

BAB I

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Bandar Udara adalah kawasan di daratan dan perairan dengan batas-batas tertentu yang digunakan pesawat sebagai tempat untuk lepas landas dan mendarat, naik turun penumpang serta bongkar muat barang. Bandar udara tentu akan memiliki sebuah daerah pendaratan dan lepas landas. Daerah pendaratan dan lepas landas adalah suatu permukaan dimana pesawat dapat mendarat atau lepas landas yang mana permukaannya diberi aspal (Horonjeff 1994). Oleh karena landasan pacu (*runway*) adalah salah satu fasilitas sisi udara yang paling penting dari sebuah bandara yang digunakan oleh pesawat terbang untuk lepas landas dan mendarat, maka perlu perencanaan perkerasan yang optimum. Perkerasan adalah struktur yang terdiri dari beberapa lapisan dengan kekerasan dan daya dukung yang berlainan yang berfungsi sebagai tumpuan rata-rata pesawat (Basuki 1984). Perkerasan lentur adalah suatu perkerasan yang lapisan permukaannya menggunakan aspal sebagai bahan pengikatnya. Dalam mendesain perkerasan lentur landasan pacu tentu akan dipengaruhi oleh berbagai faktor diantaranya adalah beban pesawat dan daya dukung tanah dasar.

Tanah dasar (*subgrade*) adalah lapisan tanah asli yang berfungsi untuk menerima dan menopang beban dan tekanan roda pesawat yang diteruskan oleh struktur lapisan perkerasan (Keselamatan and Sipil 2015), oleh karena itu tanah dasar harus mempunyai daya dukung yang optimum sehingga mampu untuk menerima gaya akibat beban roda pesawat tanpa mengalami kerusakan. Ditinjau dari segi keamanan dan kenyamanan bandar udara sebaiknya dibangun di lokasi yang jauh dari permukiman di perkotaan (Adisasmita 2013) sehingga bebas dari berbagai gangguan dan dapat meminimalisir resiko kecelakaan, daerah pantai dapat menjadi salah satu pilihan lokasi bandar udara. Akan tetapi daya dukung tanah pada daerah pantai tergolong rendah (Fahriani and Apriyanti 2020). Oleh karena itu daya dukung subgrade akan berpengaruh terhadap tebal lapisan dan volume dalam mendesain lapisan perkerasan. Pilihan yang realtif ekonomis untuk meningkatkan daya dukung tanah adalah dengan mengganti tanah dengan

material yang lebih baik. Untuk itu Tugas Akhir ini akan menganalisis pengaruh peningkatan nilai CBR tanah timbun pilihan terhadap lapisan perkerasan landasan pacu.

Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu pada ketebalan lapisan-lapisan perkerasan lentur landasan pesawat, dimana akibat daya dukung dari nilai CBR tanah dasar yang rendah akan mempengaruhi tebal lapisan di atasnya pada perkerasan lentur landasan pesawat sehingga biaya yang dibutuhkan sangat besar. Oleh karena itu penelitian ini dilakukan untuk merencanakan perkerasan lentur landasan pesawat dengan memperbaiki CBR tanah dasar dengan cara penambahan lapisan tanah timbun pilihan dengan beberapa variasi nilai CBR agar dapat mengoptimalkan tebal lapisan perkerasan lentur landasan pesawat dengan tujuan mencari desain yang optimum dalam segi harga.

Tujuan Penelitian

Dari rumusan masalah diatas maka tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah:

1. Mendapatkan hubungan nilai CBR subgrade dengan tebal lapisan perkerasan.
2. Mencari rasio harga material struktur perkerasan dengan peningkatan nilai CBR lapisan pondasi bawah.
3. Menentukan desain yang paling optimum dari segi harga.

Batasan Masalah

Dalam penulisan Tugas Akhir ini memiliki batasan masalah antara lain:

1. Tinjauan kasus dilakukan di Bandara Udara Binaka – Gunung Sitoli
2. Data pesawat yaitu frekuensi dan beban pesawat diambil dari Bandar Udara Binaka – Gunung Sitoli
3. Perkuatan tambahan seperti geosintetik tidak termasuk dalam analisis.
4. Analisis penurunan tidak diperhitungkan pada penelitian ini.
5. Jenis perkerasan yang digunakan adalah perkerasan lentur dengan CBR tanah dasar 6%.
6. Proyeksi peningkatan penumpang tidak diperhitungkan.

7. Untuk Analisa Harga Satuan Pekerjaan digunakan peraturan Menteri Pekerjaan Umum no.11/PRT/M/2013 tentang Pedoman Analisis Harga Satuan Pekerjaan Bidang Pekerjaan Umum.
8. Penentuan tebal perkerasan landasan pacu menggunakan metode FAA (Federal Aviation Administration).
9. Untuk menghitung tebal perkerasan digunakan 4 variasi nilai CBR subgrade tanah timbun yaitu 10%, 12%, 15% dan 20%.

Manfaat penelitian

Manfaat dari penelitian ini antara lain:

1. Dapat digunakan oleh peneliti selanjutnya sebagai sarana untuk menambah pengetahuan, wawasan dan pengalaman, sebagai penerapan teori-teori yang didapat dibangku kuliah dan dapat menjadi bekal ilmu khususnya dalam perencanaan landasan pesawat.
2. Dapat memberikan masukan kepada pemerintah maupun pengelola Bandara mengenai kondisi fasilitas sisi udara.

Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan Tugas Akhir ini disusun dalam lima bagian utama ditambah dengan lampiran-lampiran. Adapun deskripsi singkatnya sebagai berikut:

1. Bab I Pendahuluan:
Bab ini berisi latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian, sistematika penulisan, rencana anggaran biaya, time schedule dan flowchart penulisan.
2. Bab II Tinjauan Pustaka:
Bab ini membahas teori-teori, referensi studi pustaka dan rumus-rumus yang digunakan oleh penulis untuk menunjang penelitian yang diperoleh dari referensi berbagai sumber yang penulis dapatkan.
3. Bab III Metodologi Penelitian:
Bab ini menjelaskan tentang metodologi analisis yang digunakan dalam penelitian untuk memperoleh data, melakukan evaluasi dan analisa untuk mengetahui pengaruh peningkatan nilai CBR pondasi bawah terhadap lapisan perkerasan lentur landasan pesawat.
4. Bab IV Analisa dan Pembahasan:

Bab ini berisi tentang uraian data, hal-hal yang akan dievaluasi dan dianalisa untuk mengetahui pengaruh nilai CBR pondasi bawah terhadap lapisan perkerasan lentur landasan pesawat.

5. Bab V Kesimpulan dan Saran:

Bab ini bagian akhir yang berisi kesimpulan dan saran mengenai hasil penelitian Tugas Akhir ini. Pada penulisan akan dilampirkan daftar pustaka dan lampiran yang berisi data-data penunjang dalam proses pengolahan data.

Rencana Anggaran Biaya

Tabel Error! No text of specified style in document..1 Rencana Anggaran Biaya

No	Uraian Pekerjaan	Vol	Satuan	Harga	Jumlah Harga
1	Megumpulkan Bahan-bahan refrensi	3	Bh	80.000	240.000
2	Browsing di Internet	3	Ls	75.000	225.000
3	Pengerjaan Laporan Proposal	5	Ls	10.000	50.000
4	Seminar Proposal	1	Ls	500.000	500.000
5	Pengumpulan Data dan Pengerjaan	2	Ls	200.00	400.000

	Laporan				
6	Analisa 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)					3.565.000

Time Schedule (Waktu Pelaksanaan Tugas Akhir)

Tabel Error! No text of specified style in document..2 Time Schedule (waktu Pelaksanaan Tugas Akhir)

No	Uraian Pekerjaan	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul
		1	2	3	4	5
1	Pengajuan Judul TA dan Pembekalan serta Bimbingan Judul					
2	Pengumpulan Data					
3	Seminar Proposal					
4	Seminar Hasil					
5	Revisi Seminar Hasil					
6	Penyelesaian Laporan					

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Bandar Udara

Bandar udara adalah kawasan di daratan dan atau perairan dengan batas-batas tertentu yang digunakan sebagai tempat pesawat udara, di samping mendarat dan lepas landas, juga sebagai tempat untuk 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 (Warsito 2016). Bandar udara memiliki peran sebagai simpul dalam jaringan transportasi udara yang digambarkan sebagai titik lokasi bandar udara yang menjadi pertemuan beberapa jaringan dan rute penerbangan sesuai hierarki bandar udara. Pada suatu bandar udara terdapat bagian khusus yang disebut dengan aerodrome, yang didefinisikan sebagai suatu kawasan (termasuk di dalamnya terdapat bangunan, instalasi dan peralatan), di daratan atau di perairan, yang sebagian atau seluruhnya disiapkan untuk digunakan oleh pesawat udara ketika melakukan pendaratan, lepas landas, dan pergerakan di darat. Bagian sisi darat (*landside*) meliputi terminal penumpang, terminal kargo, hanggar, area parkir kendaraan bermotor, dan lainnya. Sedangkan bagian sisi udara (*airside*) meliputi landasan pacu (*runway*), area parkir pesawat (*apron*), landasan penghubung antara landasan pacu dan *apron* (*taxiway*), peralatan navigasi dan peralatan penunjang lainnya.

Landasan Pacu (*Runway*)

Runway (landasan pacu) adalah jalur jalan yang memanjang, rata dan kuat (dibuat dari aspal atau beton) yang digunakan oleh pesawat udara sebagai tempat melakukan pendaratan (*landing*) dan lepas landas (*take-off*) (Adisasmita 2013). Pada awalnya, permukaan landasan pacu adalah rumput atau pun tanah yang dipadatkan. Akan tetapi, ketika, badan pesawat bertambah besar maka yang lazim digunakan saat ini adalah aspal dan beton. Panjang dan lebarnya pun bervariasi mulai dari yang panjang 1000 m hingga 5000 m lebih.

Sementara ukuran landasan pacu di Indonesia sendiri kurang lebih 3200 m x 45 m. Dengan ukuran seperti itu, tidaklah cukup untuk didarati pesawat berbadan lebar seperti boeing B747. Hanya beberapa bandara saja di Indonesia yang ukurannya 4000 m x 60 m. Namun itu cukup wajar mengingat wilayah Indonesia adalah kepulauan yang sangat membutuhkan bandara kecil untuk penerbangan perintis. Ukuran pacu pun tidaklah mutlak karena juga dipengaruhi iklim, semakin tinggi suhu yang berada di sekitar bandara, maka semakin panjang pula landasan pacu yang diperlukan. Konstruksi perkerasan landasan pacu, secara teoritis terdiri dari 2 (dua) jenis, yaitu *asphalt pavement* (perkerasan aspal) dan *cement concrete pavement* (perkerasan beton).

Bila ditinjau dari bagaimana mendistribusikan tekanan terhadap *subgrade* (tanah pondasi), perkerasan dibagi menjadi tiga yaitu:

- a. *Flexible pavement* (perkerasan lentur)

Flexible pavement adalah struktur perkerasan yang mendistribusikan beban yang diterimanya ke lapisan *subgrade* secara *flexible*, tergantung pada keterikatan (*interlock*) antar-butiran (*aggregate*), gesekan antar-partikel, dan daya kohesi dalam menjaga kestabilan konstruksi. Perkerasan aspal adalah contoh dari *flexible pavement*.

b. *Rigid pavement* (perkerasan kaku)

Rigid pavement adalah struktur perkerasan yang mendistribusikan beban yang diterimanya ke lapisan *subgrade* secara *rigid* (kaku) atau tidak fleksibel. Lapisan permukaan *rigid pavement* berupa lempengan beton (*cement concrete slab*) yang memiliki *bending resistance* (daya tahan kelengkungan) yang relatif tinggi. Contohnya adalah perkerasan beton.

c. *Composite pavement* (perkerasan komposit)

Composite pavement adalah gabungan antara *flexible* dan *rigid pavement*.

Salah satu penentu kekuatan landasan pacu adalah kekuatan subgradenya. Kekuatan subgrade dibagi menjadi 4 kategori:

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

Konfigurasi Landasan Pacu

Banyak macam konfigurasi landasan pacu, sebagian konfigurasi adalah kombinasi dari konfigurasi dasar. Konfigurasi dasarnya adalah sebagai berikut:

a. Landasan Tunggal

Landasan tunggal adalah konfigurasi yang paling sederhana, sebagian besar lapangan terbang di Indonesia adalah landasan tunggal.

b. Landasan Paralel

Kapasitas landasan sejajar terutama tergantung kepada jumlah landasan dan pemisahan/penjarakan antara dua landasan. Yang biasa adalah dua landasan sejajar atau empat landasan sejajar dan sampai saat ini belum ada landasan sejajar lebih dari empat.

c. Landasan Dua Jalur

Landasan dua jalur terdiri dari dua landasan yang sejajar dipisahkan berdekatan (700 ft - 2.499 ft) dengan exitway secukupnya.

d. Landasan Bersilangan

Banyak lapangan terbang (di luar Negeri) mempunyai dua atau tiga landasan dengan arah (direction) berlainan, berpotongan satu sama lain, Landasan bersilangan diperlukan jika angin yang bertiup keras lebih dari satu arah, yang akan menghasilkan tiupan angin berlebihan bila landasan mengarah ke satu mata angin.

e. Landasan V terbuka

Landasan dengan arah divergen, tetapi tidak saling berpotongan disebut landasan V terbuka. Sama halnya pada landasan bersilangan, landasan V terbuka dibentuk karena arah angin keras dari banyak arah, sehingga harus membuat landasan dua arah. Ketika angin bertiup kencang dari satu arah, maka landasan hanya bisa dioperasikan satu arah saja, sedangkan pada keadaan angin bertiup lembut, landasan dua-duanya bisa dipakai bersama-sama.

Tipe Perkerasan Landasan Pacu

Perkerasan adalah struktur yang terdiri dari beberapa lapisan dengan kekerasan dan daya dukung berlainan (Basuki 1984). Perencanaan perkerasan merupakan suatu masalah rekayasa yang kompleks yang melibatkan pertimbangan dari sejumlah besar variable (Horonjeff 1994). Perkerasan yang dibuat dari campuran aspal dengan agregat, digelar di atas suatu permukaan material granular mutu tinggi disebut perkerasan *flexible*, sedangkan perkerasan yang dibuat dari slab-slab beton (*Portland Cement Concrete*) disebut perkerasan "*rigid*". Perkerasan berfungsi sebagai tumpuan rata-rata pesawat, 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).

Perkerasan Kaku

Perkerasan kaku (*rigid*) terdiri dari slab-slab beton tebal 6-20 cm, digelar di atas lapisan yang dipadatkan, baiknya apabila lapisan di bawah beton dicampur dengan semen atau aspal setebal 10-15, hal ini agar efek pompa bisa ditekan sekecil mungkin. Lapisan yang berdampingan di bawah lapisan beton, kadang-kadang disebut *subbase*, bukan *base course*, sebab kualitasnya tidak perlu setinggi material yang ada dibawah lapisan *surface course* pada perkerasan lentur (*flexible*). Pada perencanaan perkerasan landasan pacu (*runway*), memiliki konsep dasar yang sama dengan perencanaan perkerasan jalan raya, dimana perencanaan berdasarkan beban yang bekerja dan kekuatan bahan yang digunakan untuk mendukung beban

yang bekerja. Namun pada aplikasi sesungguhnya, terdapat perbedaan pada perencanaan perkerasan landasan pacu (*runway*) dan jalan raya, yaitu:

1. Jalan raya dirancang untuk kendaraan yang berbobot sekitar 9000lbs (4082,331kg), sedangkan *runway* dirancang untuk memikul beban pesawat yang rata-rata berbobot jauh lebih besar yaitu sekitar 100.000lbs (45359,237kg).
2. Jalan raya direncanakan mampu melayani perulangan beban (repetisi) 1000-2000 truk per-harinya. Sedangkan *runway* direncanakan untuk melayani repetisi beban 20.000-40.000 kali selama umur rencana.
3. Tekanan ban kendaraan yang bekerja kira-kira 80–90 psi. Sedangkan pada *runway* tekanan ban yang bekerja di atasnya adalah mencapai 400 psi.
4. Perkerasan jalan raya mengalami distress (kesulitan) yang besar karena beban bekerja lebih dekat ke tepi lapisan, berbeda dengan *runway* dimana beban bekerja pada bagian tengah perkerasan.

Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

Yang dimaksud *flexible pavement* adalah perkerasan yang umumnya menggunakan bahan campuran beraspal sebagai lapis permukaan serta bahan berbutir sebagai lapisan dibawahnya. Sehingga lapisan perkerasan tersebut mempunyai fleksibilitas/kelenturan yang dapat menciptakan kenyamanan kendaraan dalam melintas di atasnya. Perkerasan lentur merupakan suatu perkerasan yang mempunyai sifat elastis dimana perkerasan akan melendut saat diberi pembebanan. Perkerasan lentur terdiri dari lapisan-lapisan yaitu sebagai berikut:

Tanah Dasar (sub grade)

Tanah dasar adalah permukaan tanah semula atau permukaan galian atau permukaan tanah timbunan, yang dipadatkan dan merupakan permukaan dasar untuk perletakan bagian-bagian perkerasan lainnya. Lapisan subgrade (tanah dasar) pada perkerasan akan menentukan kualitas konstruksi landasan pacu. Banyak metode yang dipergunakan untuk menentukan daya dukung tanah dasar, dari cara yang sederhana sampai kepada yang rumit seperti CBR (*California Bearing Ratio* Tanah Dasar), MR (*Resilient Modulus*), dan K (Modulus Reaksi Tanah), bisa terletak di atas tanah atau galian.

Lapisan ini merupakan yang terpenting dari struktur konstruksi perkerasan lentur, dimana tanah dasar yang akan mendukung konstruksi landasan pacu (*runway*) serta muatan lalu lintas lainnya, maka daya dukung tanah (CBR) yang ada harus cukup baik.

Lapis Pondasi Bawah (sub base course)

Kemudian lapisan pondasi bawah (*subbase course*) adalah bagian perkerasan yang terletak antara lapis pondasi dan tanah dasar dibuat dari material yang diperbaiki dahulu, bisa juga material alam. Lapisan ini sering dibuat dengan menghamparkan jenis agregat sirtu apa adanya dari tempat pengambilan lalu dipadatkan. Material yang digunakan untuk lapisan pondasi atas umumnya harus cukup kuat, mempunyai nilai CBR minimum 20% dan Indeks Plastisitas (PI) <10%.

Fungsi pondasi bawah antara lain:

- a. Sebagai bagian dari konstruksi perkerasan untuk mendukung dan menyebarkan beban roda.
- b. Mencapai efisiensi penggunaan material yang relatif murah agar lapisan-lapisan selebihnya dapat dikurangi tebalnya (penghematan biaya konstruksi).
- c. Untuk mencegah tanah dasar masuk ke dalam lapis pondasi.
- d. Sebagai lapis pertama agar pelaksanaan dapat berjalan lancar.

Hal ini sehubungan dengan terlalu lemahnya daya dukung tanah dasar terhadap roda-roda alat-alat besar atau karena kondisi lapangan yang memaksa harus segera menutup tanah dasar dari pengaruh cuaca. Akan tetapi tidak selalu perkerasan lentur memerlukan *subbase course*, di lain pihak perkerasan lentur yang tipis kadang-kadang membutuhkan lebih dari satu lapis *subbase*.

Bermacam-macam tipe tanah setempat yang (CBR > 20%, PI < 10%) yang relatif lebih baik dari tanah dasar dapat digunakan sebagai bahan pondasi bawah. Campuran-campuran tanah setempat dengan kapur atau semen Portland dalam beberapa hal sangat dianjurkan, agar dapat bantuan yang efektif terhadap kestabilan konstruksi perkerasan.

Lapis Pondasi (base course)

Lapis pondasi adalah bagian perkerasan yang terletak antara lapis permukaan dengan lapis pondasi bawah (atau dengan tanah dasar bila tidak menggunakan lapis pondasi bawah).

Fungsi lapis pondasi antara lain:

- a. Sebagai bagian perkerasan yang menahan beban roda,
- b. Sebagai perletakan terhadap lapis permukaan.

Bahan-bahan untuk lapis pondasi umumnya harus cukup kuat dan awet sehingga dapat menahan beban-beban roda. Sebelum menentukan suatu bahan untuk digunakan sebagai bahan pondasi, hendaknya dilakukan penyelidikan dan pertimbangan sebaik-baiknya sehubungan

dengan persyaratan teknik. Berbagai-bagai bahan alam atau bahan setempat (CBR > 50%, PI < 4%) dapat digunakan sebagai bahan lapis pondasi, antara lain : batu pecah, kerikil pecah dan stabilisasi tanah dengan semen atau kapur.

Lapis Permukaan (*surface course*)

Setelah itu lapisan permukaan (*surface course*) bagian perkerasan yang paling atas terdiri dari campuran aspal dan agregat yang biasanya mempunyai ketebalan 5 cm atau lebih. Fungsi utamanya adalah agar pesawat dikendarai di atas permukaan yang rata dan keselamatan penerbangan, untuk mampu menahan beban roda pesawat dan menahan beban repitisi serta membagi beban tersebut kepada lapisan-lapisan dibawahnya dan fungsi lainnya sebagai lapisan rapat air untuk melindungi badan landasan pacu dari kerusakan akibat cuaca.

Bahan lapis permukaan umumnya adalah sama dengan bahan untuk lapis pondasi, dengan persyaratan yang lebih tinggi. Penggunaan bahan aspal diperlukan agar lapisan dapat bersifat kedap air, disamping itu bahan aspal sendiri memberikan bantuan tegangan tarik, yang berarti mempertinggi daya dukung lapisan terhadap beban roda lalu lintas.

Pemilihan bahan untuk lapis permukaan perlu dipertimbangkan kegunaan, umur rencana serta pentahapan konstruksi, agar dicapai manfaat yang sebesar-besarnya dari biaya yang dikeluarkan. Lapisan permukaan biasanya menggunakan bahan aspal panas (Hot Mix) yang dihamparkan. Pelapisan perkerasan ini menggunakan lapisan bahan pengikat (Binder Course), antara lain:

1. Prime Coat

Prime Coat merupakan aspal dingin (cair) kepada permukaan pondasi yang belum beraspal, dengan maksud sebagai pendahuluan untuk lapisan yang berikutnya. Tujuan prime coat adalah:

- a) Lapisan penahan beban roda, lapisan yang mempunyai stabilitas yang tinggi untuk menahan beban roda selama masa pelayanan.
- b) Lapisan kedap air yang berfungsi agar air hujan yang jatuh diatasnya tidak meresap kelapisan bawahnya.
- c) Lapisan aus (*wearing course*) lapisan yang langsung menderita akibat gesekan rem kendaraan sehingga lebih muda menjadi aus.
- d) Lapisan yang menyebarkan beban kelapisan bawah, dimana memikul daya dukung lebih kecil dan akan menerima beban yang kecil juga.

2. Take Coat

Take coat merupakan peleburan aspal kepada permukaan yang belum beraspal atau permukaan beton yang cukup umurnya, Maksud dan tujuannya adalah memberikan ikatan antara lapisan permukaan yang lama dan lapis permukaan baru.

Penggunaan lapisan beraspal diperlukan agar lapisan dapat bersifat kedap air, disamping itu bahan aspal sendiri memberikan tegangan tarik yang berarti mempertinggi daya dukung lapisan terhadap beban roda lalu lintas. Pemilihan bahan untuk lapisan permukaan perlu dipertimbangkan kegunaannya, umur rencana serta tahapan konstruksi agar tercapai manfaat yang sebesar-besarnya dari segi biaya konstruksi yang dikeluarkan.

Metode FAA (Federal Aviation Administration)

FAA (Federal Aviation Administration) merupakan lembaga regulator penerbangan sipil di Amerika Serikat. Sebagai bagian dari Kementerian Transportasi Amerika Serikat, badan ini bertanggungjawab sebagai pengatur dan pengawas penerbangan sipil di A. S. Fungsinya mirip dengan Direktorat Jenderal Perhubungan Udara di Indonesia.

Metode FAA pada dasarnya adalah pengembangan dari metode CBR dan telah banyak dipakai untuk perencanaan tebal perkerasan bandar udara di dunia. Metode FAA mulai dikenal pada tahun 1969 yang kemudian berkembang pada tahun 1974 dan pada akhirnya pada tahun 1978.

Metode perencanaan perkerasan yang dikembangkan oleh FAA. Pada dasarnya, analisa statistik perbandingan-perbandingan kondisi lokal dari tanah, sistim drainage, cara pembebanan untuk berbagai tingkah laku beban.

Klasifikasi tanah didasarkan kepada hal-hal dibawah ini:

- a. Butiran yang ditahan pada saringan No. 10
- b. Butiraan lewat saringan No. 10 tetapi ditahan No. 40
- c. Butiran lewat saringan No. 40 tetapi ditahan No.200
- d. Butiran lewat saringan No.200
- e. Liquit Limit
- f. Plasticity Index

Klasifikasi tanah di atas hanya membutuhkan analisa mekeanis (analisa saringan) serta penentuan liquid limit dan plasticity index. Namun demikian, untuk menentukan baik buruknya jenis tanah kita tidak bisa hanya mendasarkan kepada analisa laboratorium di atas, perlu

diadakan penelitian di lapangan terutama yang berhubungan dengan drainagenya, kemampuan melewati air permukaan.

Topografi jenis-jenis lapisan tanah, seta evaluasi air tanah akan berpengaruh besar terhadap sistem drain di lapangan. Drainage yang jelek akan menghasilkan Sub grade yang tidak stabil, dengan sistem drainage yang baik akan menghindarkan Sub grade dari genangan air permukaan.

FAA telah membuat klasifikasi tanah, untuk perencanaan perkerasan. Tanah diklasifikasikan menjadi 13 kelas dari E1 sampai E13.

Group E1

Adalah jenis tanah yang mempunyai gradasi baik, kasar, butiran-butirannya tetap stabil walaupun sistem drainagenya tidak baik, di negara-negara dingin jenis tanah group E1 tidak terpengaruh oleh salju yang merugikan. Biasanya terdiri pasir bergradasi baik, kerikil tanpa butiran-butiran halus.

Di daerah dengan salju yang kuat, tanah harus di check kandungan material yang diameter butirannya kurang dari 0.02 mm.

Group E2

Jenis tanah mirip dengan E1, tetapi kandungan pasirnya lebih sedikit, dan mungkin mengandung prosentase lumpur dan tanah liat yang banyak.

Tanah dalam group ini, bisa menjadi tidak stabil apabila sistem drainagenya tidak stabil.

Group E3 dan E4

Terdiri dari tanah berbutir halus, tanah berpasir dengan gradasi lebih jelek dibanding group E1 dan E2.

Bisa terdiri dari pasir berbutir halus tanpa daya kohesi, atau tanah liat berpasir dengan kualitas peningkatan mulai dari cukup sampai baik. Dia kurang stabil dibanding tanah group E2 di bawah pengaruh kondisi sistem drainage yang tidak baik.

Group E5

Terdiri dari tanah bergradasi jelek, dengan kandungan lumpur dan tanah liat campuran, lebih dari 35% tetapi kurang dari 45%.

Tanah dengan kandungan lumpur plus tanah liat kurang dari 45%, harga plasticity indexnya antara 10 - 15.

Group E6

Terdiri dari lumpur dan lumpur berpasir dengan plasticity yang sangat rendah. Jenis tanah ini relatif stabil bila kering atau pada moisture content rendah.

Stabilitasnya akan hilang dan menjadi sangat lembek dalam keadaan basah, maka sangat sukar dipadatkan kecuali jika moisture contentnya betul-betul dikontrol dengan teliti sesuai kebutuhan. Tekanan kapilernya sangat tinggi sehingga mudah menghisap air.

Group 7

Termasuk di dalamnya tanah liat berlumpur, tanah liat berpasir, pasir berlempung dan lumpur berlempung, mempunyai rentang consistency kaku sampai lunak ketika kering, dan plastis ketika basah.

Jenis tanah ini dipadatkan akan kaku dan padat pada moisture content yang tepat. Perubahan kelembapan akan menghasilkan perubahan volume tanah.

Tekanan kapilernya sangat kuat, tetapi kenaikan air kapilernya lebih lambat dibanding pada group E6.

Group E8

Mirip dengan E7 tetapi pada liquid limit yang lebih tinggi akan menghasilkan derajat pemampatan yang lebih besar, pengembangan pengerutan dan stabilitas yang lebih rendah di bawah kondisi kelembapan yang kurang menguntungkan.

Group E9

Terdiri dari campuran lumpur dan tanah liat, sangat sulit dipadatkan. Stabilitasnya rendah, baik keadaan basah atau kering.

Group E10

Adalah jenis tanah liat berlumpur dan tanah liat yang membentuk gumpalan keras dalam keadaan kering, serta sangat plastis bila basah. Pada pemadatan perubahan volumenya sangat besar, mempunyai kemampuan mengembang menyusut dan derajat elastisnya tinggi.

Jenis tanah ini lebih sukar dipadatkan dibanding group E7 dan E8, membutuhkan kontrol kelembapan yang lebih teliti agar menghasilkan penimbunan yang stabil dan padat.

Group E11

Mirip dengan tanah group E10 tetapi mempunyai liquid limit yang lebih tinggi, termasuk di dalamnya tanah dengan liquid limit antara 70 - 80 dengan plasticity index di atas 30.

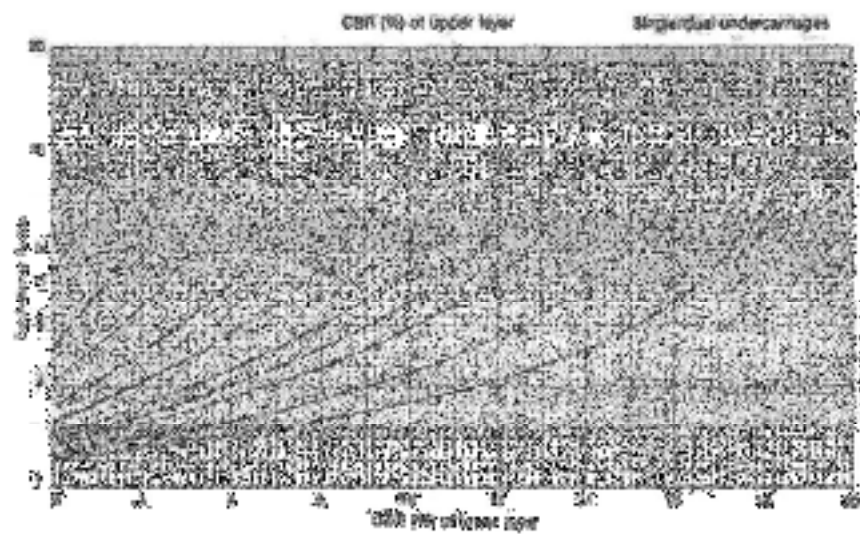
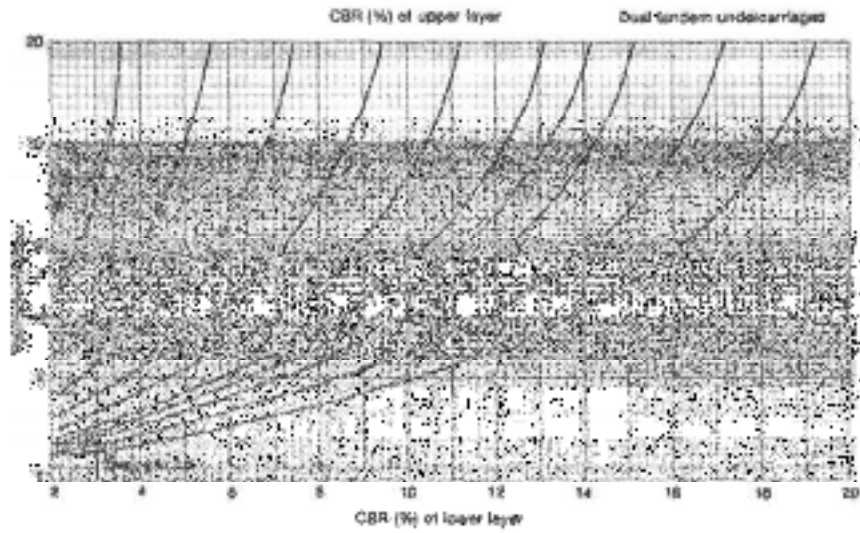
Group 12

Jenis-jenis tanah yang mempunyai Liquid Limit di atas 80 tidak diukur berapapun plasticity indexnya. Bisa terbentuk oleh tanah liat dengan plasticitas tinggi, sangat tidak stabil dengan adanya kelembapan atau bahan-bahan organik dalam jumlah yang berlebihan.

Group E13

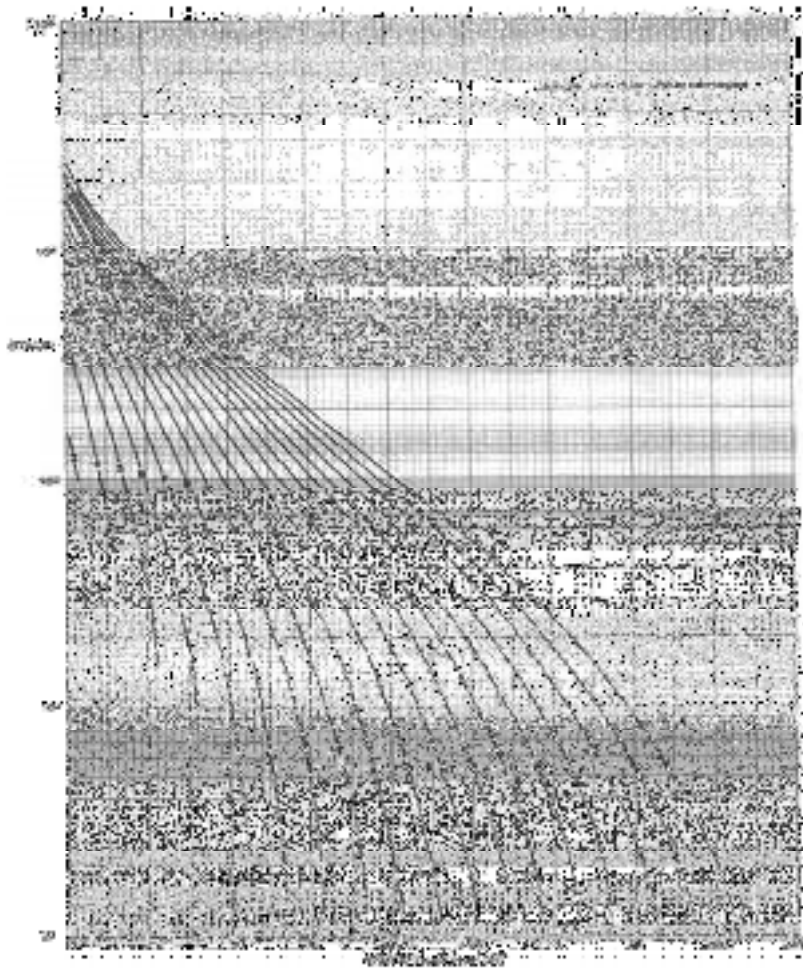
Meliputi semua jenis tanah rawa organik, seperti gambut, mudah dikenal di lapangan. Dalam keadaan asli, sangat rendah stabilitasnya, sangat rendah densitinya, sangat tinggi kelembapannya.

Pada area yang memiliki daya dukung rendah atau pada tanah kohesif dengan konsistensensi *soft* dan *very soft* atau pada *loose sand*, pilihan yang relatif ekonomis untuk meningkatkan daya dukung tanah adalah dengan mengganti tanah lunak dengan material yang lebih baik. Untuk menentukan nilai CBR evaluasi jika terdapat penggantian tanah dasar dengan material lain untuk perkerasan *flexible* dapat menggunakan kurva pada Gambar **Error! No text of specified style in document.**1, Gambar **Error! No text of specified style in document.**2 dan Gambar **Error! No text of specified style in document.**3.



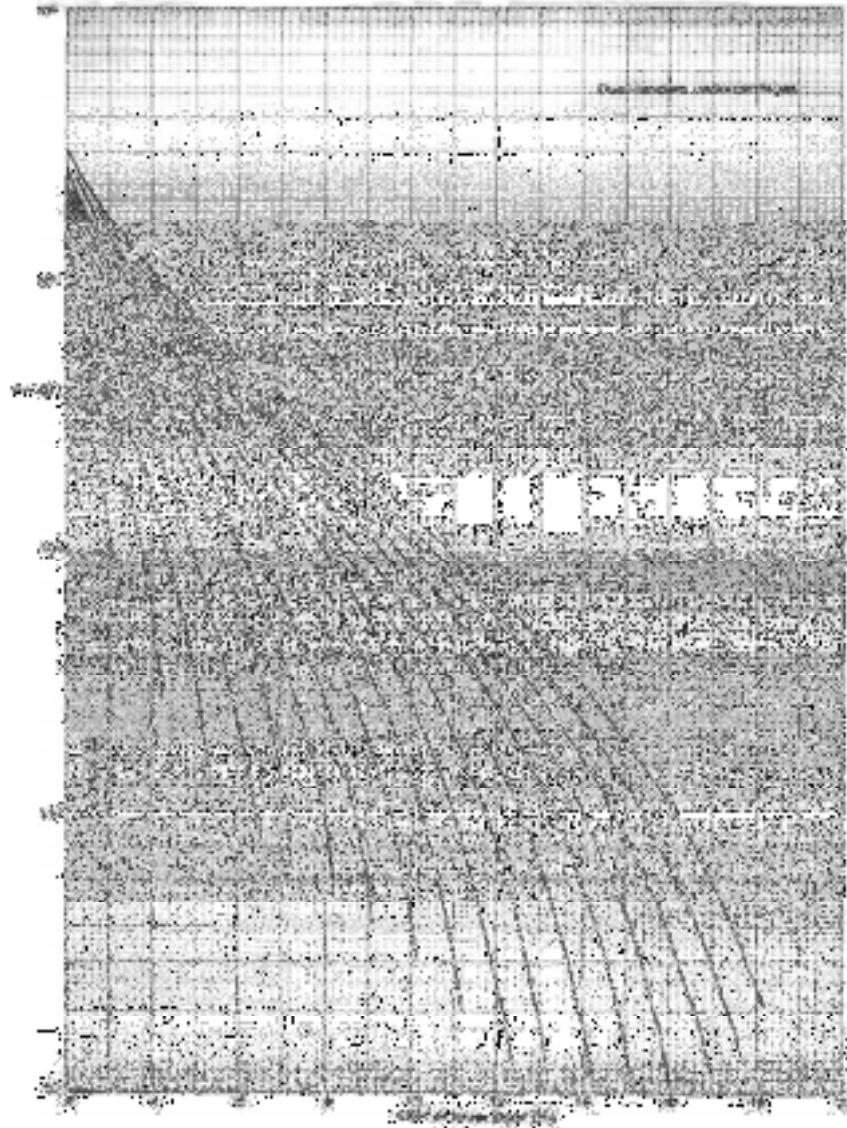
Gambar **Error! No text of specified style in document.** Korelasi antara CBR Subgrade Lapisan Bawah dengan Faktor Equivalent

(Sumber: KP 93, 2015)



Gambar **Error! No text of specified style in document.**2 Estimasi Nilai CBR Subgrade Untuk Konfigurasi Roda Single dan Dual

(Sumber: KP 93, 2015)



Gambar **Error! No text of specified style in document.**3 Estimasi Nilai CBR Untuk Konfigurasi Roda Dual Tandem

(Sumber: KP 93, 2015)

Langka-langkah penentuan nilai CBR pada dua lapis subgrade dimana nilai CBR lapisan atas lebih tinggi dari nilai CBR subgrade pada lapisan dibawahnya adalah sebagai berikut:

1. Tentukan konfigurasi nilai pesawat yang beroperasi.

2. Plot CBR subgrade lapisan bawah dan CBR subgrade pada lapisan atas ke Gambar **Error! No text of specified style in document..1** dan tarik garis horizontal untuk mendapatkan nilai faktor equivalent.
3. Hitung tebal lapisan bawah (t) dengan membagi lapisan atas dengan faktor equivalent dan hitung nilai t^2/ACN .
4. Plot nilai t^2/ACN dan CBR subgrade lapisan bawah ke Gambar **Error! No text of specified style in document..2** atau Gambar **Error! No text of specified style in document..3** untuk menentukan nilai CBR evaluasi.

Menentukan Pesawat Rencana

Sebuah pesawat rencana dapat ditentukan dengan melihat suatu jenis pesawat yang beroperasi dan besar MTOW (*Maksimum Structural Take Off Weight*) dan data jumlah keberangkatan yang menghasilkan tebal perkerasan yang paling besar. Pemilihan pesawat rencana ini pada dasarnya bukanlah berasumsi harus berbobot paling besar, tetapi jumlah keberangkatan yang paling banyak melalui landasan pacu yang akan direncanakan. Pesawat rencana ini kemudian akan diterapkan sebagai pesawat yang membutuhkan tebal perkerasan yang paling besar yang beroperasi didalam bandara karena pesawat yang beroperasi di bandara memiliki angka keberangkatan tahunan ekivalen dari setiap pesawat dengan konfigurasi roda pendaratan dari pesawat rencana.

Menentukan Beban Roda Pendaratan Utama Pesawat (W₂)

Untuk pesawat yang berbadan lebar yang dianggap mempunyai MTWO cukup tinggi dengan roda pendaratan utama tunggal dalam perhitungan *Equivalent Annual Departure* (RI) ditentukan dengan beban roda tiap pesawat, 95% berat total dari pesawat ditopang oleh roda pendaratan utama, dalam perhitungannya dengan menggunakan persamaan (**Error! No text of specified style in document..1**) berikut:

$$W_2 = P \times MTOW \times \frac{1}{n}$$

(Error! No text of specified style in document..1)

Dimana:

W_2 = Beban roda pendaratan dari masing-masing jenis pesawat (lbs)

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

Tipe roda pendaratan utama sangatlah menentukan dalam perhitungan tebal perkerasan. Hal ini dikarenakan penyaluran beban pesawat melalui roda-roda ke perkerasan.

Menentukan Ketebalan

Area yang kritis yaitu *taxiway*, landasan pacu 300 meter dari ujung-ujung threshold, dan apron tebalnya diperhitungkan penuh sesuai kurva. Sedangkan area non kritis pada umumnya diperhitungkan 0.9 kali ketebalan kritis. Didalam menentukan ketebalan kritis perkerasan, terlebih dahulu harus ditentukan “Pesawat Rencana” yaitu bebannya yang menghasilkan ketebalan perkerasan yang paling besar, pesawat rencana tidak perlu harus yang terberat.

Didalam rancangan lalu lintas pesawat, perkerasan harus melayani beragam macam pesawat, yang mempunyai tipe roda pendaratan berbeda-beda, dan berlainan beratnya. Pengaruh dari semua jenis model lalu lintas harus dikonversikan ke dalam “Pesawat Rencana” dengan *Equivalent Annual Departures* dari pesawat-pesawat campuran tadi. *Equivalent Annual Departures* pesawat kritis, dihitung dengan menggunakan persamaan (Error! No text of specified style in document..2) berikut:

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

(Error! No text of specified style in document..2)

Dimana:

- R₁ = Annual departures pesawat kritis/pesawat desain
R₂ = Annual departures yang dinyatakan dalam landing
W₁ = Beban roda dari pesawat kritis/desain (lbs)
W₂ = Beban roda dari pesawat yang dikonversi (lbs)

Bagi pesawat berbadan lebar, dianggap mempunyai berat 300.000 lbs dengan roda pendaratan dual tandem, dalam perhitungan *Equivalent Annual Departures*.

Tipe roda pendaratan juga berlainan bagi tiap-tiap jenis pesawat, maka perlu dikonversikan juga. Faktor konversinya dapat dilihat pada Tabel **Error! No text of specified style in document.**3 berikut ini.

Tabel **Error! No text of specified style in document.**3 Faktor Konfersi Roda 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: KP 93 2015)

Tipe roda pendaratan menentukan, bagaimana roda pesawat dibagi bebannya kepada roda-roda dan diteruskan ke perkerasan, selanjutnya akan menentukan berapa tebal perkerasan yang bisa mampu melayani berat seluruh pesawat itu. Tentu tidak praktis untuk membuat bagi setiap jenis tipe roda pendaratan. Pengujian atas konfigurasi roda pendaratan, area kontak roda dan tekanan roda, menunjukkan bahwa parameter-parameter di atas mempunyai kecenderungan tertentu berkaitan dengan berat kotor pesawat. Maka dibuatlah grafik kurva untuk perencanaan ketebalan perkerasan atas dasar penganggapan tertentu bagi konfigurasi roda-roda pendaratan pesawat. Penganggapan tadi sebagai berikut:

- a) Pesawat dengan roda pendaratan tunggal:
Diperhitungkan apa adanya (Single Wheel Air Craft).
- b) Pesawat Dual Gear:
Penyelidikan atas konfigurasi roda semacam ini menunjukkan bahwa jarak antar poros roda-roda lebih kurang 0.51 m (20 inch) cukup memadai untuk pesawat ringan . Untuk pesawat berat jarak antara poros = 0.86 m (34 inch) cukup memadai.
- c) Pesawat Dual Tandem Gear:
Jarak antara poros-poros dual wheelnya 0.51 m (20 inch), jarak tandemnya 1,14 m (45 inch) untuk pesawat ringan.
Untuk pesawat yang lebih berat jarak antara poros dual wheel 0.76 m (30 inch) dan jarak tandemnya 1.40 m (55 inch).
- d) Pesawat Berbadan Lebar:
Seperti B-747, DC-10, L-1011 bagi pesawat jenis ini bentuk roda pendaratan serta berat pesawatnya sangat belainan dengan yang lain, maka untuk pesawat berbadan lebar khusus dibuat kurv sendiri.

Grafik-grafik yang dibuat oleh FAA berdasarkan pada pengalaman-pengalaman dari Corps Of Engineer yang diangkat dari metode CBR telah teruji bahwa perhitungan dengan memakai grafik-grafik FAA bisa dipakai sampai 20 tahun, bebas dari perbaikan yang berarti kecuali ada perubahan lalu lintas pesawat, berbeda jauh dengan ramalan lalu lintas pesawat. Rehabilitasi sebelum 20 tahun diperlukan terutama pada lapisan permukaan, terutama untuk menjamin Skid resistance (permukaan jangan licin).

Didalam menentukan ketebalan perkerasan *flexible*, diperlukan nilai CBR dari material subgrade, nilai CBR lapisan *Subbase*, berat total/berat lepas landas pesawat rencana dan jumlah annual departures dari pesawat rencana beserta pesawat-pesawat yang sudah dikonversikan.

Grafik-grafik pada Gambar **Error! No text of specified style in document.**4 sampai Gambar **Error! No text of specified style in document.**12 menunjukkan ketebalan perkerasan yang dibutuhkan total dan ketebalan *Surface* nya.

Untuk Annual Departures lebih dari 25.000, tebal perkerasan totalnya harus ditambah dengan mengikuti Tabel **Error! No text of specified style in document.**4 dan tebal *surface* nya ditambah 1 inch (3 cm).

Tabel **Error! No text of specified style in document.**4 Tebal Perkerasan Bagi Tingkat Annual Departures > 25.000

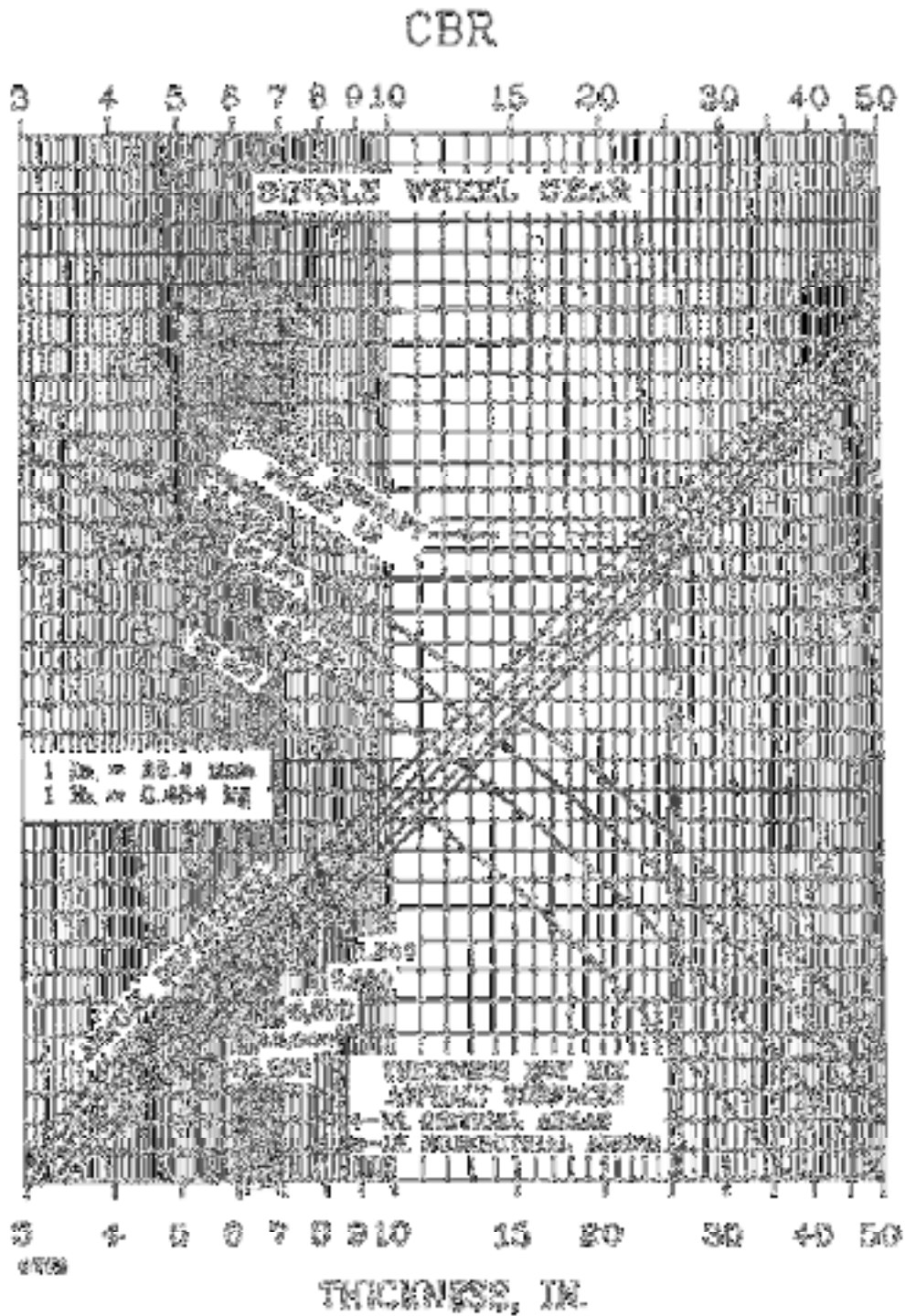
Tingkat Annual Departure	% 25.000 tebal Departure
50.000	104
100.000	108
150.000	110
200.000	112

(Sumber: Buku Ir. Heru Basuki, 1984)

Parameter-parameter yang dibutuhkan dalam analisa perkerasan lentur metoda FAA adalah sebagai berikut:

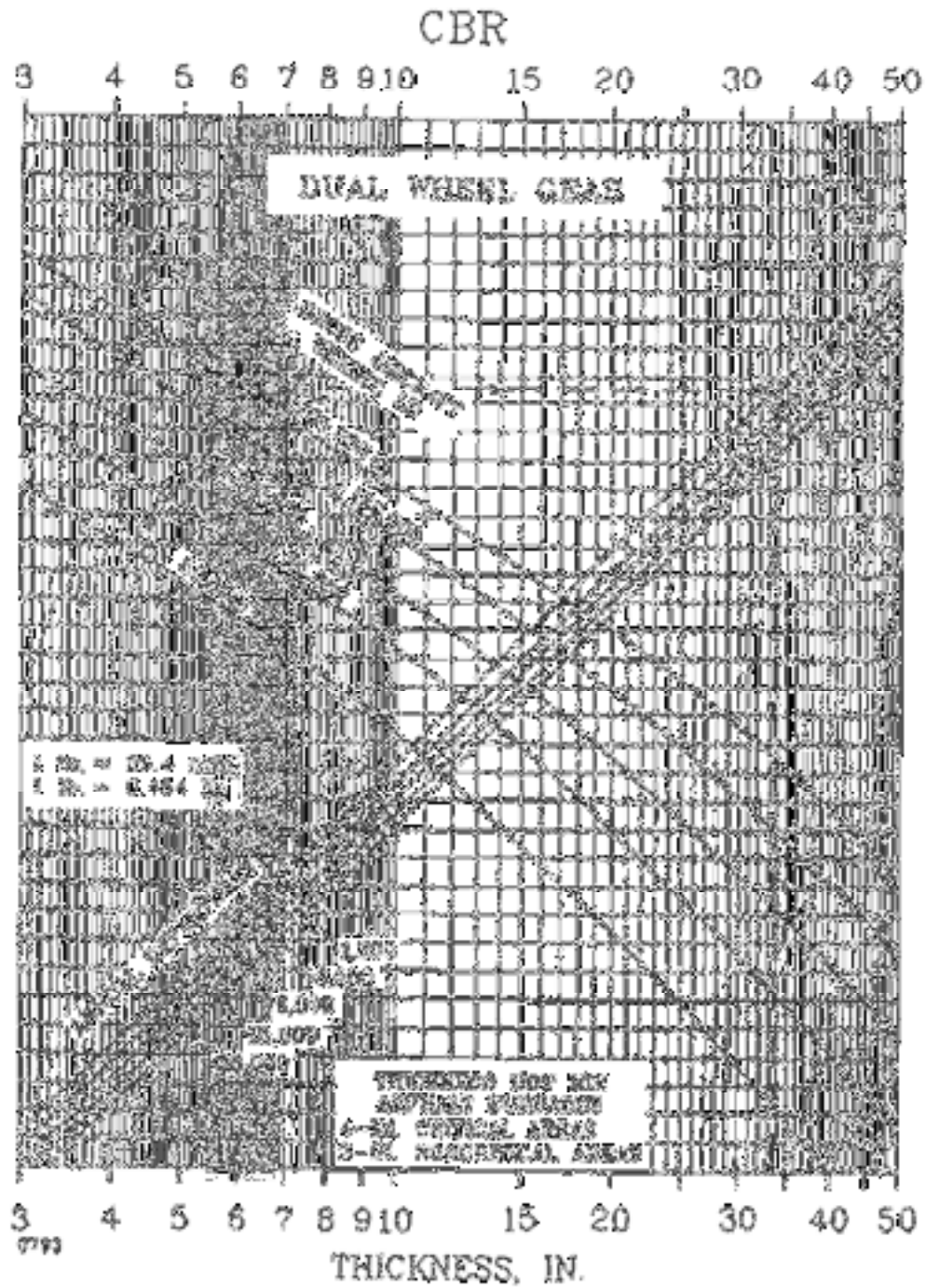
- a. Nilai CBR *subgrade*
- b. Berat *maximum structural take off weight* pesawat (MTOW)
- c. Jumlah keberangkatan tahunan (*annual departure*)
- d. Jenis pesawat dan tipe roda pendaratan tiap pesawat
- e. Faktor konfersi roda pesawat

Grafik perencanaan Gambar **Error! No text of specified style in document.**4 sampai Gambar **Error! No text of specified style in document.**12 dipakai untuk menentukan tebal perkerasan total “T” dan kebutuhan tebal *surface course*.



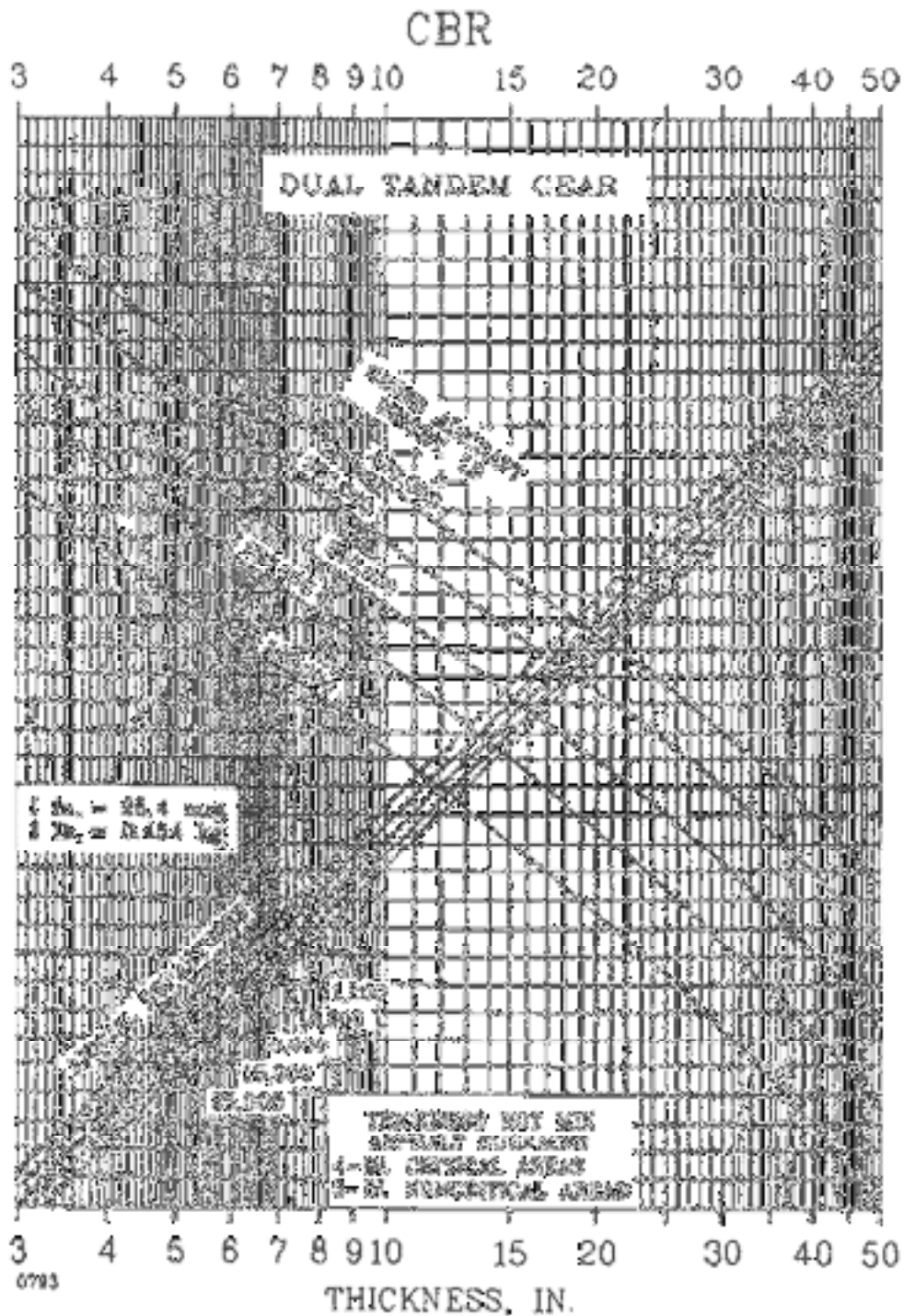
Gambar Error! No text of specified style in document..4 Kurva Evaluasi Perkerasan Lentur Untuk Pesawat dengan Roda Pendaratan Single Wheel

(Sumber: KP 93, 2015)



Gambar Error! No text of specified style in document..5 Kurva Evaluasi Perkerasan Lentur Untuk Pesawat dengan Roda Pendaratan Dual Wheel

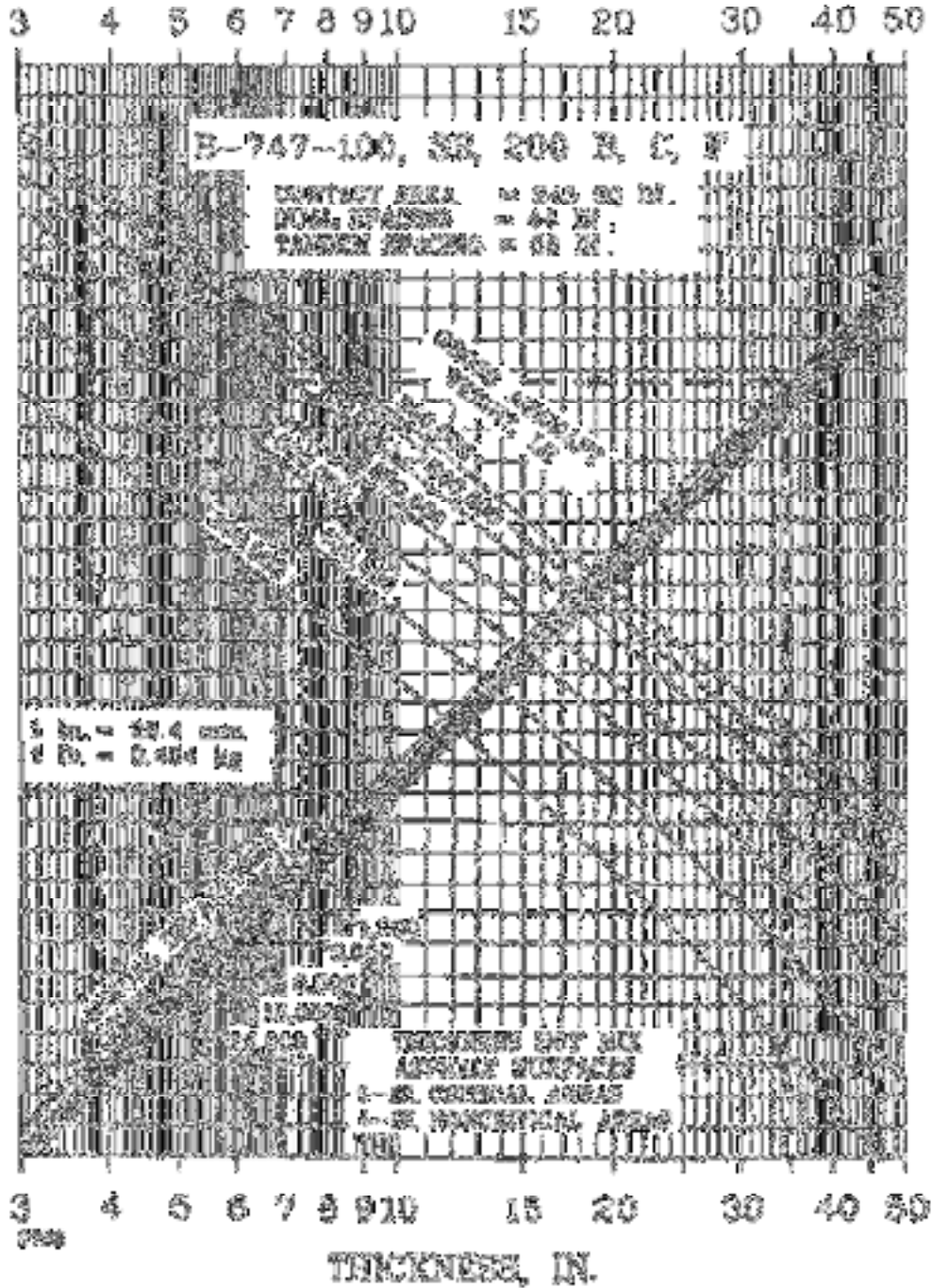
(Sumber: KP 93, 2015)



Gambar Error! No text of specified style in document..6 Kurva Evaluasi Perkerasan Lentur Untuk Pesawat dengan Roda Pendaratan Dual Tandem

(Sumber: KP 93, 2015)

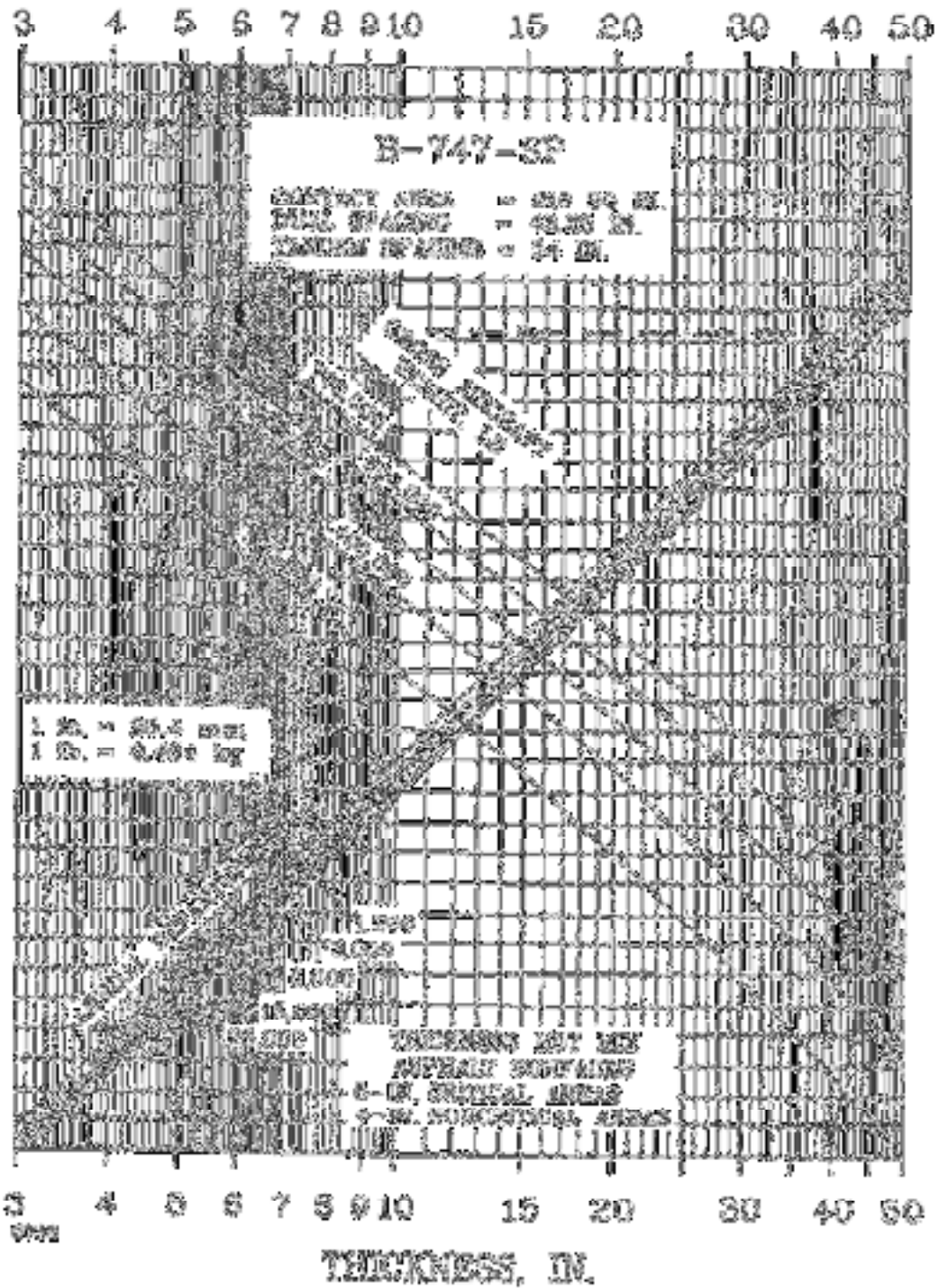
CBR



Gambar Error! No text of specified style in document..7 Kurva Evaluasi Perkerasan Lentur Untuk Pesawat B 747-100, SR 200B, C, F

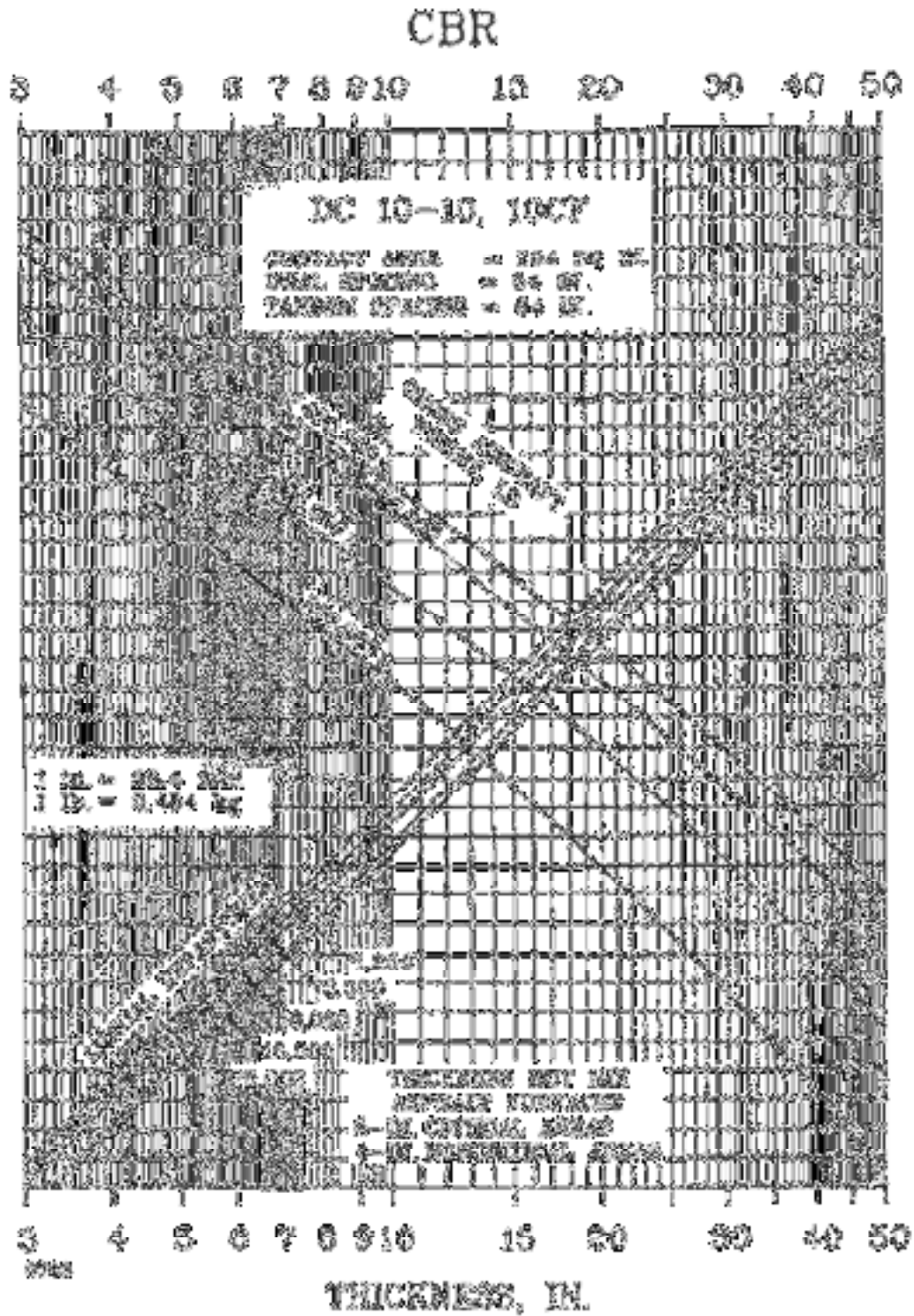
(Sumber: KP 93, 2015)

CBR



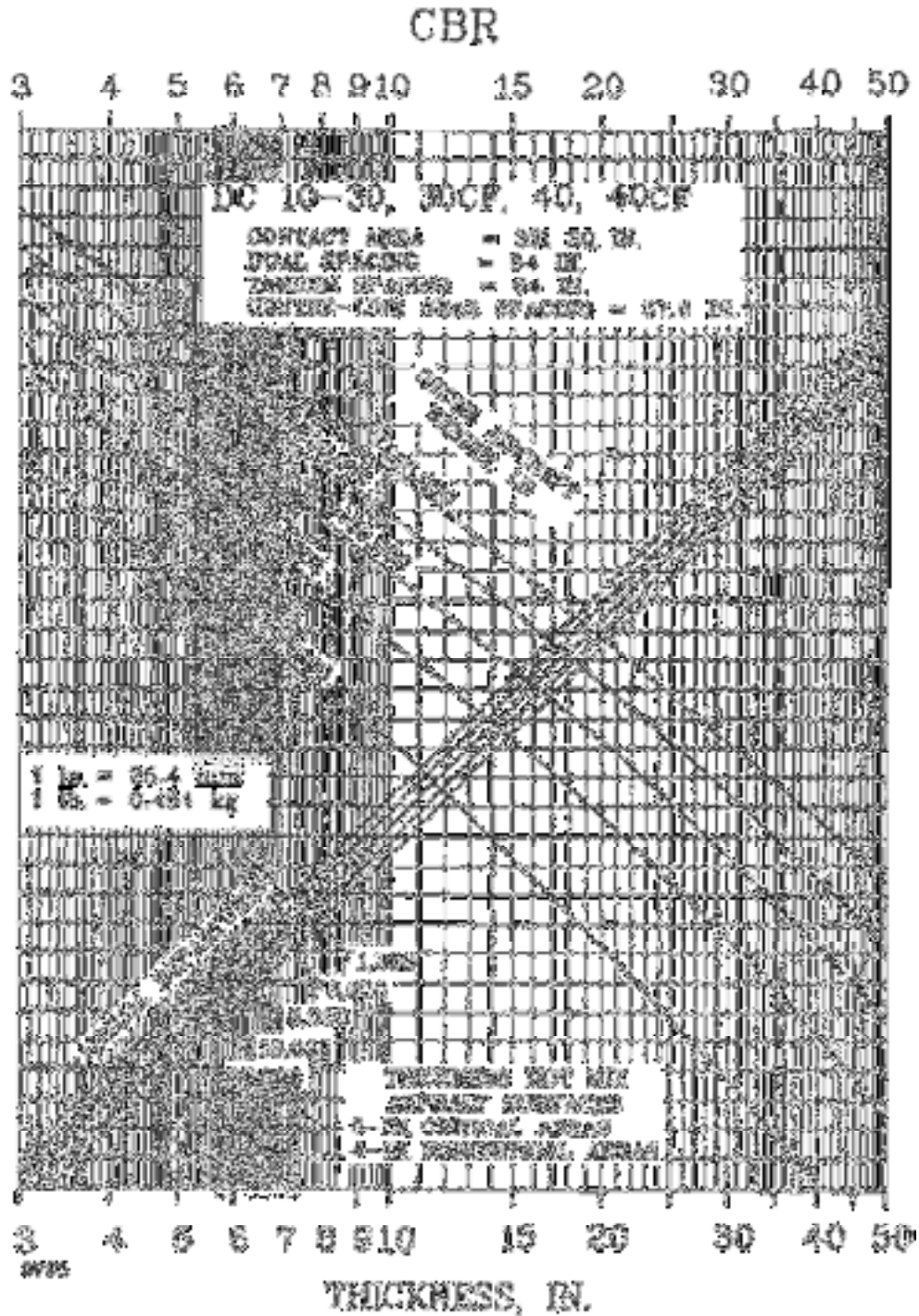
Gambar Error! No text of specified style in document.8 Kurva Evaluasi Perkerasan Lentur Untuk Pesawat B-747-SP

(Sumber: KP 93, 2015)



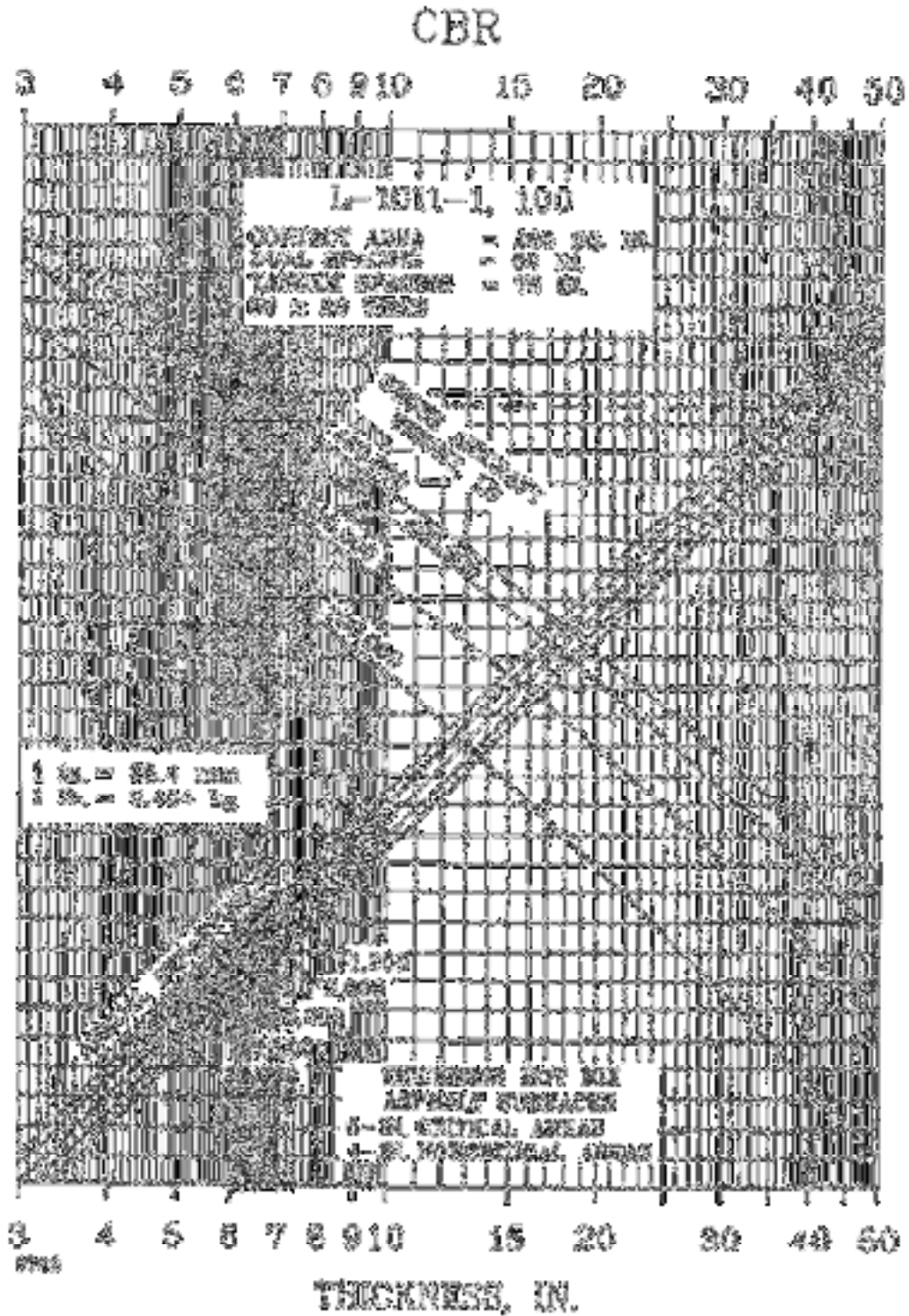
Gambar Error! No text of specified style in document..9 Kurva Evaluasi Perkerasan Lentur Untuk Pesawat DC 10-10, 10CF

(Sumber: KP 93, 2015)



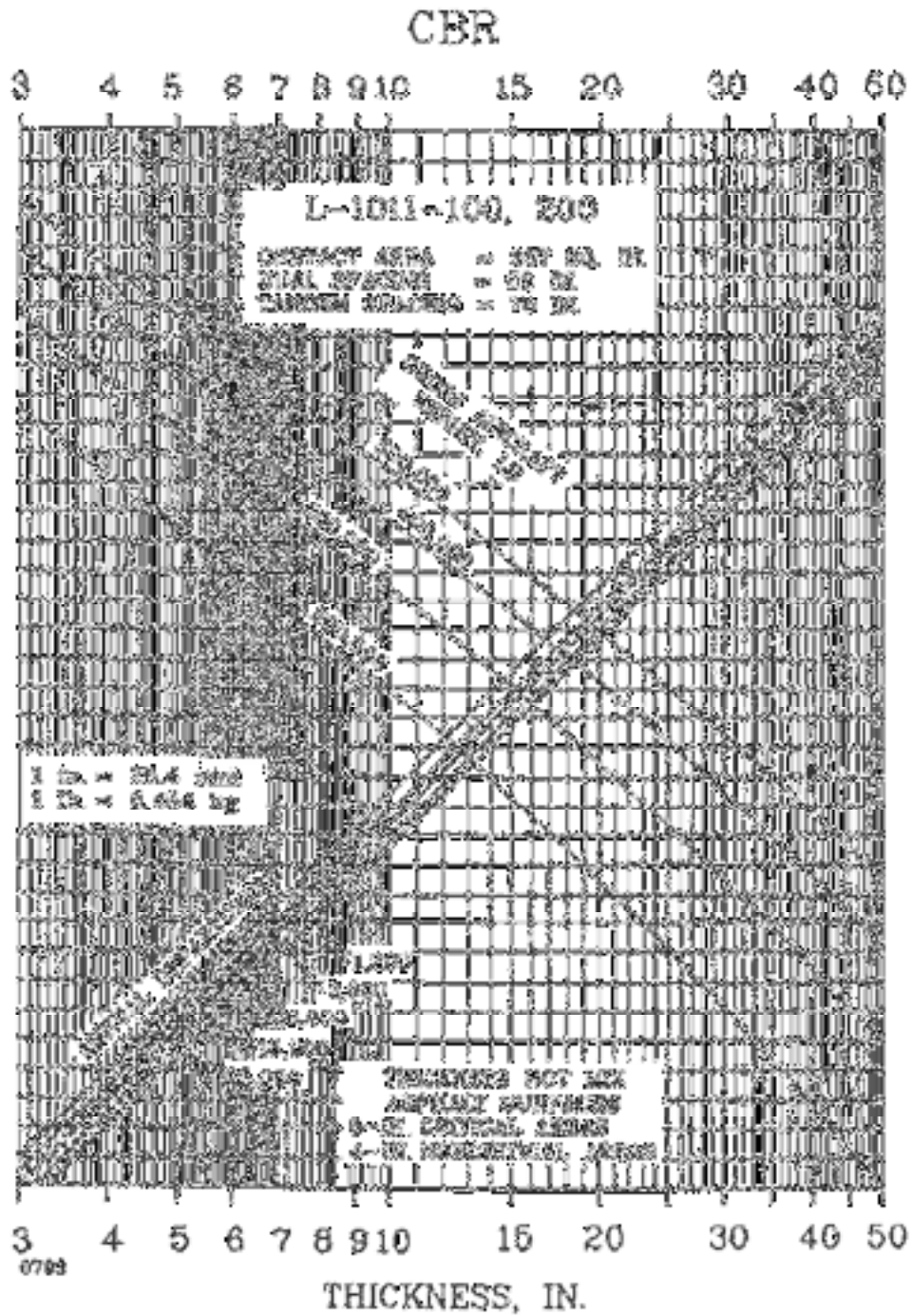
Gambar Error! No text of specified style in document. 10 Kurva Evaluasi Perkerasan Lentur
Untuk Pesawat DC 10-30, 30CF, 40, 40CF

(Sumber: KP 93, 2015)



Gambar Error! No text of specified style in document..11 Kurva Evaluasi Perkerasan Lentur Untuk Pesawat L-1011 1-1, 100

(Sumber: KP 93, 2015)



Gambar Error! No text of specified style in document..12 Kurva Evaluasi Perkerasan Lentur Untuk Pesawat L-1011-100, 200

(Sumber: KP 93, 2015)

Aircraft Classification Number (ACN)

ACN merupakan suatu nilai yang menunjukkan efek relatif sebuah pesawat udara di atas pavement untuk kategori subgrade standar yang ditentukan. ACN dapat dihitung melalui pemodelan matematika baik untuk perkerasan kaku (*rigid pavement*) maupun perkerasan lentur (*flexible pavement*). Nilai ACN untuk semua jenis pesawat (pesawat sipil) diterbitkan oleh pabrik pembuat pesawat.

Pavement Classification Number (PCN)

Pavement Classification Number merupakan suatu angka yang menjelaskan daya dukung perkerasan untuk operasi tak terbatas pesawat udara dengan nilai ACN kurang dari atau sama dengan PCN (Keselamatan and Sipil 2015). Untuk pesawat ringan system ACN-PCN tidak digunakan untuk perkerasan yang memiliki daya dukung di bawah 5700 kg (12.500 lbs). Daya dukung perkerasan untuk bandar udara yang hanya dapat didarati oleh pesawat kecil ditentukan berdasarkan beban ijin pesawat dan atau tekanan ijin roda pesawat.

Bila nilai ACN dan tekanan roda pesawat lebih besar dari nilai PCN (*overloads*) pada kategori subgrade tertentu yang dipublikasikan, maka operasi pesawat udara tidak dapat diberikan ijin beroperasi kecuali dengan mengurangi beban operasi. Pada keadaan tertentu, pengelola bandar udara dapat memberikan ijin operasional pesawat dengan kondisi *overloads* dengan mengacu ICAO Annex 14 Klausul 19.1 *Overload Operations*. Adapun ketentuan dalam pengoperasian pesawat dalam kondisi *overloads* adalah sebagai berikut:

1. *Overloads* diberikan dengan ketentuan:

- a. $PCN < ACN \leq 1.1 PCN$, untuk perkerasan lentur (*flexible pavement*)
- b. $PCN < ACN < 1.05 PCN$, untuk perkerasan kaku (*rigid pavement*)

Jumlah pergerakan per tahun pesawat yang beroperasi dalam kondisi *overloads* tidak boleh lebih besar dari 5% pergerakan total pesawat.

2. Untuk nilai PCN yang ditentukan dengan pengujian menggunakan analog pesawat atau dengan kode U, ijin operasi pesawat dalam kondisi *overloads* tidak diperkenankan kecuali bagi pendaratan darurat.
3. Untuk nilai PCN yang ditentukan berdasarkan perhitungan analitis atau dengan kode T, maka ijin operasi pesawat pada kondisi *overloads* diberikan dengan meninjau beban ijin

(PO) pesawat dan dibandingkan dengan beban actual (P). Jumlah pergerakan pesawat pada kondisi operasi overloads ditampilkan pada Tabel **Error! No text of specified style in document..5**.

Tabel **Error! No text of specified style in document..5** Jumlah Pergerakan Pesawat Pada Kondisi Overloads

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: KP 93, 2015)

Komponen PCN terdiri dari lima unsur yaitu nilai numerik kekuatan perkerasan, jenis perkerasan, kategori kekuatan subgrade, kategori tekanan roda dan metode pelaksanaan evaluasi. Adapun ketentuan penulisan nilai PCN adalah sebagai berikut:

- a. Nilai numerik kekuatan perkerasan terdiri dari angka 1 sampai dengan tak terhingga.
- b. Jenis perkerasan terdiri dari perkerasan kaku dengan symbol huruf R dan perkerasan lentur dengan symbol huruf F.
- c. Kategori subgrade dibagi menjadi empat kategori baik untuk perkerasan kaku maupun perkerasan lentur yaitu kategori A, B, C atau D. Penentuan kategori kekuatan subgrade tercantum dalam Tabel **Error! No text of specified style in document..6** dan Tabel **Error! No text of specified style in document..7**.
- d. Tekanan ijin roda terdiri dari empat kategori yaitu W, X, Y atau Z seperti tercantum dalam Tabel **Error! No text of specified style in document..8**.
- e. Metode Evaluasi terdiri dari pengujian langsung dengan pesawat analog ditunjukkan dengan huruf U dan dengan perhitungan analitis ditunjukkan dengan huruf T.

Tabel Error! No text of specified style in document..6 Kategori Daya Dukung Subgrade Konstruksi Perkerasan Kaku

No	Kategori Subgrade	Nilai K Permukaan Subgrade Pci (MN/m ³)	Interval Nilai K Permukaan Subgrade Pci (MN/M ³)	Kode
1	High	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	73.7 (20)	$K < 92 (< 25)$	D

(Sumber: KP 93, 2015)

Tabel Error! No text of specified style in document..7 Kategori Daya Dukung Subgrade Konstruksi Perkerasan Lentur

No	Kategori Subgrade	Nilai CBR Subgrade %	Interval Nilai CBR Subgrade %	Kode
1	High	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: KP 93, 2015)

Tabel Error! No text of specified style in document..8 Kategori Tekanan Ijin Roda Pesawat

No	Kategori	Tekanan Ijin (Mpa/Psi)	Kode
1	High	Tidak terbatas	W
2	Medium	1.5/218	X
3	Low	1.0/145	Y

4	Ultra Low	0.5/73	Z
---	-----------	--------	---

(Sumber: KP 93, 2015)

Tata Cara Perhitungan Nilai PCN

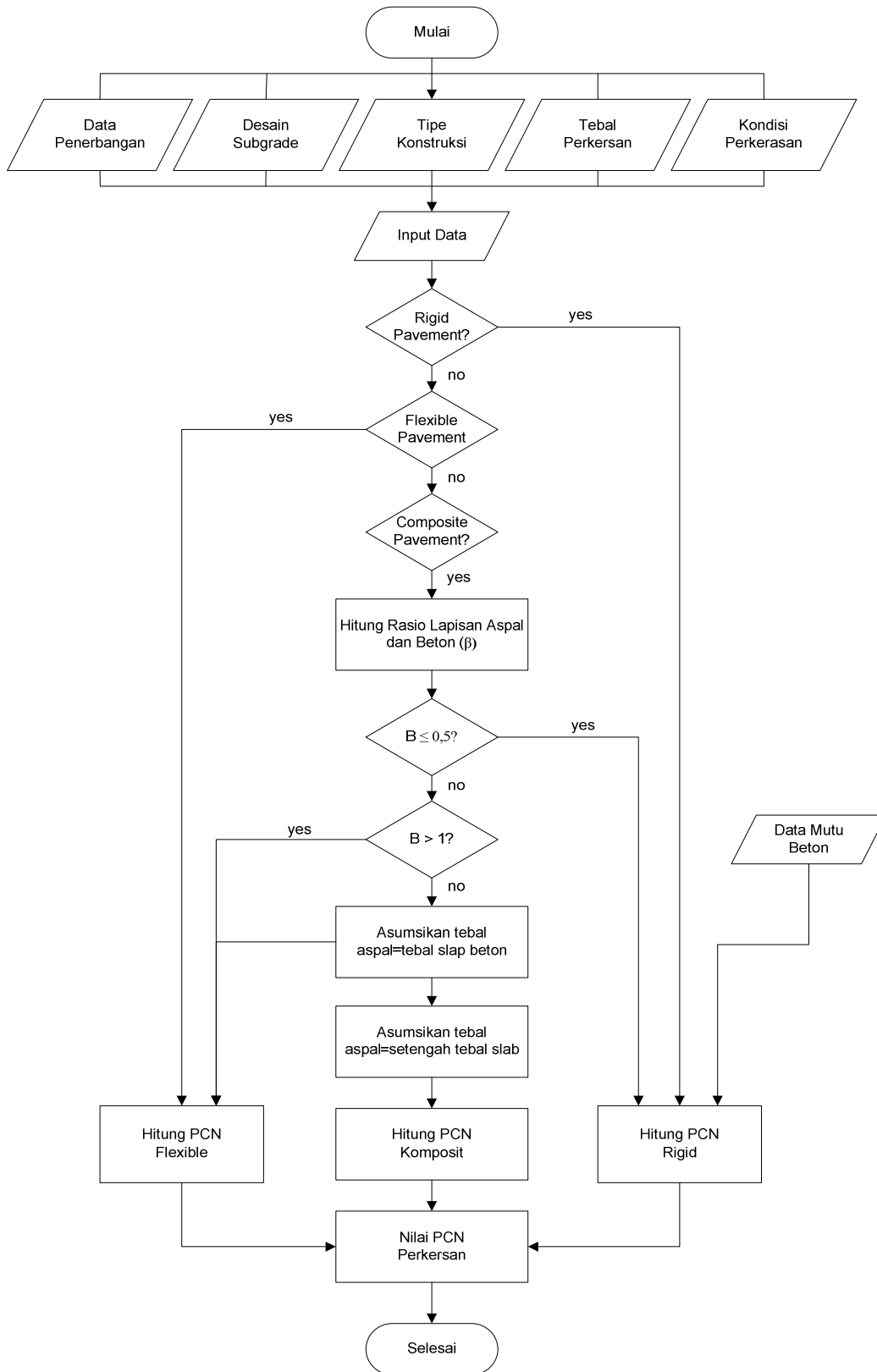
Perhitungan PCN merupakan salah satu bagian dalam evaluasi sistem perkerasan *runway*, *taxiway* dan apron bandar udara. Selain untuk kebutuhan operasional pesawat, terdapat beberapa tujuan perhitungan nilai PCN antara lain:

- 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 setelah jangka waktu tertentu, yang mana seiring dengan waktu daya dukung perkerasan mengalami penurunan dengan ditandai dengan adanya *fatigue premature* pada permukaan perkerasan.

Langkah pertama dalam perhitungan nilai PCN adalah inventarisasi data baik data sekunder maupun data primer dengan pengujian langsung di lapangan. Data masukan berupa data penerbangan baik eksisting maupun rencana masa depan, desain kategori subgrade, tipe konstruksi perkerasan, tebal desain dan kondisi lapisan perkerasan. Bagan laur perhitungan PCN dapat dilihat pada Gambar **Error! No text of specified style in document.**.13.

Perhitungan PCN Metode Klasik

Perhitungan 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*. Untuk mempermudah perhitungan dikembangkan kurva korelasi antara *CBR subgrade*, *annual departure*, beban pesawat dan tebal perkerasan. Bagan alir perhitungan PCN perkerasan lentur dengan metode klasik seperti ditampilkan pada Gambar **Error! No text of specified style in document.**.14.

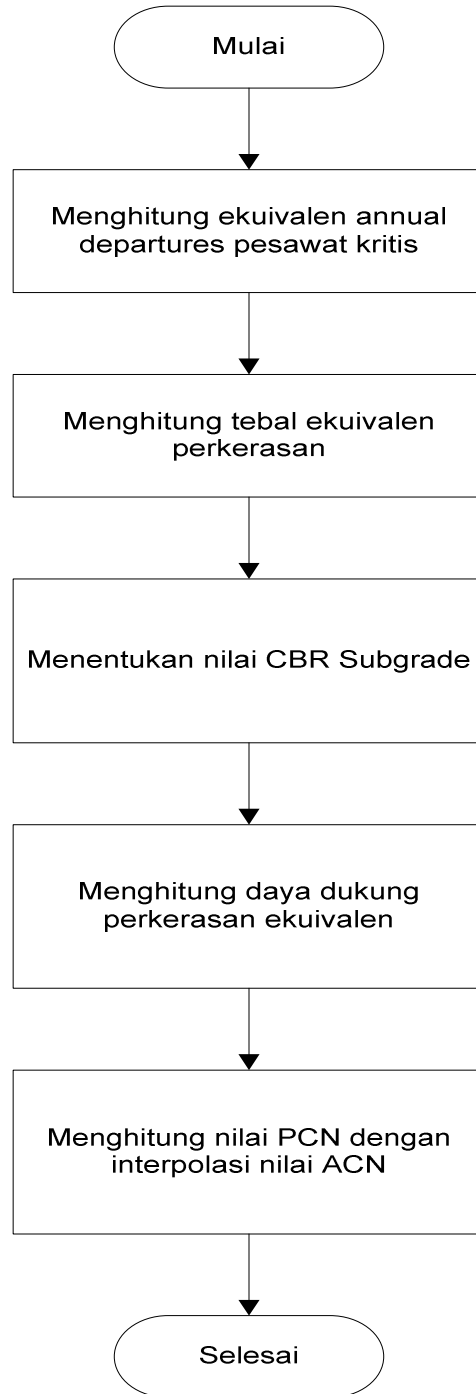


Gambar Error! No text of specified style in document..13 Bagan Alir Perhitungan PCN

(Sumber: KP 93 2015)

Langkah Perhitungan PCN Metode Klasik

Langkah perhitungan PCN perkerasan lentur dengan metode klasik dapat dilihat pada Gambar **Error! No text of specified style in document.**14 berikut:



Gambar **Error! No text of specified style in document.**14 Bagan Alir Perhitungan PCN *flexible pavement* Metode Klasik

(Sumber: KP 93, 2015)

Menghitung Equivalent Annual Departure Kritis

a) Pesawat Kritis

Ketika pesawat yang beroperasi di suatu bandar udara terdiri dari berbagai jenis pesawat dengan berbagai roda pendaratan (landing gear) dan berbagai variasi beban, efek pesawat tersebut terhadap perkerasan dihitung berdasarkan pesawat terkritis atau dalam desain disebut pesawat desain. Untuk mengkonversi semua pesawat ke dalam pesawat kritis, langkah pertama yang dilakukan adalah dengan mengkonversi landing gear semua pesawat yang beroperasi ke pesawat kritis. Adapun factor konversi berbagai tipe landing gear dapat dilihat pada Tabel **Error! No text of specified style in document..3**.

b) Menghitung *Equivalent Annual Departures* Pesawat Kritis

Unruk mendapatkan *Equivalent Annual Departures* pesawat kritis, dihitung dengan menggunakan persamaan (**Error! No text of specified style in document..2**).

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

Dimana:

R_1 = Kedatangan tahunan equivalent oleh pesawat rencana

R_2 = Jumlah kedatangan tahunan oleh pesawat berkenan dengan konfigurasi roda pendaratan rencana

W_1 = Beban roda dari pesawat rencana (lbs)

W_2 = Beban roda dari pesawat yang harus diubah (lbs)

Menghitung Tebal *Equivalent Perkerasan*

Nomen klatur lapisan perkerasan system FAA adalah sebagai berikut:

- P - 501 : Portland Cement Concrete (PCC)
- P - 401 : Plant Mix Bituminous Pavements (HMA)
- P - 403 : Plant Mix Bituminous Pavements (HMA)
- P - 306 : Econocrete Subbase Course (ESC)
- P - 304 : Cement Treated 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 - 154 : Subbase Course
- P - 501 : Portland Cement Concrete (PCC)

Dalam perhitungan PCN, tebal perkerasan yang dianalisa adalah tebal ekuivalen. Langkah perhitungan tebal ekuivalent perkerasan adalah sebagai berikut:

a) Menentukan Tebal Minimum Lapisan Aus (*Surface*)

Menentukan tebal minimum lapisan aus (material P-401 dan P-403). Kebutuhan tebal lapisan campuran aspal minimal ditampilkan pada Tabel **Error! No text of specified style in document.**9.

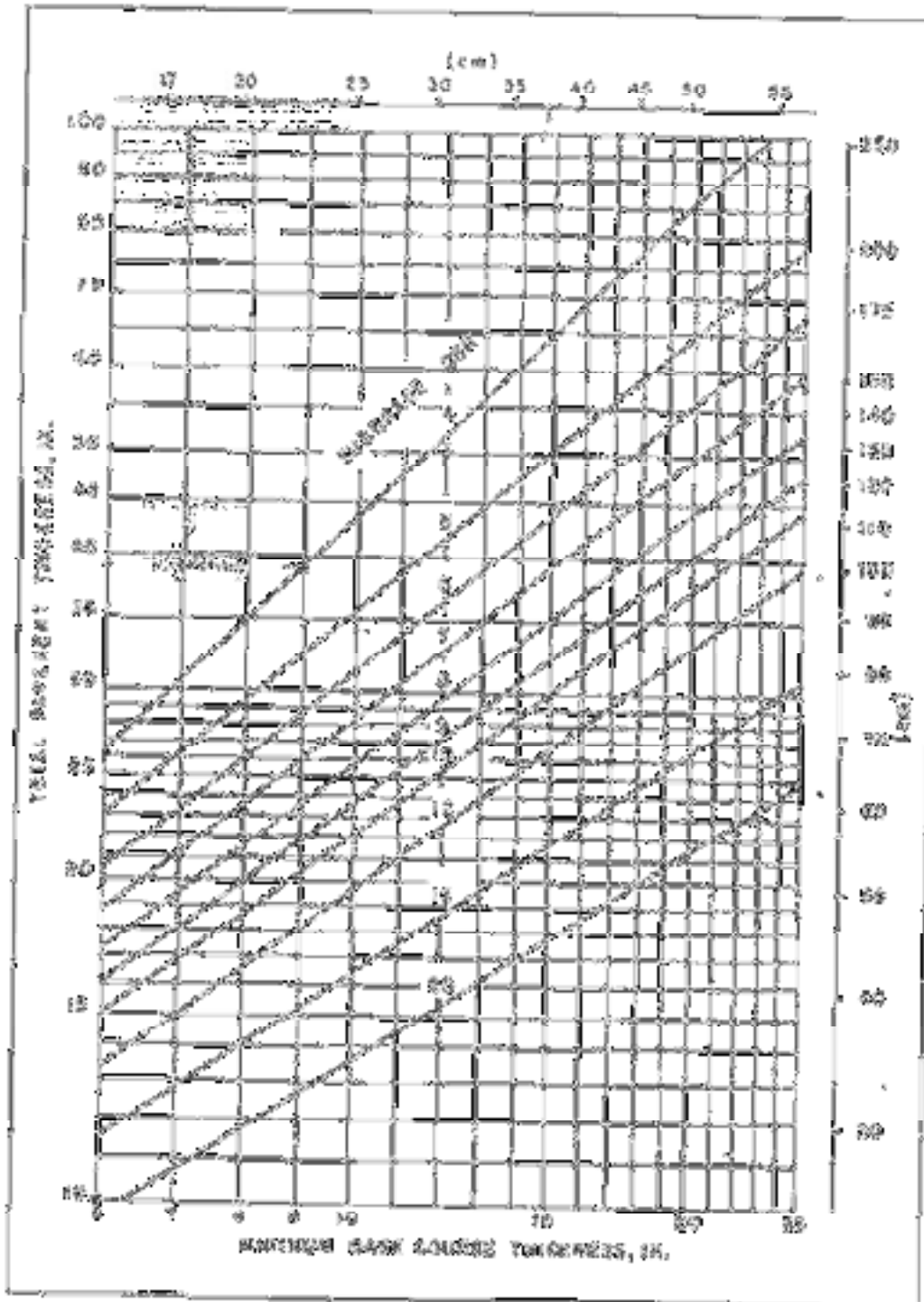
Tabel **Error! No text of specified style in document.**9 Tebal Minimum Lapisan Campuran Aspal

No	Bagian Perkerasan	Pesawat Single Wheel dan Dual Wheel	Pesawat B747, B 777, DC 10, L 101 Atau pesawat sejenis
1	Area Kritis (Jalur Roda)	10.0 cm (4 in)	12.7 cm (5 in)
2	Area di Luar (Jalur Roda)	7.6 cm (3 in)	10.0 cm (4 in)

(Sumber: KP 93, 2015)

b) Menentukan Tebal Minimum Base Course

Untuk menghitung tebal lapisan base course minimum, dihitung dengan menggunakan kurva korelasi antara tebal perkerasan (*total pavement thickness*), CBR subgrade dan base course minimum seperti ditampilkan pada Gambar **Error! No text of specified style in document.**15 dan Tabel **Error! No text of specified style in document.**10.



Gambar Error! No text of specified style in document.15 Kebutuhan Tebal Minimum Lapisan Base Course

(Sumber: KP 93, 2015)

Tabel **Error! No text of specified style in document.**10 Kebutuhan Tebal Minimum Lapisan 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: KP 93, 2015)

Jika tebal lapisan perkerasan lebih besar dari tebal minimal, maka setiap lapis perkerasan dikonversi dengan faktor konversi. Jika tebal lapisan aspal dan lapisan base course yang ada lebih kecil dari tebal minimum yang dibutuhkan, maka lapisan subbase direduksi dengan faktor konversi lapisan aspal maupun lapisan base course. Faktor konversi lapisan perkerasan yang telah ditetapkan oleh FAA ditampilkan pada Tabel **Error! No text of specified style in document.**11.

Tabel Error! No text of specified style in document..11 Faktor Konversi Tebal Perkerasan
 FAA

Struktual Item	Range Konvert to P-209	Recommende Convert to P-209	Range Convert to P-154	Recommended Convert to P-154
P - 501	-	-	-	-
P - 401	1.2 to 1.6	1.6	1.7-2.3	2.3
P - 403	1.2 to 1.6	1.6	1.7-2.3	2.3
P - 306	1.2 to 1.6	1.2	1.6-2.3	1.6
P - 304	1.2 to 1.6	1.2	1.6-2.3	1.6
P - 212	-	-	-	-
P - 213	-	-	-	-
P - 220	-	-	-	-
P - 209	1.0	1.0	1.2-1.6	1.4
P - 208	1.0	1.0	1.0-1.5	1.2
P - 211	1.0	1.0	1.0-1.5	1.2
P - 301	n/a	-	1.0-1.5	1.2
P - 154	n/a	-	1.0	1.0
P - 501		Range Convert to P-401 2.2 to 2.5, 2.5 Recommended		

(Sumber: KP 93, 2015)

Menentukan Nilai CBR Subgrade

Nilai CBR subgrade ditentukan dengan pengujian CBR lapangan atau dengan menggunakan data CBR perencanaan yang pada umumnya menggunakan CBR terendam (CBR Soaked).

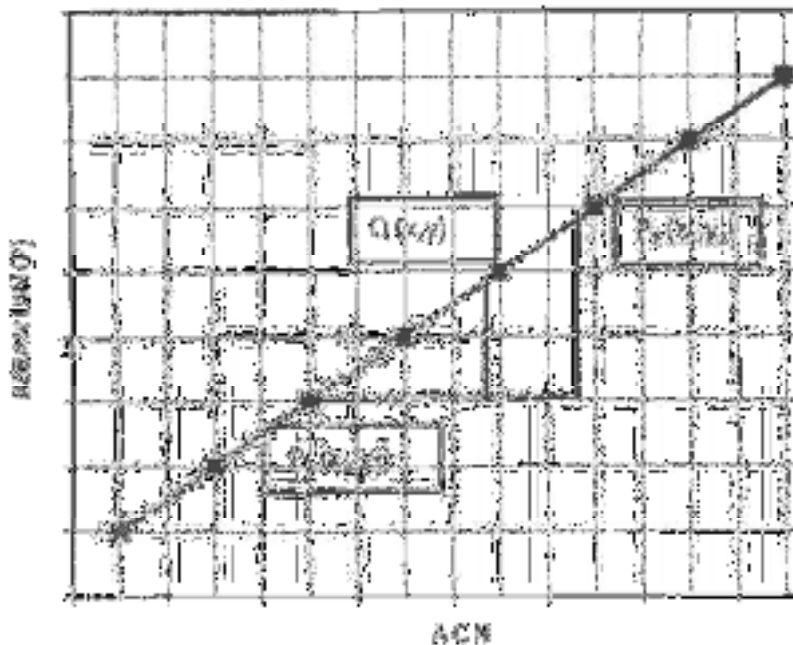
Menentukan Daya Dukung Perkerasan

Untuk menentukan daya dukung perkerasan, digunakan kurva korelasi antara CBR subgrade, tebal perkerasan (tebal equivalent), annual departure (annual departure equivalent) dan

beban yang telah dikembangkan oleh FAA seperti ditampilkan pada gambar Gambar **Error! No text of specified style in document.**4 sampai Gambar **Error! No text of specified style in document.**12.

Menghitung Nilai PCN

Menghitung nilai PCN dengan interpolasi linier nilai ACN pesawat sesuai dengan daya dukung perkerasan hasil perhitungan langkah ke (4). Interpolasi linier dilakukan berdasarkan persamaan garis lurus melalui dua titik P1 dan P2 seperti ditampilkan pada Gambar **Error! No text of specified style in document.**16.



Gambar **Error! No text of specified style in document.**16 Kurva Interpolasi Linier

(Sumber: KP 93, 2015)

Persamaan garis lurus melalui dua titik P1 dan P2 dapat dituliskan dengan:

$$\frac{y - y^1}{y^2 - y^1} = \frac{x - x^1}{x^2 - x^1}$$

(Error! No text of specified style in document.)3)

Ssehingga diperoleh persamaan dari interpolasi sebagai berikut:

$$x = x^1 + (x^2 - x^1) \frac{y - y^1}{y^2 - y^1}$$

(Error! No text of

**specified
style in
document..4)**

Jika:

- X : nilai PCN yang akan dihitung
- X₁ : nilai ACN minimum
- X₂ : nilai ACN maksimum
- Y : beban ijin perkerasan (P)
- Y₁ : beban minimum pesawat (P min)
- Y₂ : beban maksimum pesawat (P maks)

Maka persamaan interpolasi dapat ditulis,

$$PCN = ACNmin + (ACNmaks - ACNmin) \frac{P - Pmin}{Pmaks - Pmin}$$

**(Error! No
text of
specified
style in
document..5)**

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berlokasi di Jalan Pelabuhan Udara Binaka KM. 19,1, Binaka, Gunungsitoli Idanoi, Umu, Gido, Kota Gunungsitoli, Provinsi Sumatra Utara. Sebagai gambaran lokasi penelitian disajikan dalam bentuk peta situasi berikut.





Gambar **Error! No text of specified style in document.**17 Lokasi Penelitian

(Sumber Google Earth)

Prosedur Pelaksanaan Penelitian

Dalam perencanaan tebal perkerasan landasan pacu perlu dilakukan proses analisa, informasi data-data mengenai objek yang akan direncanakan demi tercapainya tujuan utama penelitian. Agar memudahkan dalam penulisan Tugas Akhir ini, maka dilakukan langkah pengerjaan sebagai berikut:

Tahap Persiapan

Tahap persiapan adalah tahap awal yang pertama kali dilakukan sebelum pengumpulan dan pengolahan data dimulai. Dalam tahap ini dilakukan hal-hal penting sehingga dalam pengerjaan Tugas Akhir ini lebih efektif.

Tahap persiapan ini meliputi kegiatan-kegiatan sebagai berikut:

1. Melakukan studi pustaka terhadap materi yang berkaitan dengan penelitian.
2. Menentukan data yang dibutuhkan.
3. Menentukan lokasi dan instansi yang perlu dijadikan narasumber data.
4. Pembuatan proposal Tugas Akhir

Tahap Pengumpulan Data

Dalam menyusun penelitian ini diperlukan data berupa bahan-bahan pendukung yang berkaitan dengan materi penelitian. Data dan bahan-bahan tersebut sangat berpengaruh terhadap penyelesaian penelitian ini, maka dari itu diperlukan suatu teknik dan usaha dalam mengumpulkan data sehingga penelitian tidak menyimpang dari tujuan melainkan dapat mencapai tujuan utama penelitian.

Adapun data utama yang diperoleh untuk digunakan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Data CBR tanah

Nilai CBR tanah dasar adalah 6%

2. Spesifikasi pesawat

Spesifikasi pesawat dapat dilihat pada Tabel **Error! No text of specified style in document.**12 berikut.

Tabel **Error! No text of specified style in document.**12 Data Pesawat

Jenis Pesawat	Annual Departure	MTOW		Tipe Roda	Jumlah Roda
		lbs	Kg		
ATR-72	6.136	50265	35900	Dual Wheel	4
Bombardier CRJ 1000	3.068	91800	41632	Dual Wheel	4
Boeing 737 – 900ER	3.068	187700	85139	Dual Wheel	4

(Sumber: Laporan Akhir RTT Bamdar Udara Binaka-Gunung Sitoli)

3. Tebal tiap lapisan struktur perkerasan

Lapisan	Material	Tebal (cm)
Surface	AC/ATB	10

Base Course	CTBC/Batu Pecah	35
Subbase Course	Sirtu	50

(Sumber: Laporan Akhir RTT Bamdar Udara Binaka-Gunung Sitoli)

4. Data PCN

Nilai PCN 50 FCYT

Perhitungan Tebal Perkerasan *Runway*

Setelah memperoleh data yang ada, selanjutnya dilakukan tahap perhitungan tebal lapisan perkerasan dengan menggunakan metode FAA dan jenis perkerasan adalah perkerasan lentur (*flexible pavement*). Perhitungan tebal perkerasan dilakukan 4 variasi nilai CBR Subgrade sesuai dengan tujuan awal penelitian yaitu:

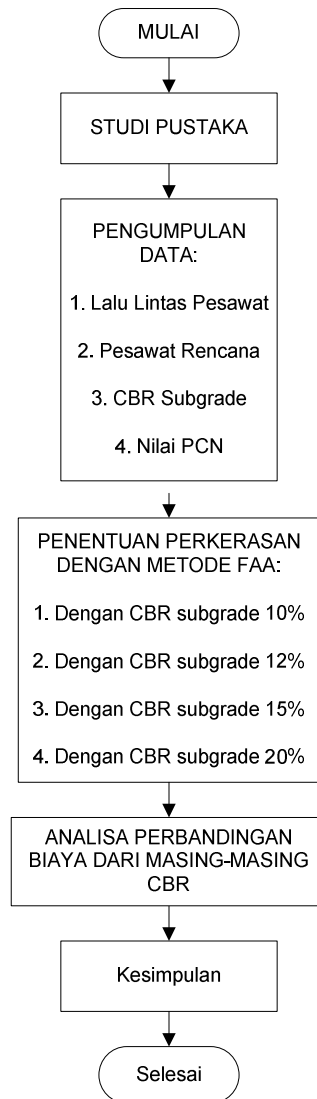
1. Dengan menggunakan nilai CBR subgrade tanah timbun pilihan CBR 10%
2. Dengan menggunakan nilai CBR subgrade tanah timbun pilihan CBR 12%
3. Dengan menggunakan nilai CBR subgrade tanah timbun pilihan CBR 15%
4. Dengan menggunakan nilai CBR subgrade tanah timbun pilihan CBR 20%

Menghitung Biaya Perkerasan

Setelah tebal lapisan perkerasan diperoleh kemudian langkah selanjutnya adalah menghitung dan membandingkan harga material yang dibutuhkan setiap desain perkerasan. Untuk Analisa Harga Satuan Pekerjaan digunakan peraturan Menteri Pekerjaan Umum no.11/PRT/M/2013 tentang Pedoman Analisis Harga Satuan Pekerjaan Bidang Pekerjaan Umum.

Diagram Alir Penelitian

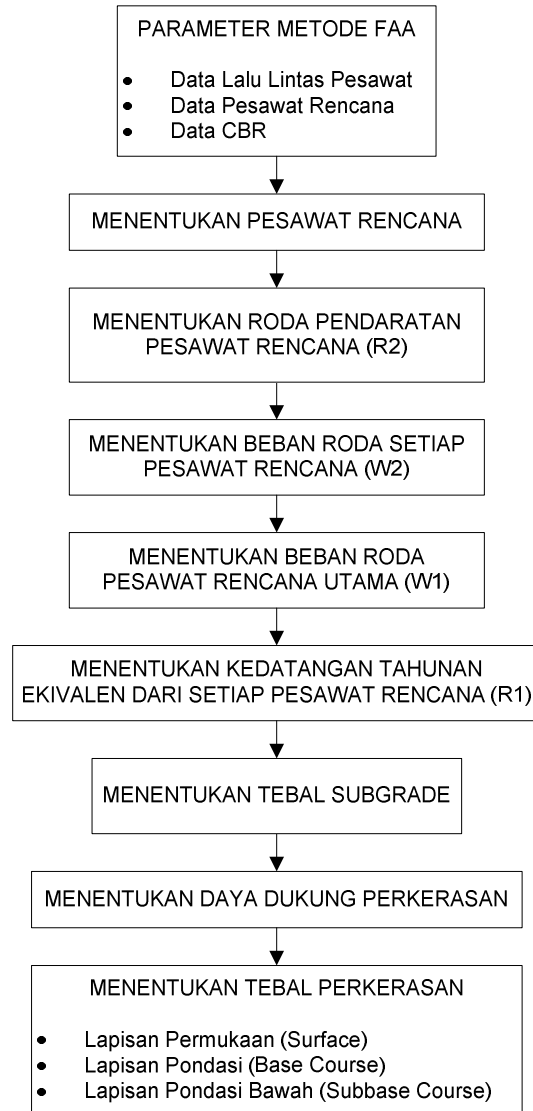
Dalam penelitian dan penulisan Tugas Akhir ini perlu direncanakan diagram alir untuk memudahkan pelaksanaannya. Berdasarkan prosedur penelitian di atas, maka alir penelitian dapat dilihat seperti pada gambar berikut:



Gambar **Error! No text of specified style in document.**18 *Flowchart* Penulisan

Diagram Metode FAA

Untuk menghitung tebal perkerasan dengan metode FAA, membutuhkan beberapa parameter dan tahapan perhitungan, berikut adalah diagram perhitungan struktur perkerasan dengan menggunakan metode FAA.



Gambar **Error! No text of specified style in document.**19 *Flowchart* Metode FAA