 50.000	13.600 - 22.700	4	100
	50.000 - 75.000	22.700 - 34.000	6	150
Dual Wheel	50.000 - 100.000	22.700 - 45.000	6	150
	100.000 - 200.000	45.000 - 90.700	8	200
Dual Tandem	100.000 - 250.000	45.000 - 113.400	6	150
	250.000 - 400.000	113.400 - 181.000	8	200
B-757, B-767	200.000 - 400.000	90.700 - 181.000	6	150
DC-10, L-1011	400.000 - 600.000	181.000 - 272.000	8	200
B-747	400.000 - 600.000	181.000 - 272.000	6	150
	600.000 - 850.000	272.000 - 385.700	8	200
C-130	75.000 - 125.000	34.000 - 56.700	4	100
	125.000 - 175.000	56.700 - 79.400	6	150

Sumber: Dirjen Perhubungan Udara No.KP 93, 2015

d. Menentukan tebal perkerasan *subbase course*

Untuk menentukan tebal perkerasan *subbase* dapat dilakukan dengan tebal total perkerasan dikurangi dengan tebal lapisan *surface* dan lapisan *base course*.

Standar ketebalan masing-masing minimum tiap lapisan perkerasan lentur telah ditentukan oleh FAA, jika seandainya dalam perhitungan tidak didapatkan hasil ketebalan lapisan perkerasan maka dapat menggunakan tabel di bawah ini. Untuk menggunakan tabel tersebut di butuhkan berat lepas landas pesawat rencana atau kritis, dimana berat pesawat (lbs dan kg) harus berada diantara rentang berat yang telah ditentukan oleh FAA.

Tabel 2.8 Minimum Tebal Tiap Lapisan Perkerasan Lentur

Tipe Lapisan	Kode FAA	<i>Maximum Airplane Gross Weight Operating on Pavement, lbs (kg)</i>		
		< 12.500 (5.670)	< 100.000 (45.360)	≥ 100.000 (45.360)
<i>HMA Surface</i>	P-401, Hot Mix Asphalt	3 in. (75 mm)	4 in. (100 mm)	4 in. (100 mm)
<i>Stablized Base</i>	P-401 or P-403; P-304, P-306	Not Required	Not Required	5 in. (125 mm)
<i>Crushed Aggregate Base</i>	P-209	3 in. (75 mm)	6 in (150 mm)	6 in. (150 mm)
<i>Aggregate Base</i>	P-208	3 in. (75 mm)	Not used	Not used
<i>Subbase</i>	P-154	4 in. (100 mm)	4 in. (100 mm) (if required)	4 in. (100 mm) (if required)

Sumber: FAA

8. Material yang Digunakan

Material lapisan perkerasan sistem FAA adalah sebagai berikut :

- P-401 : Plant Mix Bituminous Pavements (HMA)
- P-403 : Plant Mix Bituminous Pavements (HMA)
- P-501 : Portland Cemen Concrete (PCC)
- P-304 : Cement Trated Base Course (CTBC)
- P-212 : Shell Base Course
- P-213 : Sand-Clay Base Course
- P-220 : Caliche Base Course
- P-209 : Crushed Aggregate Base Course
- P-208 : Aggregate Base Course
- P-211 : Lime Rock Base Course
- P-301 : Soil-Cement Base Course
- P-306 : Econocrete Subbase Course (ESC)
- P-154 : Subbase Course

2.7 Aircraft Classification Number (ACN)

Aircraft Classification Number adalah suatu nilai yang menunjukkan efek relatif sebuah pesawat udara di atas perkerasan untuk kategori subgrade standar yang ditentukan. Pada umumnya, nilai ACN untuk semua jenis pesawat diterbitkan oleh ICAO (*International Civil Aviation Organization*) atau pabrik pesawat. ICAO adalah suatu lembaga dari PBB (Perserikatan Bangsa-Bangsa) yang khusus bekerja di bidang penerbangan, nilai ACN yang dikeluarkan oleh ICAO digunakan bersama-sama dengan nilai PCN. Dimana nilai PCN adalah nilai untuk permukaan landasan dan nilai ACN adalah nilai yang menyatakan efek relatif atau kelayakan sebuah pesawat yang beroperasi di atas perkerasan.

2.8 PCN (Pavement Classification Number)

Perkerasan landasan pacu (*runway*) dirancang dalam beberapa lapisan dengan setiap lapisan direncanakan ketebalan yang cukup memadai untuk memastikan bahwa beban yang diterima tidak akan mengalami kegagalan. Besarnya kekuatan daya dukung yang diterima oleh perkerasan untuk operasional pesawat udara dinyatakan dalam suatu nomor yang disebut sebagai nilai PCN (*pavement Classification Number*), nilai PCN dari suatu perkerasan tidak boleh lebih rendah dari nilai ACN pesawat yang beroperasi pada landasan pacu.

Pada keadaan tertentu dimana nilai ACN dan tekanan roda pesawat lebih dari nilai PCN atau overload, maka pengoperasian pesawat udara tidak dapat diberikan ijin kecuali mengurangi beban operasional. Pada keadaan seperti ini, pengelola bandara udara dapat memberi ijin operasional jika pesawat dengan kondisi overload sebagai berikut :

1. Overload diberikan dengan ketentuan :
 - a. $PCN < ACN \leq 1,1 PCN$ untuk perkerasan lentur (*flexible pavement*)
 - b. $PCN < ACN \leq 1,05 PCN$ untuk perkerasan kaku (*rigid pavement*)Jumlah pergerakan per tahun pesawat yang beroperasi dalam kondisi overload tidak boleh lebih besar dari 5% pergerakan total pesawat.
2. Nilai PCN yang ditentukan dengan pengujian menggunakan analog pesawat atau dengan kode "U", ijin pesawat dalam kondisi overload tidak diperbolehkan kecuali keadaan darurat.

3. Nilai PCN yang ditentukan berdasarkan perhitungan analitis atau “T” maka ijin operasi pesawat pada kondisi overload diberikan dengan meninjau beban ijin (PO) pesawat dan dibandingkan dengan ijin aktual (P).

Tabel 2.9 Jumlah Operasional Pesawat Pada Kondisi Overload

No	P/PO	Jumlah Pergerakan
1	1,1 – 1,2	1 pergerakan per hari
2	1,2 – 1,3	1 pergerakan per minggu
3	1,3 – 1,4	2 pergerakan per bulan
4	1,4 – 1,5	1 pergerakan per bulan

Sumber: Dirjen Perhubungan Udara No.KP 93, 2015

Adapun ketentuan untuk penulisan nilai PCN sebagai berikut :

1. Nilai numerik PCN

Nilai numerik PCN perkerasan adalah suatu perkerasan relatif dari kapasitas daya dukung perkerasan akibat beban roda tunggal standar pada suatu perkerasan. Nilai numerik kekuatan perkerasan terdiri dari angka 1 sampai tak hingga.

2. Kode jenis perkerasan

Penggunaan kode jenis perkerasan harus sesuai dengan jenis struktur perkerasan yang akan dilaksanakan. Dimana untuk perkerasan lentur (*flexible pavement*) menggunakan kode jenis perkerasan **F** dan untuk perkerasan kaku (*rigid pavement*) menggunakan kode jenis perkerasan **R**.

3. Kode kategori daya dukung *subgrade*

Kategori daya dukung tanah dasar (*subgrade*) dibagi atas empat kategori baik untuk perkerasan kaku maupun perkerasan lentur yaitu :

Tabel 2.10 Kategori Daya Dukung Subgrade Konstruksi Perkerasan Lentur

No	Kategori Subgrade	Nilai CBR Subgrade (%)	Interval Nilai CBR Subgrade	Kode
1	Hight	15	$CBR \geq 13$	A
2	Medium	10	$8 < CBR < 13$	B
3	Low	6	$4 < CBR \leq 8$	C
4	Ultra Low	3	$CBR \leq 4$	D

Sumber: Dirjen Perhubungan Udara No.KP 93, 2015

Tabel 2.11 Kategori Daya Dukung Subgrade Konstruksi Perkerasan Kaku

No	Kategori Subgrade	Nilai Permukaan Subgrade Pci (MN/m ³)	Interval Nilai K Permukaan Subgrade Pci (MN/m ³)	Kode
1	Hight	555.6 (150)	$K > 442 (> 120)$	A
2	Medium	294.7 (80)	$221 < K < 442$ $(60 < K < 120)$	B
3	Low	147.4 (40)	$92 < K < 221$ $(25 < K < 60)$	C
4	Ultra Low	73.3 (20)	$K < 92 (< 25)$	D

Sumber: Dirjen Perhubungan Udara No.KP 93, 2015

4. Kode Tekanan Ijin Roda

Tekanan roda pendaratan dibagi atas empat kategori sesuai dengan besarnya tekanan roda yang di ijinakan beroperasi. Penentuan kategori kode tekanan ijin roda pesawat dapat dilihat sebagai berikut :

Tabel 2.12 Kategori Tekanan Ijin Roda Pesawat

No	Kategori	Tekanan Ijin (Mpa/Psi)	Kode
1	Hight	Tidak Terbatas	W
2	Medium	1,5 / 218	X
3	Low	1,0 / 145	Y
4	Ultra Low	0,5 / 73	Z

Sumber: Dirjen Perhubungan Udara No.KP 93, 2015

5. Kode Metode Evaluasi

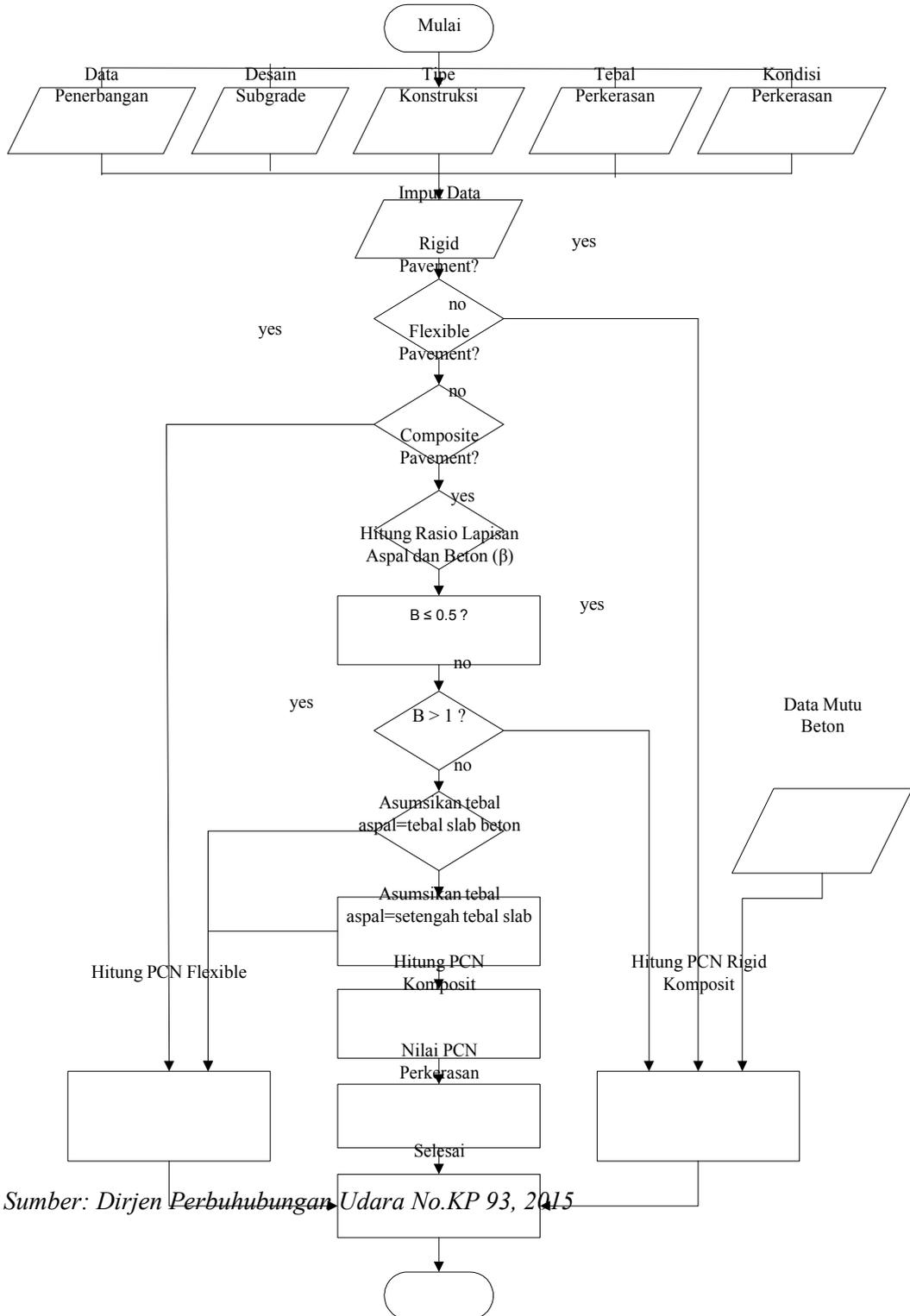
Metode evaluasi terdiri dari dua yaitu pengujian langsung dengan pesawat analog ditunjukkan dengan huruf U dan dengan perhitungan analitis ditunjukkan dengan huruf T.

2.9 Perhitungan PCN

Pada perhitungan PCN langkah pertama adalah inventarisasi data baik data sekunder maupun data primer dengan pengujian langsung dilapangan. Data yang diperoleh berupa data penerbangan baik eksisting maupun rencana masa depan,

desain kategori subgrade, tipe konstruksi perkerasan, tebal desain dan kondisi lapisan perkerasan. Berikut tahapan-tahapan perhitungan PCN.

Gambar 2.28 Bagan alir metoda analisis perhitungan PCN



Terdapat beberapa tujuan perhitungan nilai PCN antara lain :

- a. Sebagai parameter dalam menyusun peningkatan dan pemeliharaan di masa depan.
- b. Sebagai parameter untuk pengoperasian kembali prasarana yang tidak digunakan dalam waktu tertentu.
- c. Sebagai parameter untuk mengevaluasi pengoperasian pesawat dengan beban lebih besar dari pesawat yang sedang beroperasi.
- d. Sebagai parameter dalam menilai daya dukung perkerasan setelah dioperasikan dalam jangka waktu tertentu, yang mana seiring dengan waktu daya dukung perkerasan mengalami penurunan.

Secara umum terdapat 3 cara perhitungan PCN yaitu :

1. Perhitungan PCN Metode Klasik

Perhitungan metode ini berdasarkan pada pesawat kritis, daya dukung perkerasan, equivalent annual departure dan nilai CBR subgrade

2. Perhitungan PCN Metode Grafis

Perhitungan metode ini berdasarkan chart korelasi berbagai faktor terkait desain dan evaluasi.

3. Perhitungan PCN Metode FAA AC 150-5335-5C

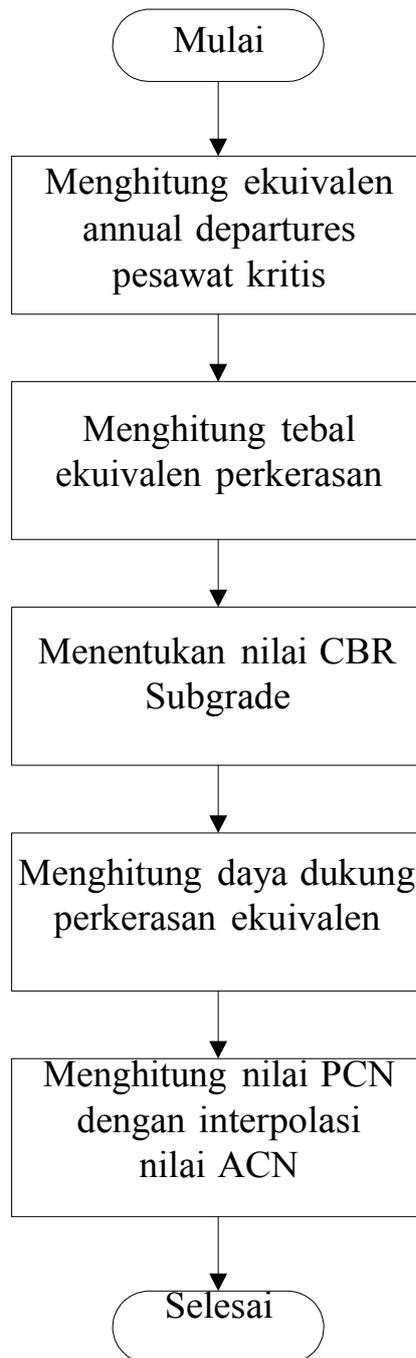
Perhitungan metode ini berdasakan aplikasi perangkat lunak (software) yang dinamakan aplikasi COMFAA.

Dari ketiga cara perhitungan PCN tersebut salah satunya akan dipilih untuk dijelaskan yaitu perhitungan PCN metode klasik.

2.9.1 Perhitungan Nilai PCN Metode Klasik

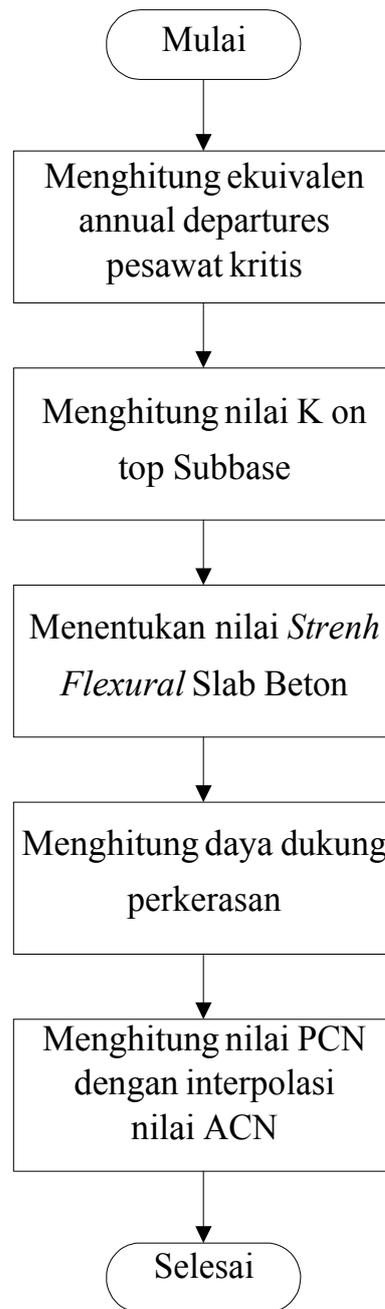
Perhitungan PCN metode klasik telah diatur pada Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor KP 93 Tahun 2015 tentang pedoman perhitungan PCN perkerasan prasarana bandar udara. Tahapan perhitungan nilai PCN metode klasik didasarkan pada konsep perhitungan dimana nilai PCN perkerasan dihitung berdasarkan pesawat kritis, daya dukung perkerasan, equivalent annual departure dan nilai CBR *subgrade*. Berikut bagan alir perhitungan PCN metode klasik :

Gambar 2.29 Bagan Alir Perhitungan PCN *Flexible Pavement* Metode Klasik



Sumber: Dirjen Perhubungan Udara No.KP 93, 2015

Gambar 2.30 Bagan Alir Perhitungan PCN *Rigid Pavement* Metode Klasik



Sumber: Dirjen Perhubungan Udara No.KP 93, 2015

1. Menghitung Equivalen Annual Departure Pesawat Kritis

Seperti yang sudah dijabarkan pada Gambar 2.5 sampai dengan Gambar 2.8 setiap pesawat memiliki roda pendaratan utama yang berbeda-beda dan begitu juga dengan beban yang dimiliki setiap pesawat berbeda. Akibat perbedaan tersebut, pesawat udara yang beroperasi dihitung berdasarkan pesawat kritis. Perhitungan *equivalen annual departure* dilakukan dengan mengkonversi *landing gear* semua pesawat yang beroperasi. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan persamaan (2.3).

2. Menghitung Tebal Equivalen Perkerasan

a. Menentukan tebal minimum lapisan *aus* (*surface*)

Penentuan tebal minimum lapisan *aus* dengan material aspal ditampilkan pada Tabel 2.6.

b. Menentukan tebal minimum *base course*

Dalam menentukan *base course* menggunakan kurva korelasi antara nilai tebal perkerasan dan CBR *subgrade*. Kurva dan tabel penentuan tebal tersebut ditampilkan pada Gambar 2.27 dan Tabel 2.7.

c. Menentukan tebal lapisan *subbase*

Tebal lapisan *subbase* di dapatkan dari haril pengurangan antara (tebal lapisan total – tebal lapisan *surface* – tebal lapisan *base course*).

3. Menentukan Nilai CBR Subgrade

Untuk menentukan nilai daya dukung tanah seperti pada daerah-daerah yang memiliki daya dukung tanah rendah, tinggi atau tanah kohesif dan berpasir. Pilihan yang lebih efisien dan ekonomis adalah meningkatkan daya dukung tanah dengan material-material yang mendukung dan lebih baik. Untuk menentukan nilai CBR evaluasi jika terdapat penggantian tanah dasar dengan material lain untuk perkerasan fleksibel dapat menggunakan kurva pada Gambar 2.9 sampai dengan Gambar 2.12.

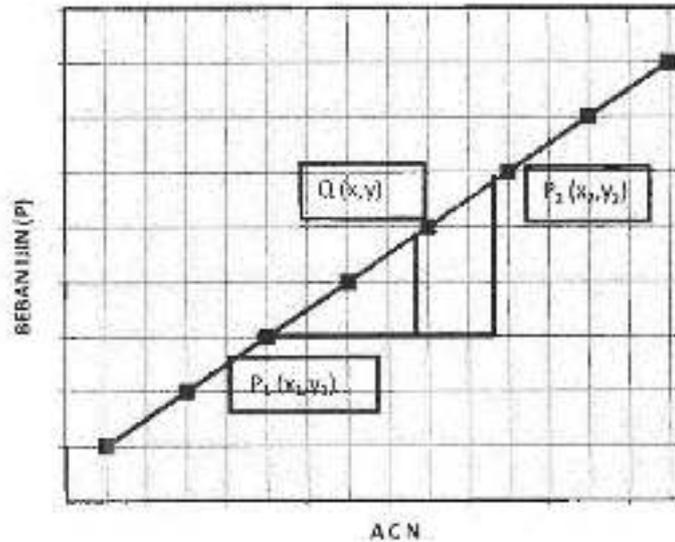
4. Menentukan Daya Dukung Perkerasan

Daya dukung perkerasan digunakan sebagai acuan kemampuan perkerasan menahan tekanan atau beban yang diterima. Untuk menghitung daya dukung perkerasan dibutuhkan data berat pesawat ACN pesawat yang beroperasi, perhitungan daya dukung perkerasan menggunakan persamaan (2.4)

5. Menghitung Nilai PCN

Menghitung nilai PCN dengan interpolasi linier nilai ACN pesawat sesuai dengan daya dukung perkerasan. Interpolasi linier dilakukan berdasarkan persamaan garis lurus melalui dua titik P_1 dan P_2 seperti berikut.

Gambar 2.31 Kurva Interpolasi Linear



Sumber: Dirjen Perhubungan Udara No.KP 93, 2015

Persamaan garis lurus melalui dua titik P_1 dan P_2 dapat dituliskan dengan :

$$\frac{y - y_1}{y_2 - y_1} = \frac{x - x_1}{x_2 - x_1} \quad (2.5)$$

Sehingga diperoleh persamaan dari interpolasi sebagai berikut :

$$y = y_1 + (y_2 - y_1) \frac{x - x_1}{x_2 - x_1} \quad (2.6)$$

Jika :

- x : Nilai PCN yang akan dihitung
- x_1 : ACN minimum
- x_2 : ACN maksimum
- y : beban ijin perkerasan (P)
- y_1 : beban minimum pesawat (P_{\min})
- y_2 : beban maksimu pesawat (P_{\maks})

Maka persamaan interpolasi dapat ditulis :

$PCN = ACN_{min} + (ACN_{maks} - ACN_{min}) \cdot \left(\frac{P - P_{min}}{P_{maks} - P_{min}} \right)$	(2.7)
<p>Dimana:</p>	

ACN_{min} = ACN min yang didapat untuk pesawat kritis

AC_{maks} = ACN maks yang didapat untuk pesawat kritis

P_{min} = Beban minimum pesawat kritis

P_{maks} = Beban maksimum pesawat kritis

P = Beban yang diijinkan bekerja

Tabel 2.13 Contoh Beberapa Nilai ACN Berbagai Tipe Pesawat

Type Pesawat	Maksimum Apron Mass and Operating Empty Mass		Load On One Main Gear Leg	Standard Aircraft Tire Pressure			ACN relative to							
							Rigid pavement subgrade				Flexible pavement subgrade			
							A	B	C	D	A	B	C	D
							High K = 150	Medium K = 80	Low K = 40	Ultra Low K = 20	High CBR = 15	Medium CBR = 10	Low CBR = 6	Very Low CBR = 3
	Lbs	Kgs	%	Psi	Kg / cm ²	Mpa	MN / m ³	MN / m ³	MN / m ³	MN / m ³	%	%	%	%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Airbus A300-B2	304014 192371	137900 87259	47.0	174	12.2	1.20	34 19	41 22	49 26	57 31	35 20	39 21	47 24	62 32
ATR 72 Basic Tires	47466 26896	21530 12200	47.8	114	8.01	0.79	13 6	13 7	14 7	15 8	11 5	12 6	14 7	15 8
B737-100	97800 57200	44361 25945	45.9	157	11.04	1.08	27 12	24 13	26 14	27 15	21 11	22 12	25 13	29 15

Sumber: Dirjen Perhubungan Udara No.KP 93, 2015

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada di Bandar Udara Sibisa, Kecamatan Ajibata, Kabupaten Toba Samosir, Provinsi Sumatera Utara. Pada saat pengumpulan data ini Bandar Udara Sibisa dikelola oleh UPT. Ditjen Hubud Bandara Dr. F. Lumbantobing, Tapanuli Tengah. Berikut gambaran lokasi penelitian bandar udara sibisa yang dimuat dalam bentuk peta yang diambil dari aplikasi Google Maps :



Gambar 3.1 Lokasi Bandar Udara Sibisa, Toba Samosir

Sumber: www.perkim.id/GoogleMaps,bandarudasibisa

3.2 Metodologi Yang Digunakan

Metodologi yang digunakan dalam penyusunan Tugas Akhir ini meliputi persiapan berupa :

- a. Mengurus surat izin dari kampus untuk pengambilan data di kantor UPT. Ditjen Hubud Bandara Dr. F. Lumbantobing, Tapanuli Tengah.
- b. Mencari, mengumpulkan dan mempelajari informasi-informasi atau artikel-artikel dari berbagai sumber yang dapat mendukung dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
- c. Data yang diambil langsung dari kantor pengelola bandar udara sibisa yaitu UPT. Ditjen Hubud Bandara Dr. F. Lumbantobing, Tapanuli Tengah.

3.3 Data Yang Diperoleh

Data yang diperoleh dari kantor pihak pengelola bandara UPT Ditjen Hubud Bandar Udara Dr.Ferdinand Lumbantobing, Tapanuli Tengah adalah data yang digunakan sebelum pengembangan bandar udara.

- a. Spesifikasi Bandar Udara Sibisa

Nama	: Bandar Udara Sibisa
Pengelola bandara	: UPT Ditjen Hubud
Koordinat	: 02°36'01''N dan 098 °57'52''E
Kode IATA/ICAO	: SIW/WIMP
Jarak dari kota	: 10 km

- b. Kriteria Desain *Runway*

Kriteria desain yang digunakan pada landasan pacu bandar udara sibisa adalah sebagai berikut :

Tipe konstruksi	: Asphalt Concrete
Kemampuan <i>runway</i>	: PCN 11 F/C/Y/T
Jenis perkerasan	: F (<i>Flexible Pavement</i>)
Daya dukung subgrade	: C (CBR 6%)
Tekanan izin roda pesawat	: Y (1 Mpa = 145 Psi)
Metode evaluasi	: T (Perhitungan Analitis)
Ukuran landasan	: 1200 x 30 m
PCN	: 11

c. Data frekuensi pergerakan pesawat tahunan (*annual departure*)

Frekuensi pergerakan pesawat tahunan yang beroperasi di Bandar Udara Sibisa sebagai berikut.

Tabel 3.1 Annual Departure Bandara Udara Sibisa

Jenis Pesawat	Frekuensi Penerbangan	Annual Departure	Keterangan
DHC-6/300	1 Kali Seminggu	52	Eksisting
ATR 72-600	3 Kali Seminggu	156	Rencana Tahap I (2030)
ATR 72-600	4 Kali Seminggu	208	Rencana Tahap II (2036)

Sumber: Unit Pelaksana Bandar Udara Dr. F L Tobing

d. Data pesawat

Data karakteristik pesawat yang digunakan di bandar udara sibisa seperti tipe pesawat, berat lepas landas pesawat dan konfigurasi roda pendaratan di tampilkan pada tabel berikut ini.

Tabel 3.2 Berat dan Tipe Roda Pendaratan Pesawat Di Bandar Udara Sibisa

Tipe Pesawat	Gear Designation	MTOW		Jumlah Roda
		Beban Maksimum (Kg)	Beban Maksimum (Lb)	
DHC-6/300	Single	5710	12589	2
ATR 72-600	Dual	22800	50267	4
ATR 72-600	Dual	22800	50267	4

Sumber: Unit Pelaksana Bandar Udara Dr. F L Tobing

e. Data teknis eksisting perkerasan landasan pacu bandar udara sibisa termasuk dalam kategori *low* dengan nilai CBR tanah dasar 6%.

3.4 Metode Pengolahan Data

Data-data dalam penelitian ini akan disusun sesuai dengan kebutuhan dan pengerjaan analisa sesuai dengan teori-teori yang telah dijelaskan dikerangka teori sebelumnya. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah Metode FAA (*Federal Aviation Administration*).

3.5 Perencanaan Perkerasan Lentur Metode FAA

Metode FAA (*Federal Aviation Administration*) adalah metode yang pada dasarnya menggunakan analisa statistik perbandingan dan pembebanan tingkah laku beban, dimana kebutuhan lalu lintas udara, tipe roda pendaratan, berat pesawat, nilai CBR tanah dasar yang dikonversikan kedalam “Pesawat Rencana” dengan *equivalent annual departure* dari pesawat campuran. Dengan data pesawat rencana tersebut maka dapat dilakukan perencanaan perkerasan lentur pada landasan pacu atau *runway*.

3.5.1 Menentukan Pesawat Rencana

Penentuan pesawat rencana merupakan perhitungan yang dilakukan untuk mengetahui pesawat yang memberikan kontribusi beban yang besar sehingga menghasilkan ketebalan perkerasan yang paling besar. Namun penentuan pesawat rencana ini tidak dipilih hanya berdasarkan pesawat yang paling berat tetapi dipilih jenis pesawat yang mempunyai jumlah lintasan tahunan yang paling banyak dan berat yang besar sehingga membutuhkan perkerasan yang paling tebal.

3.5.2 Menentukan Gear Departure Tiap Pesawat (R_2)

Jenis dan konfigurasi roda pendaratan menentukan distribusi beban pesawat terbang ke perkerasan dan bagaimana lapis perkerasan akan bereaksi terhadap beban pesawat. Tujuan dari penentuan gear departure pesawat ini adalah untuk mengkonversi nilai roda pendaratan utama ke dalam pesawat rencana. Faktor konversi tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.4

3.5.3 Menghitung Beban Roda Tiap Pesawat (W_2)

Pendaratan (*landing*) dan lepas landas (*take-off*) pesawat sangat bertumpuan pada roda pendaratan utama yaitu roda belakang. Dari hal tersebut FAA telah menentukan perhitungan pembebanan pesawat pendaratan utama dengan menggunakan persamaan (2.1) dan (2.2).

$$W_2 = \frac{W_1}{R_2}$$

$$W_1 = W_2 R_2$$

Dimana :

W_1 : Beban roda pendaratan pesawat rencana (lbs)

W_2 : Beban roda pendaratan masing-masing jenis pesawat (lbs)

- P : Persentase beban yang diterima roda pendaratan utama (0.95)
MSTOW : Berat kotor pesawat saat lepas landas
n : Jumlah roda pendaratan pesawat

3.5.4 Menghitung Equivalent Annual Departure (R₁)

Untuk menghitung keberangkatan tahunan ekivalen pesawat rencana atau kritis dapat digunakan persamaan (2.3)

$$\log R_1 = \log R_2 \left(\frac{W_2}{W_1} \right)^{0.5}$$

Dimana :

- R₁ : Annual departure pesawat desain
R₂ : Annual departure yang dinyatakan dalam landing gear pesawat
W₁ : Beban roda pesawat desain (lbs)
W₂ : Beban roda pesawat yang dikonversi (lbs)

3.5.5 Menentukan Nilai CBR Subgrade

Untuk menentukan nilai CBR subgrade dengan menggunakan material lain dapat menggunakan kurva pada Gambar 2.9 sampai dengan Gambar 2.12, penggunaan kurva tersebut dipilih berdasarkan pesawat rencana.

3.5.6 Menghitung Daya Dukung Perkerasan

Untuk menghitung daya dukung perkerasan menggunakan persamaan (2.4)

$$P = P_{2.10} + (P_{2.10\text{maks}} - P_{2.10}) \left(\frac{PCN - \text{ACN}_{2.10}}{\text{ACN}_{2.10\text{maks}} - \text{ACN}_{2.10}} \right)$$

Dimana :

- P : Beban yang diijinkan bekerja
P_{min} : Beban minimum pesawat kritis
P_{maks} : Beban maksimum pesawat kritis
ACN_{min} : ACN min yang didapat untuk pesawat kritis
ACN_{maks} : ACN maks yang didapat untuk pesawat kritis

3.5.7 Menghitung Tebal Perkerasan

Penentuan tebal perkerasan dengan metode FAA dapat dilakukan dengan menggunakan grafik perencanaan perkerasan yang telah ditentukan. Grafik tersebut akan menunjukkan ketebalan perkerasan total dibutuhkan dengan menggunakan nilai berat lepas landas kotor, keberangkatan tahunan ekuivalen dan nilai CBR subgrade. Grafik tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.13 sampai dengan Gambar 2.26.

1. Tebal Lapisan Aus (*Surface*)

Untuk ketebalan lapisan aus minimal menggunakan Tabel 2.6

2. Tebal Lapisan *Base Course*

Untuk lapisan *base course* dapat menggunakan kurva Gambar 2.27 korelasi antara tebal perkerasan dan CBR *subgrade* serta tebal minimum base course pada Tabel 2.7.

3. Tebal Lapisan *Subbase Course*

Untuk lapisan subbase course dilakukan perhitungan dengan pengurangan tebal lapisan total – tebal lapisan *surface* – lapisan *base course*.

3.6 Analisis Tebal Perkerasan Dengan Kombinasi Timbunan pilihan

Nilai CBR *subgrade* pada penelitian ini adalah 6% yang termasuk dalam kategori rendah (*low*) seperti yang terdapat pada Tabel 2.10. Dalam penelitian ini akan dianalisis tebal perkerasan dengan tanah timbunan pilihan dan variasi nilai CBR yang berbeda. Pada umumnya tiap lapisan perkerasan lentur menggunakan material yang berbeda-beda. Untuk lapisan permukaan menggunakan aspal, lapisan pondasi atas menggunakan agregat kasar dan lapisan pondasi bawah menggunakan sirtu.

Dalam kasus penelitian ini daerah bandar udara sibisa tidak memiliki material sirtu sebagai lapisan pondasi bawah. Sehingga untuk mencapai tujuan penelitian ini dalam menentukan desain yang paling optimum ditinjau dari segi harga, maka material yang digunakan untuk tiap lapisan perkerasan yaitu lapisan permukaan (*surface*) menggunakan aspal dan lapisan pondasi atas (*base course*) menggunakan agregat base kelas A. Berikut nilai CBR dan material timbunan pilihan yang digunakan dalam analisis perbandingan tebal perkerasan:

1. Timbunan pilihan dengan nilai CBR 8%

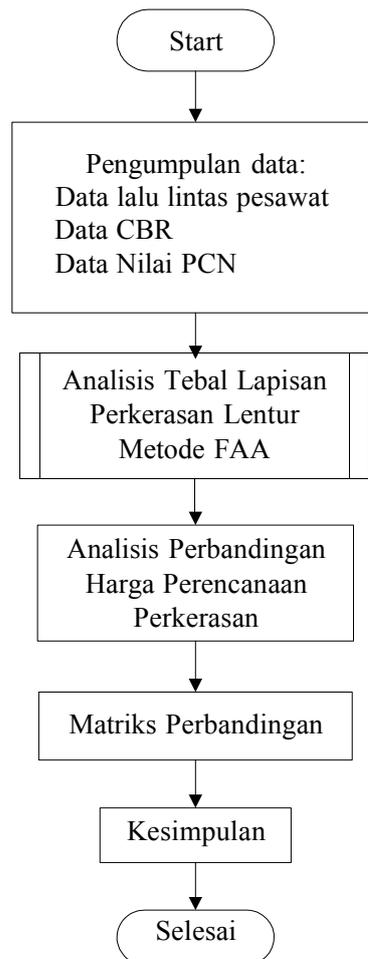
Material yang digunakan adalah tanah timbun pilihan

2. Timbunan pilihan dengan nilai CBR 10%
Material yang digunakan adalah tanah timbun pilihan
3. Timbunan pilihan dengan nilai CBR 12%
Material yang digunakan adalah *agregat base* kelas B
4. Timbunan pilihan dengan nilai CBR 14%
Material yang digunakan adalah *agregat base* kelas B

3.7 Analisis Perbandingan Harga Perencanaan Perkerasan Lentur

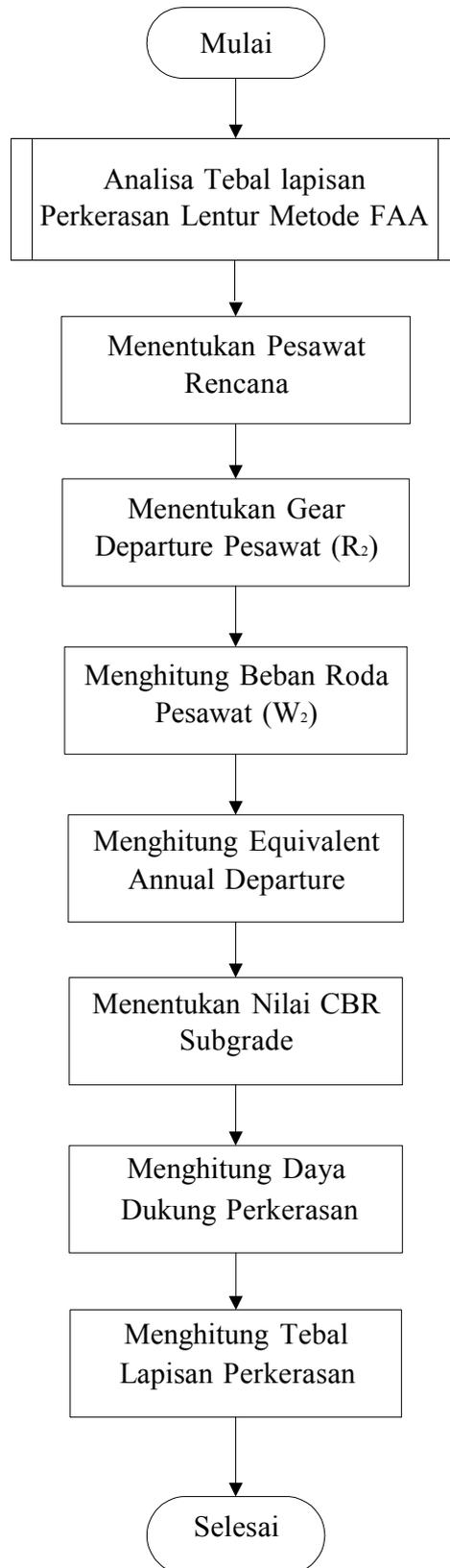
Pada analisis perhitungan biaya material perkerasan lentur, setelah diketahui tebal rencana perkerasan dari berbagai variasi nilai CBR yang telah ditentukan, maka selanjutnya dilakukan analisis perbandingan harga material. Analisis harga satuan mengacu pada Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.11/PRT/M/2013 dan harga material diambil dari Kota Medan Sumatera Utara.

3.8 Flowchart Umum



Gambar 3.2 Flowchart Umum

3.9 Flowchart Metode Penelitian



Gambar 3.3 Flowchart Metode Penelitian