

Analisis Tebal Perkerasan *Apron* pada Perluasan Terminal Bandar Udara Sultan Thaha Jambi Tahun 2018

Togar Sibarani¹, Wiryad Murad², Elvira Handayani³

¹Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Batanghari

^{2,3}Dosen Fakultas Teknik Universitas Batanghari

email: elvira.handayani@yahoo.co.id

Abstrak. Bandar Udara Sultan Thaha Jambi merupakan salah satu bandar udara Internasional yang setiap tahunnya mengalami peningkatan pergerakan pesawat dan penumpang yang datang, pergi dan transit dari dan ke Bandar Udara Sultan Thaha Jambi. Untuk itu perlu ditingkatkan kemampuannya untuk melayani penumpang agar semakin baik. Analisis perkerasan kaku *Apron* Bandar Udara Sultan Thaha Jambi bertujuan untuk mengetahui tebal lapisan perkerasan pada bandar udara. Adapun metode perencanaan yang dipakai adalah metode *FAA (Federal Aviation Administration)*. Langkah pertama yang perlu diperhatikan adalah nilai *CBR (California Bearing Ratio)* tanah dasar, penentuan nilai *modulus of subgrade*, pemilihan pesawat rencana, *MTOW* pesawat, beban satu roda pesawat (w_2), keberangkatan terkoreksi (R_2), beban satu roda pesawat rencana (w_1) dan *equivalent annual departures* pesawat rencana (R_1). Analisis perkerasan ini menggunakan pesawat rencana *Boeing 737-900ER*. Berdasarkan data yang didapatkan, selanjutnya nilai *MTOW* pesawat rencana, mutu beton, nilai *modulus of subgrade* dan nilai R_1 diplotkan pada kurva *FAA* sehingga didapatkan tebal perkerasan. Dari Hasil analisis perhitungan perkerasan *Apron* Bandar Udara Sultan Thaha Jambi dengan menggunakan metode software *FAARFIELD V.1.42* adalah: 41,07 cm dan hasil analisis perhitungan dengan cara manual/kurva tebal perkerasan *apron* adalah: 43,18 cm.

Kata kunci: perkerasan, apron, pesawat rencana, metode *FAA* dan bandar udara Sultan Thaha Jambi

PENDAHULUAN

Bandar udara sebagai suatu simpul dari suatu sistem transportasi udara dan memiliki peran yang sangat penting yang ditata dalam sistem transportasi nasional, yang dinamis dan mampu mengadaptasi kemajuan di masa depan mempunyai kemampuan untuk mencapai tujuan dalam waktu cepat, berteknologi tinggi dan memerlukan tingkat keselamatan tinggi baik pada kondisi pesawat maupun kondisi dari berbagai infrastruktur pada bandar udara.

Untuk meningkatkan pelayanan transportasi udara, maka perlu dibangun bandar udara yang memiliki kualitas baik secara struktural maupun fungsional, tentu akan memerlukan metode yang efektif dalam perencanaan agar diperoleh hasil yang terbaik dan ekonomis, memenuhi unsur keselamatan pengguna dan tidak mengganggu ekosistem di sekitarnya.

Bandar Udara Sultan Thaha Jambi diresmikan Presiden sebagai Bandar udara Internasional pada tanggal 21 Juli 2016. Mulai tahun 2011 ditingkatkan kemampuannya untuk melayani penumpang dan Presiden meminta rencana pengembangan Bandara Sultan Thaha berikutnya bisa dipercepat awal tahun 2017.

Jambi melakukan perluasan areal bandara yang meliputi pembangunan terminal penumpang, areal parkir, dan landasan pacu (*runway*). Panjang terminal 2.220 meter, lebar 30 meter dan akan ditambah menjadi 2.600 meter dan lebar 45 meter. Landasan pacu panjangnya 2400 m x 30 meter akan dilebarkan menjadi 3000 meter x 45 meter yang akan bisa didarati pesawat berbadan lebar. Saat ini ada 8 maskapai penerbangan yang setiap harinya melakukan penerbangan sebanyak 23 kali.

Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2016 jumlah kedatangan pesawat ke dan keberangkatan dari Jambi mencapai 14.775 pesawat, pada tahun 2017 jumlahnya meningkat menjadi 17.600 pesawat atau naik 16.05%. Hal ini sangat berpengaruh terhadap kinerja setiap akses yang ada di Bandar Udara Sultan Thaha, salah satunya adalah "*apron*".

Kapasitas apron untuk melayani pesawat parkir terbatas, yang mengakibatkan bertambahnya waktu tunggu pesawat dan terlambatnya jadwal kedatangan bahkan keberangkatan pesawat. Kapasitas apron untuk melayani pesawat parkir terbatas, yang mengakibatkan bertambahnya waktu tunggu pesawat dan terlambatnya jadwal kedatangan bahkan keberangkatan pesawat.

Apron juga digunakan sebagai tempat parkir pesawat, tempat pengisian bahan bakar, menurunkan dan menaikkan penumpang. *Apron* yang berada pada sisi udara (*airside*) langsung bersinggungan dengan bangunan terminal, tentunya berdampak besar pada seberapa besar kemampuan *apron* untuk melayani pesawat yang akan parkir dan melakukan aktifitas lainnya.

Hal ini berpengaruh pada jenis dan tipe pesawat yang akan menggunakan bandara ini, dan tentunya berpengaruh juga perkerasan jenis apakah yang akan digunakan pada bandara ini. Struktur perkerasan bandara berbeda dengan struktur-struktur perkerasan pada jalan biasa, karena beban yang ada pada bandara, sumbu standar berbeda dengan jalan pada umumnya. Oleh karena itu, maka perlu untuk menganalisa rencana tebal lapis perkerasan pada Bandara Sultan

Thaha Jambi. Berdasarkan uraian diatas disusunlah penelitian : “Analisis Tebal Perkerasan Apron Pada Perluasan Terminal Bandar Udara Sultan Thaha Jambi Tahun 2018”.

Berdasarkan penelitian latar belakang yang dikemukakan di atas, maka dirumuskan permasalahan penelitian ini sebagai berikut : tebal perkerasan pada apron bandar udara menggunakan metode *Software FAARFIELD* Versi 1.42 dan cara manual dan kurva metode FAA.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui tebal perkerasan apron pada bandar udara sultan Thaha menggunakan metode *Software FAARFIELD* Versi 1.42 dan cara manual dengan kurva metode FAA.

Bandar udara adalah tempat persinggahan pesawat terbang (alat transportasi udara) digunakan untuk mendarat dan lepas landas untuk melakukan kegiatan seperti menurunkan dan mengangkut penumpang atau barang di dalamnya terjadi berbagai macam rangkaian kegiatan yang berkaitan dengan pesawat terbang (Sulandari, 2001).

Land Side

Sisi Darat (*Land Side*) bandar udara adalah wilayah bandar udara yang tidak langsung berhubungan dengan kegiatan operasi penerbangan . Bagian dari komponen Sisi Darat (*land side*) terdiri dari 4 bagian yaitu, Bangunan terminal penumpang, bangunan terminal kargo, bangunan operasi, dan fasilitas penunjang bandar udara.

Air Side

Sisi udara (*Air side*) bandar udara adalah bagian dari bandar udara dan segala fasilitas penunjangnya yang bukan merupakan daerah publik. Fasilitas-fasilitas yang ada pada Sisi udara (*Air side*) terdiri dari : *runway* /landas pacu, *Taxiway*/Landas hubung, dan *APRON* landas parkir.

Perkerasan pada Apron

Perkerasan didefinisikan sebagai struktur yang terdiri dari satu lapisan atau lebih dengan tiap lapis memiliki kekerasan dan daya dukung yang berlainan, bergantung dari bahan yang diproses. Perkerasan dibedakan menjadi dua tipe yaitu :

1. **Perkerasan lentur**: yang terdiri dari campuran aspal dan agregat yang digelar diatas permukaan bahan granular disebut perkerasan lentur
2. **Perkerasan Kaku**

Menurut Sandhyavitri (2005), perkerasan dikatakan kaku atau *rigid*, dikarenakan modulus elastisitas (E) semen sebagai material perkerasan kaku mempunyai nilai relatif lebih besar dari material fondasi dan tanah, maka bagian terbesar yang menyerap tegangan akibat beban adalah pelat beton sendiri. Elemen struktur perkerasan kaku terdiri dari tanah dasar (*subgrade*), fondasi bawah (*subbase course*), pelat beton (Sandhyavitri, 2005).

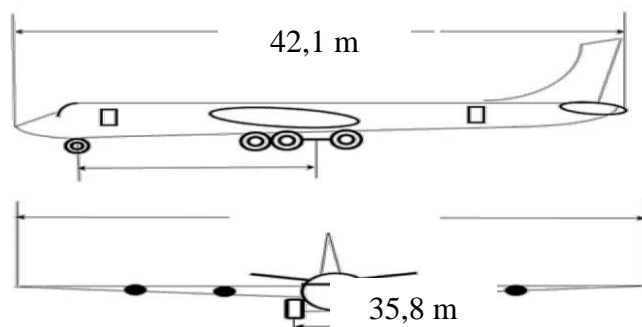
Pesawat Terbang Rencana (*Aircraft Design*)

Pesawat rencana perlu ditentukan karena pesawat-pesawat yang beroperasi di Bandara Sultan Thaha Jambi memiliki konfigurasi roda pendaratan yang berbeda-beda. Untuk menentukan beban dari seluruh pesawat, perlu dilakukan penyamaan tipe konfigurasi roda pendaratan. Hal ini dapat dilakukan dengan mengkonversi tipe roda pendaratan dari tiap pesawat-pesawat yang dilayani ke tipe roda pendaratan pesawat rencana. Pada tabel 2.1 spesifikasi pesawat dan gambar pesawat rencana Boeing 737-900ER seperti berikut ini :

Tabel 1. Spesifikasi Pesawat Boeing 737-900ER

Spesifikasi		
- Panjang Badan Pesawat (m)	:	42,1
- Tinggi pesawat (m)	:	12,55
- Kapasitas penumpang (orang)	:	220
- Rentang Sayap (m)	:	35,79
- Daya dorong	:	80 -150 KN
- Maximum Take-Off Sctructural Weight (kg)	:	188.200
- Panjang Landasan Pacu Rencana Dasar (m)	:	3000 m x 45 m

Sumber : PT. ANGKASA PURA II (2019)



Gambar 1. Spesifikasi Dimensi pesawat Rencana
Sumber: (Wardani, dkk. 2016)

Karakteristik Pesawat

Karakteristik pesawat terbang diperlukan dalam perencanaan dan perancangan bandar udara Menurut Horonjeff (1998) karakteristik pesawat terbang terdiri dari :

1. Bobot pesawat, sangat penting untuk merencanakan tebal perkerasan dari area pendaratan. Beberapa komponen yang terkait dengan bobot pesawat yaitu, bobot kosong operasi (*OWE= operation weight empty*), bobot bahan bakar kosong (*ZFW= zero fuel weight*), bobot muatan ,bobot lepas landas struktur maksimum (*MTOW= maximum take-off weight*).
2. Ukuran, lebar sayap (*wingspan*) dan panjang badan pesawat (*fuselage*) berpengaruh terhadap, dimensi parkir *apron* yang selanjutnya berpengaruh terhadap konfigurasi bangunan terminal.
3. Konfigurasi roda, (*single, dual, dual tandem*) mempengaruhi tebal perkerasan area pendaratan.
4. Kapasitas, kapasitas penumpang mempunyai arti penting bagi perencanaan bangunan terminal dan prasarana lainnya.
5. Panjang landasan, itu sendiri dipengaruhi oleh kondisi lingkungan di sekitar lapangan terbang, seperti elevasi bandara, temperatur, angin dan lain-lain.

Metode FAA

Parameter- parameter yang digunakan dalam metode *FAA* pada *Advisory Circular* No 150/5320-6F “*Airport Pavement Design and Evaluation*” untuk merencanakan perkerasan kaku meliputi berat lepas landas kotor pesawat terbang, konfigurasi dan ukuran roda pendaratan. Perkerasan pada *apron* Bandar udara sebagian besar menggunakan perkerasan kaku. Hal ini dikarenakan *apron* menanggung beban statis yang cukup lama dan tempat melakukan pengisian bahan bakar pesawat. Dalam perancangan ini digunakan metode *FAA (Federal Aviation Administration)* yang merupakan salah satu pedoman dalam merancang perkerasan kaku Bandar udara.

Hal yang perlu diperhatikan dalam mendesain perkerasan kaku menggunakan metode *FAA* adalah sebagai berikut :

1. Modulus reaksi tanah dasar (*k*)
2. Modulus lentur beton (*flexural strength*)
3. Karakteristik pesawat terbang rencana (*Critical Aircraft*)
4. Volume lalu lintas udara (*Equivalent Annual Departures*)

Bahan tanah dasar dibawah pekerasan kaku harus dipadatkan untuk mendapatkan stabilitas yang cukup dan dukungan yang merata terhadap beban. Kekuatan tanah dasar yang diperlukan dalam perancangan perkerasan kaku adalah nilai modulus tanah dasar (*k*). Modulus reaksi tanah dasar (*k*) didasarkan pada pengklasifikasian kondisi suatu tanah dasar yang diperlukan dalam perencanaan perkerasan kaku. Dalam hal ini nilai *k* digunakan pada lapis *subgrade* dan *subbase* untuk mencari ketebalan dari kedua lapis tersebut (Heru Basuki,1986).

Rumus:

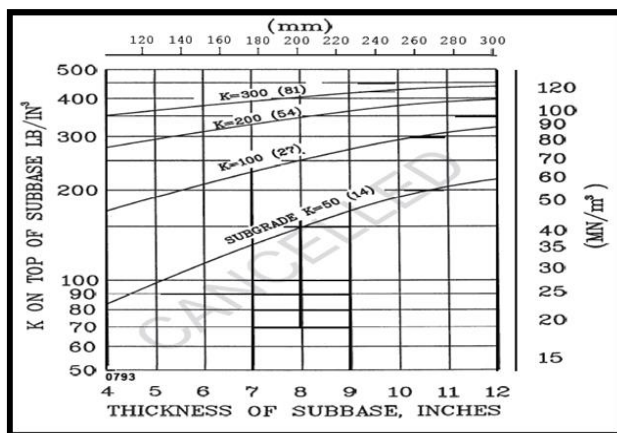
$$Harga : k = \left[\frac{1500 \times CBR}{26} \right]^{0,7788} \dots\dots\dots (1.1)$$

Kuat lentur beton didapat dengan tes *Modulus of Rupture* (modulus keruntuhan). Hubungan antara kuat lentur (*flexural strength*) dan kuat tekan (*compressive strength*) yang dapat dipakai dalam perhitungan perencanaan awal.

$$MR = K \sqrt{fc'} \dots\dots\dots (1.2)$$

MR : *Modulus of Rupture* atau *flexural strength* dalam psi

fc' : Kuat tekan beton dalam psi



Gambar 2. Kurva hubungan antara stabilitas subbase dan nilai k (modulus subgrade) Sumber : FAA AC No.150/5320-10F 2009

Menurut metode FAA dalam menentukan tebal lapis keras perkerasan kaku, dipakai pesawat terbang rencana yaitu pesawat yang terberat dan menghasilkan tebal perkerasan kaku terbesar pada perhitungan tebal lapis keras kaku. Pengaruh dari jenis pesawat terbang lainnya yang akan beroperasi harus dikonversikan terlebih dahulu ke pesawat terbang rencana.

Parameter yang diperlukan dari pesawat rencana untuk struktur perkerasan antara lain :

1. **Konfigurasi roda pendaratan (landing gear configuration)** Konfigurasi roda pendaratan (landing gear configuration) Landing gear merupakan struktur dari roda pendaratan pesawat terbang yang berfungsi untuk menyerap energi hentakan dan getaran saat pesawat mendarat (landing). Saat mengudara landing gear akan disimpan di dalam pesawat

Tabel 2. Karakteristik Pesawat dan Konfigurasi roda pendaratan pesawat

Susunan Roda Pendaratan Utama	Tipe	Ukuran (inci)					Tekanan Pemompaan Tipikal (Rb/in ²)
		X	Y	Z	U	V	
Dual wheel	B-727	34.0					168
	B-737	30.5					148
	MD-81	28.1					170
Dual Tandem	A-300	36.5	55.0				181
	A-310	36.5	55.0				172
	A-320	30.7	39.5				149
	B-707-122B	34.0	56.0				170
	B-707-320B	34.5	56.0				180
	B-720B	32.0	49.0				145
	B-757	34.0	45.0				161
	B-767	34.0	56.0				183
	Concorde	26.4	65.7				184
	DC-8-61	30.0	55.0				188
DC-8-62	32.0	56.0				187	
DC-8-63	32.0	55.0				196	
DC-10-10	54.0	64.0				173	
L-1011-500	52.0	70.0				184	
Double Dual Tandem	B-747-100	44.0	58.0	121.1	141.0		192
	B-747-200	44.0	55.0	121.1	141.0		204
	B-747-400	44.0	58.0	121.1	141.0		195
	B-747SP	44.0	58.0	121.1	141.0		205
Dual Tandem	A-340	55.0	78.0	39.0	211.0	38.0	157*
	DC-10-30	54.0	64.0	30.0	216.0	37.5	165**
	DC-10-40	54.0	64.0	30.0	216.0	37.5	165**

*) Tekanan roda tengah sebesar 134 psi mendukung 16 persen dari berat total
 **) Tekanan roda tengah sebesar 140 psi mendukung 16 persen dari berat total

Sumber : Basuki H, 1986

Setelah tipe dari konfigurasi roda pesawat terbang ditetapkan, tipe roda pendaratan tiap pesawat terbang yang dilayani dikonversikan ke pesawat terbang rencana dengan menggunakan tabel konversi.

2. **Beban roda pesawat terbang (wheel load)**

Metode perkerasan kaku didasarkan pada berat lepas landas kotor pesawat terbang. Dengan tujuan agar perencanaan perkerasan kaku dapat direncanakan untuk mengantisipasi dari berat maksimum lepas landas kotor pesawat terbang (MTOW). Prosedur perencanaan mengasumsikan, bahwa 95 persen dari berat kotor pesawat terbang dibawa oleh main landing gear dan 5 persen dibawa oleh nose gear. Dari ketentuan tersebut maka beban roda pesawat terbang dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 1.3 dan 1.4.

$$W = \% \text{distribusi main gear} \times \text{MTOW pesawat rencana} \times 1/N \dots\dots (1.3)$$

$$W2 = \% \text{distribusi main gear} \times \text{MTOW pesawat campuran} \times 1/N \dots\dots (1.4)$$

Dimana :

W1 : beban roda pendaratan utama pesawat rencana

- W2 : beban roda pendaratan utama pesawat
- MTOW : berat lepas landas maksimum (lbs)
- N : jumlah roda

3. **Tekanan pada ban pesawat terbang (tyre pressure)** Tekanan pada ban pesawat bervariasi antara 75-200 psi (516-1380 kpa) tergantung dari konfigurasi pesawat terbang dan berat kotor pesawat terbang.

Volume Lalu Lintas Udara

Nilai *Equivalent Annual Departures (EAD)* dari tipe pesawat terbang lain yang akan beroperasi, didapatkan dengan mengkonversi pesawat terbang tersebut terlebih dahulu ke pesawat terbang rencana dengan menggunakan persamaan 1.5.

$$\text{Log } R_1 = \text{Log } R_2 \times \left(\frac{W_2}{W_1}\right)^{0,5} \dots\dots\dots(1.5)$$

dengan:

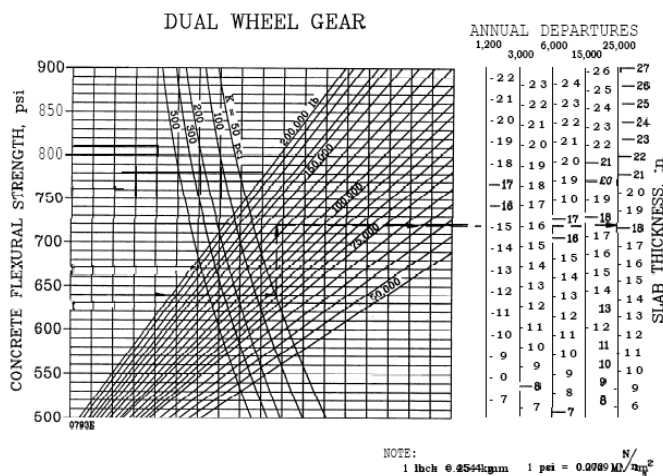
R1 : *Equivalent Annual Departures (EAD)* pesawat rencana

R2 : *Equivalent Annual Departures (EAD)* pesawat

W1 : Beban roda pesawat rencana (lbs)

W2 : Beban roda pesawat (lbs)

Equivalent Annual Departures (EAD) total yang lebih besar dari 25000, FAA memberikan toleransi untuk penambahan ketebalan lapis keras kaku, tebal lapis keras kaku hasil hitungan harus dikalikan dengan factor seperti tertera pada table dibawah dan tebal lapis permukaan (*surface course*) ditambah 1 inchi. Jika didapat EAD total diantara nilai-nilai yang terdapat pada tabel, maka presentase penambahan tebal lapis keras dapat dicari dengan cara menginterpolasi dari nilai nilai EAD yang ada. Nilai koreksi tebal lapis untuk EAD diatas 25000 dapat dilihat pada gambar 2.4 di bawah ini :



Gambar 3. Grafik perkerasan kaku metode FAA untuk jenis pesawat terbang *dual wheel gear* (Sumber : FAA AC No.150/5320-6F, 2017)

METODE

Data-data yang dikumpulkan adalah data sekunder. Tujuan yang hendak dicapai dalam pengumpulan data yang memadai adalah mengevaluasi metode yang diperlukan dalam mengatasi permasalahan.

Data Sekunder

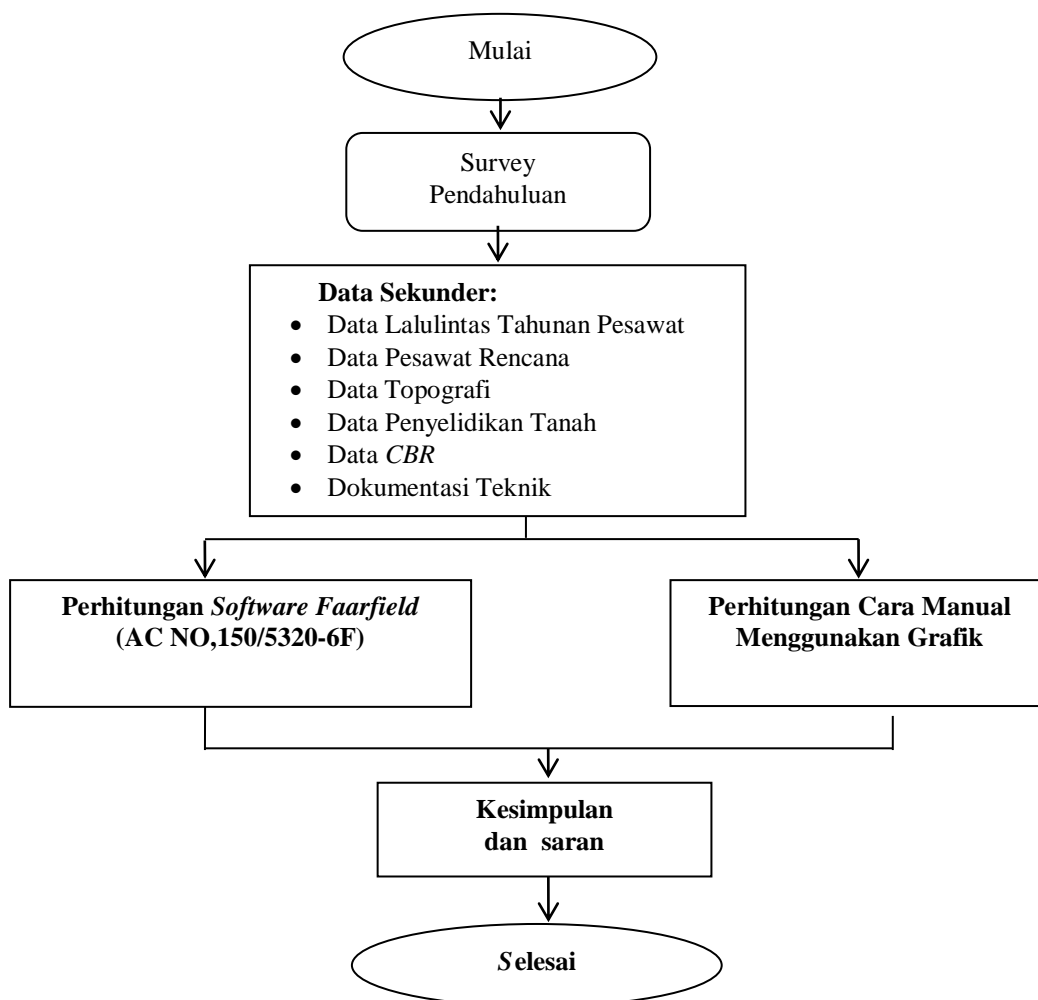
Data sekunder merupakan sumber data penelitian yang diperoleh peneliti secara tidak langsung . Pengumpulan data yang dilakukan adalah :

- a. Data Topografi adalah sebuah data yang diperlukan baik di lapangan maupun dikantor dalam rangka membuat peta topografi/situasi dan gambar-gambar penampang permukaan tanah dilokasi survey dengan skala tertentu, yang akan digunakan sebagai bahan untuk perencanaan.
- b. Data Penyelidikan Tanah (*Soil Investigation*), yaitu data yang dihasilkan dari lapangan dan uji laboratorium menentukan tipe dan karakteristik tanah di lokasi penelitian Bandar udara Sultan Thaha.

- c. Data Penerbangan, data pesawat rencana yaitu data yang dihasilkan dari jumlah rute penerbangan sehingga dapat menjadi parameter dalam menentukan tebal perkerasan.
- d. Nilai *CBR* pada *Subgrade* adalah sebesar 10 % sesuai dengan laporan *PCN Strength Runway* yang telah di *declare* oleh kementerian Perhubungan.
- e. Peta atau gambar lokasi yang menjelaskan tentang situasi dari lokasi penelitian.
- f. Dokumentasi, yaitu teknik pengumpulan data dengan menggunakan catatan-catatan atau foto-foto yang ada di lokasi penelitian serta sumber-sumber lain yang relevan dengan objek penelitian.

Data sekunder yang ada di analisis untuk merencanakan desain tebal perkerasan *apron* menggunakan *software FAARFIELD 1.42* metode *FAA 150/5320-6F*. *Software FAARFIELD (Federal Aviation Administration Rigid and Flexible Iterative Elastic Layered Design)* adalah perangkat lunak desain ketebalan standar yang menyertai *AC 150 / 5320-6F*, *FAARFIELD 1.42 menggantikan* semua versi *FAARFIELD* sebelumnya. (PT. ANGKASA PURA II, 2019).

Untuk melakukan perhitungan tebal lapis perkerasan kaku pada *apron*, terdapat beberapa metode baik yang manual maupun menggunakan perangkat akhir ini dipilih metode *FAARFIELD 1.42* sebagai metode perhitungan perkerasan yang khusus digunakan untuk perkerasan pada bandara. *Software FAA-AC-150/5320-6F* ini dilengkapi dengan jenis-jenis perkerasan yang digunakan di bandara dengan beban yang bekerja adalah pesawat terbang rencana dan telah ditetapkan spesifikasinya.



Gambar 4. Bagan Alir Penelitian analisis tebal perkerasan *apron*

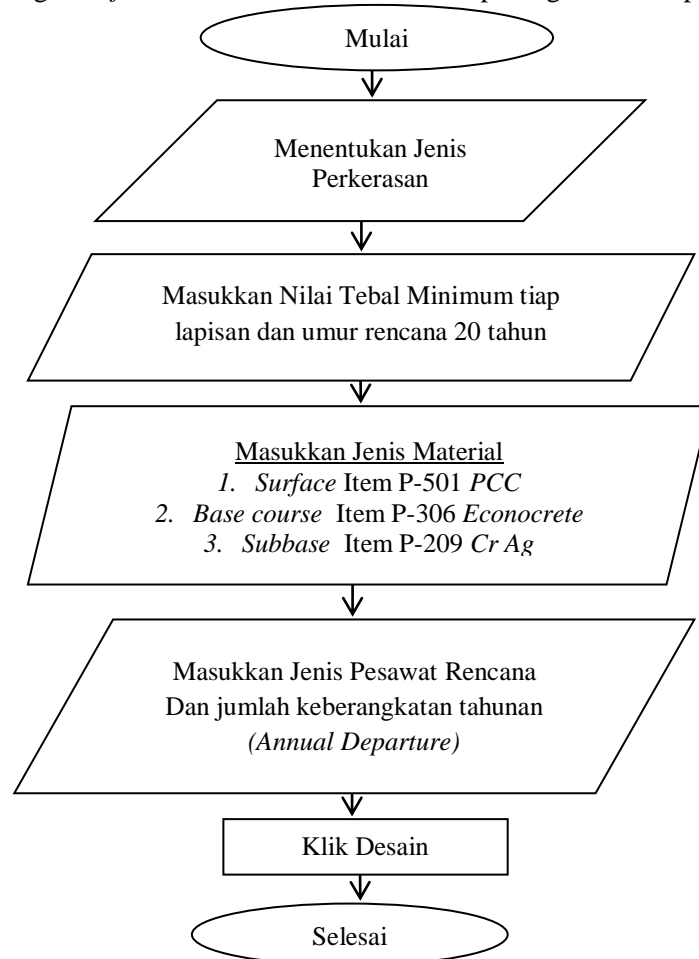
Langkah Perhitungan Dengan *Software FAARFIELD . V 1.42*

Perhitungan metode ini mengacu pada *Advisori Circular (AC) No. 150/5320-6F*, langkah kerja yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Input data *Software FAARFIELD*
 - a. Input *sugbrade support condition* Untuk kondisi subgrade, dibutuhkan data nilai *CBR*
 - b. Tentukan material properties dari setiap lapisan
 - c. Lalu lintas, meliputi : Karakteristik pesawat yang meliputi beban roda, letak roda dan tekanan ban

- d. Umur rencana
2. Input jenis Pesawat
3. Menentukan Jumlah keberangkatan tahunan berkenaan roda pendaratan
Masing-masing diinput manual dalam software untuk jumlah keberangkatan tahunan yang berbeda-beda setiap pesawat
4. Melakukan analisa tebal perkerasan
Setelah memasukkan data yang dibutuhkan, maka *software FAARFIELD* akan mengeluarkan hasil tebal perkerasan yang dibutuhkan pesawat-pesawat yang memberikan umur rencana .

Langkah Perhitungan Dengan *Software FAARFIELD V. 1.42* dapat digambarkan pada gambar 5. di bawah ini:



Gambar 5. Langkah Pengerjaan Pengukuran Tebal Apron Dengan *Software FAARFIELD*

Perhitungan dengan Cara Manual

Perhitungan metode ini di kutip dalam *Advisory Circular (AC) No.150/5320-6F, Airport Pavement Design and Evaluation*. Dalam perencanaan dengan metode *FAA* diperhitungkan untuk umur rencana 20 tahun tanpa pemeliharaan yang berarti, apabila tidak ada perubahan pesawat yang harus dilayani

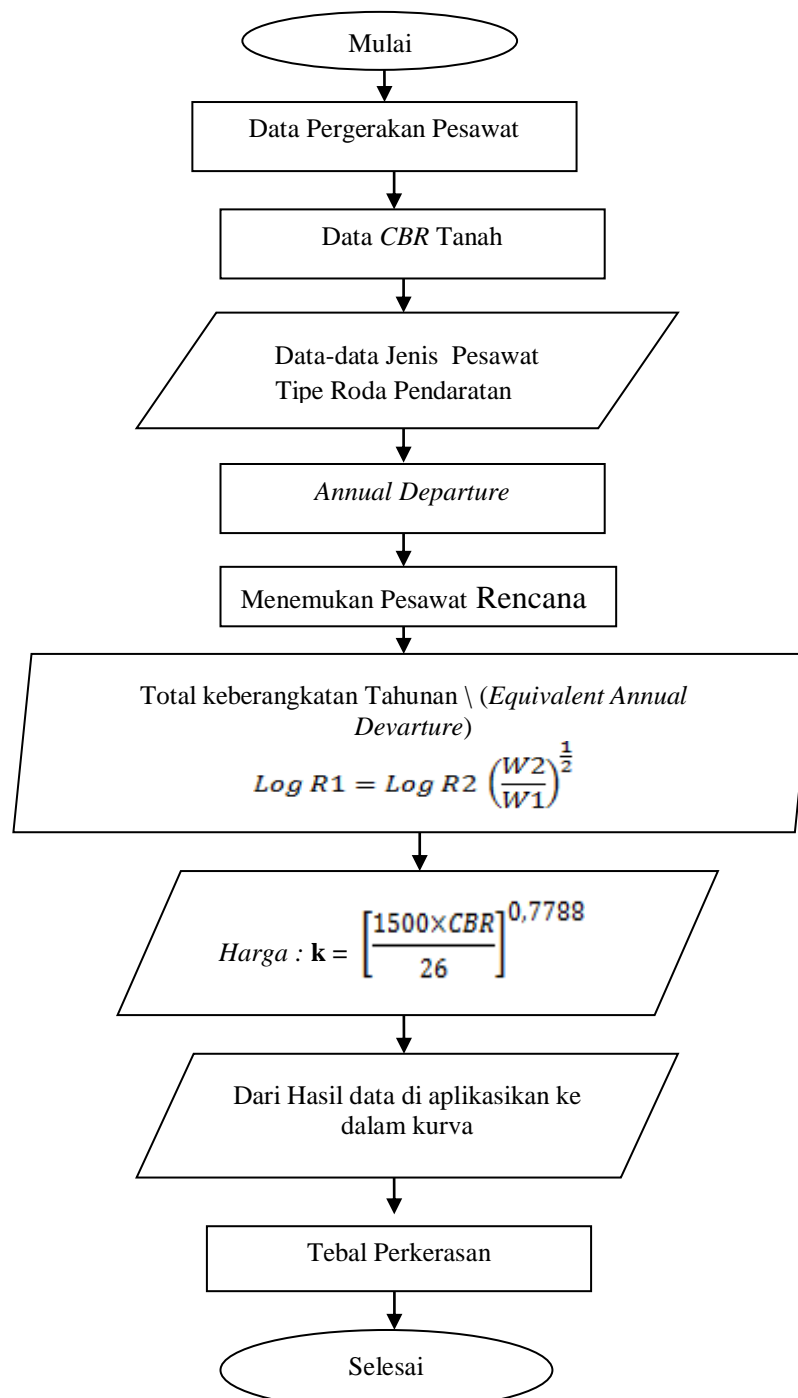
Langkah-langkah perencanaannya sebagai berikut:

1. Buatlah ramalan *annual departure* dari tiap-tiap pesawat yang harus dilayani oleh landasan tersebut.
2. Tentukan tipe roda pendaratan untuk setiap tipe pesawat.
3. Hitung *MTOW (Maximum Take off Weight)* dari setiap pesawat.
4. Tentukan “Pesawat Rencana” dengan prosedur dibawah ini :
 - a. Perkirakan harga *k* dari *subgrade*, atau *subbase* bila tersedia
 - b. Menentukan *flexural strenght* beton. Berdasarkan *FAA flexural strenght* desain ditetapkan 600-700 psi (4,14-4,83 Mpa)
 - c. Gunakan data-data : *flexural strenght*, harga *k*, *MTOW* dan ramalan *annual departure* sebagai bahan untuk menentukan tebal perkerasan yang diperoleh dari kurva desain yang sesuai dengan masing-masing tipe pesawat udara.

5. Konversikan tipe roda pendaratan tiap tipe pesawat udara yang diramalkan harus dilayani ke pesawat rencana dengan menggunakan tabel 1. Hitung *annual departure* yang dinyatakan dalam roda pendaratan pesawat rencana.
6. Tentukan *wheel load* tiap tipe pesawat, 95 % *MTOW* ditopang oleh roda pendaratan. Bagi pesawat berbadan lebar *MTOW* dibatasi sampai 300.000 lbs (136.100 kg) dengan roda *dual tandem*.
7. Masukkan rumus persamaan (1.1)
8. Hitung total *equivalent annual departure*.
9. Gunakan nilai : *flexural strenght*, nilai *k*, *MTOW* pesawat rencana dan total *equivalent annual departure*, sebagai data untuk menghitung perkerasan kaku dengan kurva rencana yang sesuai.

Ketebalan yang didapat adalah ketebalan betonnya saja, di luar *subbase*. Ketebalannya adalah untuk daerah kritis “T”, sedangkan untuk daerah tidak kritis, ketebalannya direduksi 10% menjadi 0,9 T.

Langkah Pengerjaan Perkerasan Rigid dengan cara Manual seperti pada Gambar 6 dibawah ini:



Gambar 6 .Urutan Pengerjaan Perkerasan Rigid dengan cara Manual

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam merencanakan tebal perkerasan apron bandar udara harus memiliki data dan asumsi berdasarkan kriteria-kriteria yang dibutuhkan di dalam perencanaan. Berikut data dan asumsi yang digunakan dalam perhitungan desain perkerasan apron pada perluasan terminal Bandar Udara Sultan Thaha Jambi.

Luas areal apron yang tersedia diperoleh dari database Angkasa Pura II Jambi meliputi data (area existing) parkir pesawat dengan luas : 46505,83 m² dan apron yang diperluas sebesar : 5148,85 m². Sehingga dapat menampung 8 pesawat parkir di Bandar udara Sultan Thaha Jambi

Data Lalu Lintas Udara

Sesuai dengan data angkutan udara dari Angkasa Pura II data lalu lintas pergerakan pesawat dan penumpang yang datang, pergi dan transit dari dan ke Bandar Udara Sultan Thaha dari tahun 2008 sampai dengan tahun 2017 adalah:

Tabel 3. Data Pertambahan Persentase Tahunan Pesawat dan Penumpang Bandar Udara Sultan Thaha Jambi

No	Tahun	Pesawat				Penumpang			
		Datang	Berangkat	Total	Pertambahan (%/tahun)	Datang	Berangkat	Total	Pertambahan (%/tahun)
1	2008	2.868	2.865	5.733	-	399.356	337.762	737.118	-
2	2009	3.634	3.636	7.270	26.8	397.880	407.301	805.181	9,23
3	2010	4.078	4.079	8.157	12.2	460.458	475.828	936.286	16.3
4	2011	4.345	4.341	8.686	6.5	501.241	513.083	1.014.324	7.70
5	2012	4.627	4.624	9.251	6.5	609.752	624.205	1.233.957	21.7
6	2013	4.826	4.826	9.652	4.3	639.547	653.319	1.292.866	4.8
7	2014	5.177	5.174	10.351	7.2	648.477	662.675	1.311.152	1.4
8	2015	2.840	2.841	5.681	45.11	573.949	593.806	1167.755	- 10,94
9	2016	7.382	7.393	14.775	61.5	808.476	827.994	1636.470	0.28
10	2017	8.810	8.799	17.609	16,0	869.267	881.595	1750.862	6.9

Sumber : Angkasa Pura II Jambi (2017)

Tabel 4. Data Prediksi Keberangkatan Harian dan Keberangkatan Tahunan Pesawat pada Sultan Thaha Jambi

Type Pesawat	Forecast Daily Departure	Forecast Annual Departure
A320-100	3 kali/hari	1.095 kali/tahun
B.737-500	4 kali/hari	1.460 kali/tahun
B.737-800	5 kali/hari	1.825 kali/tahun
B.737-900ER	6 kali/hari	2.190 kali/tahun
B.737-900	3 kali/hari	1.095 kali/tahun

Sumber : Angkasa Pura II Jambi ,2017

Umur Rencana

Perhitungan metode FAA di kutip dalam *Advisory Circular (AC) No.150/5320-6F, Airport Pavement Design and Evaluation*. Dalam perencanaan dengan metode FAA diperhitungkan untuk umur rencana 20 tahun tanpa pemeliharaan yang berarti, apabila tidak ada perubahan pesawat yang harus dilayani.

Harga *k subgrade* diperoleh dengan mengkonversikan data CBR tanah dengan nilai CBR rata-rata adalah 10,65% dan jika dikonversikan ke dalam harga *k* akan menjadi :

$$k = \left[\frac{1500 \times CBR}{26} \right]^{0,7788} = \left[\frac{1500 \times 10,65}{26} \right]^{0,7788} = 148,4 \text{ pci}$$

Perencanaan dengan menggunakan metode Software FAA

Dari data dan asumsi yang ada,sesuai dengan kriteria-kriteria yang dibutuhkan dalam perhitungan perencanaan perkerasan apron maka perhitungan dapat dilakukan dengan mengikuti langkah-langkah menggunakan *software FAA-AC-150/5320-6F* dan data serta asumsi yang digunakan seperti di atas. Setelah memasukan data dan asumsi yang ada,maka didapatkan hasil perhitungan sebagai berikut :

Tabel 5. Pavement Structure Information by Layer, Top First

No	Type	Thicknes In	Thicknes mm	Modulus psi	Poisson's Ratio	Strength R,psi
1	PCC Surface	16,17	410,7	4.000.000	0,15	700
2	P-306 Lean Concrete	6,00	152,4	700.000	0,20	0

3	P-209 Cr Ag	8,00	203,2	75.000	0,35	0
4	Subgrade	0,00	0,00	12.372	0,40	0
Total thickness to the top of the subgrade		30,17 in				

Sumber : FAA-AC-150/5320-6F (data olahan 2019)

Tabel 6. Airplane Information

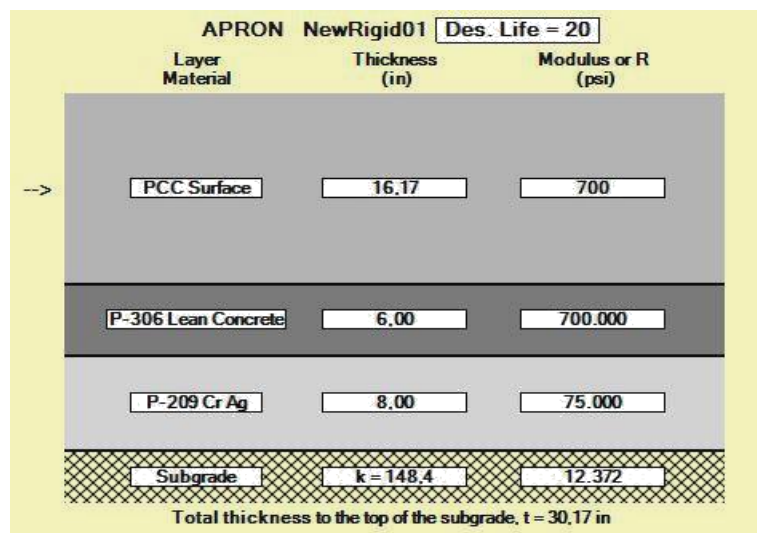
No.	Name	Gross Wt. lbs	Annual Departures	% Annual Growth
1	A320-100	150.796	1.095	8,00
2	B737-500	134.000	1.460	8,00
3	B737-800	174.700	1.825	8,00
4	B737-900 ER	188.200	2.190	8,00
5	B737-900	174.700	1.095	8,00

Sumber : FAA-AC-150/5320-6F (data olahan 2019)

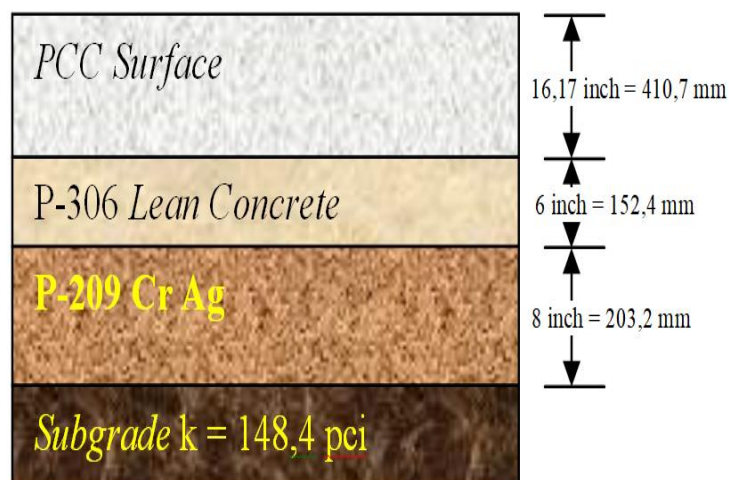
Tabel 7. Additional Airplane Information

No.	Name	CDF Contribution	CDF Max for Airplane	P/C Ratio
1	A320-100	0,00	0,01	3,84
2	B737-500	0,00	0,00	3,76
3	B737-800	0,16	0,16	3,52
4	B737-900 ER	0,83	0,83	3,53
5	B737-900	0,20	0,18	3,69

Sumber : FAA-AC-150/5320-6F, (data olahan 2019)



Gambar 7. Hasil desain Tebal perkerasan software FAARFIELD
Sumber : Data Olahan (2019)



Gambar 8. Susunan perkerasan menggunakan software FAARFIELD, 2017
Sumber:Data Olahan (2019)

Analisis Perencanaan Perkerasan Kaku dengan Metode FAA

Dari data jumlah keberangkatan pesawat terbang tahunan yang diperoleh, kemudian digunakan untuk menganalisis tebal lapis perkerasan kaku dengan menggunakan metode FAA(Federal Aviation Administration) Perancangan lapis perkerasan kaku dengan menggunakan metode FAA dilakukan dengan beberapa tahap sebagai berikut:

Pesawat rencana dipilih sesuai dengan jenis pesawat terbanyak beroperasi di Bandar Udara Sultan Thaha Jambi yaitu pesawat B737-900ER dan merupakan pesawat yang terbesar yang parkir pada Bandar Udara Sultan Thaha Jambi.

Dalam menghitung beban roda pesawat, beban yang digunakan adalah beban tiap roda yang terletak pada main gear. Dalam menentukan beban tiap roda, distribusi beban pada main gear dianggap sama sebesar 95% dari MTOW (maximum takeoff weight) pesawat untuk semua tipe pesawat.

Beban roda pesawat rencana (W1) B737-900ER

$$W1 = \% \text{distribusi main gear} \times \text{MTOW pesawat rencana} \times \frac{1}{N}$$

Keterangan:

W1 = beban roda pesawat rencana lbs

N = jumlah roda pendaratan

Jumlah roda pendaratan : 6

Tipe roda : dual wheel

MTOW : 188.200 lbs

$$W1 = 95\% \times 188.200 \times \frac{1}{6} = 29798,33 \text{ lbs}$$

Beban roda pesawat (W2)

$$W2 = \% \text{ distribusi main gear} \times \text{MTOW pesawat campuran} \times \frac{1}{N}$$

Keterangan:

W2 = beban roda pesawat campuran lbs

N = jumlah roda pendaratan

□ Boeing 737-500

Jumlah roda pendaratan : 6

Tipe roda : dual wheel

$$W2 = 95\% \times 134.000 \times \frac{1}{6} = 21216,66 \text{ lbs}$$

Tabel 8. Data tipe pesawat konfigurasi roda dan beban roda

No	Jenis Pesawat	MTOW	Tipe Roda	Jumlah Roda	W2(lbs)
1	A320-100	150.796	Dual Wheel	6	23875
2	B.737-500	134.000	Dual Wheel	6	21215
3	B.737- 800	174.700	Dual Wheel	6	27659
4	B.737-900	174.700	Dual Wheel	6	27659
5	B.737 - 900 ER	188.200	Dual Wheel	6	29797

Sumber: Data Olahan (2019)

Jumlah keberangkatan untuk setiap jenis pesawat dikonversikan terlebih dahulu kedalam pesawat rencana. Nilai *equivalent annual departures* ditentukan dengan cara jumlah keberangkatan pesawat terkoreksi (R2) dikonversi sesuai dengan perbandingan antara beban roda pesawat (W2) dan beban roda pesawat rencana (W1) menggunakan persamaan

$$\text{Log R1} = \text{Log R2} \left(\frac{W2}{W1} \right)^{0,5}$$

Dengan:

R1 : *equivalent annual departures*

R2 : keberangkatan pesawat terkoreksi

W1 : beban roda pesawat rencana

W2 : beban roda pesawat

Mengalikan keberangkatan tiap pesawat terhadap pesawat dengan faktor koreksi yang terdapat pada tabel 4.2 (R2)

Boeing 737 - 900 ER = 2190 pesawat

Konversi *double wheel ke dual tandem* : 0,6
 = jumlah tiap pesawat x nilai konversi
 = 2190 x 0,6 = 1314 pesawat

Tabel 9. Nilai Keberangkatan Terkoreksi

No	Jenis Pesawat	Keberangkatan	Faktor Konversi	Keberangkatan terkoreksi (R2)
1	A320-100	1.095	0,6	657
2	B.737-500	1.460	0,6	876
3	B.737- 800	1.825	0,6	1095
4	B.737-900	1.095	0,6	657
5	B.737 - 900 ER	2.190	0,6	1314

Sumber: Data Olahan, 2019

Nilai *Equivalent Annual Departures* pesawat rencana B737-900ER

$$\text{Log R1} = \text{Log R2} \left(\frac{W1}{W2} \right)^{0,5}$$

$$\text{Log R1} = \text{Log } 1314 \left(\frac{29797}{29797} \right)^{0,5}$$

$$\text{Log R1} = \text{Log } 1314 (1)$$

$$\text{Log R1} = 3,118$$

$$R1 = 10^{3,118} = 1312$$

Nilai *Equivalent Annual Departures* pesawat campuran :
 (A320-100):

$$\text{Log R1} = \text{Log R2} \left(\frac{W1}{W2} \right)^{0,5}$$

$$\text{Log R1} = \text{Log } 657 \left(\frac{23875}{29797} \right)^{0,5}$$

$$\text{Log R1} = \text{Log } 657 (0,895)$$

$$\text{Log R1} = 2,769$$

$$R1 = 10^{2,769} = 587$$

Hasil dari perhitungan nilai *equivalent annual departure* pada tipe pesawat rencana dan pesawat campuran pada tabel dibawah ini:

Tabel 10. Nilai Equivalent Annual Departure (EAD)

No	Jenis Pesawat	W1 (lbs)	W2 (lbs)	Keberangkatan Terkoreksi (R2)	EAD (R1)
1	A320-100	23875	-	657	587
2	B.737-500	21215	-	876	738
3	B.737- 800	27659	-	1095	1054
4	B.737-900	27659	-	657	632
5	B.737 - 900 ER	29797	29797	1314	1312
Total Nilai <i>Equivalent Annual Departure (EAD)</i>					4323

Sumber : Data Olahan, 2019

Hasil *equivalent annual departure (RI)* pada pesawat B737-900ER adalah 2190 *Equivalent Annual Departures (EAD)* pesawat rencana adalah hasil dari jumlah seluruh *EAD* semua jenis pesawat yang telah dikonversi ke tipe pesawat rencana dengan perbandingan beban roda pesawat dan tipe konfigurasi roda pesawat. *EAD* pesawat rencana harus kurang dari 25000 apabila total *EAD* lebih dari 25000 maka perlu adanya koreksi pada lapis keras kaku sesuai dengan metode *FAA*.

Menentukan Tebal Perkerasan Kaku

Dari data sekunder hasil penelitian tanah didapatkan bahwa klasifikasi jenis tanah berdasarkan *USCS (unified soil Clasification System)* adalah sebagai berikut: Dalam perencanaan perkerasan ini, *CBR* tanah dasar (*subgrade*) yang digunakan adalah 10,65 %. Dari nilai *CBR* ini sehingga dapat diketahui nilai *Ksubgrade (modulus reaction of subgrade)* dengan perhitungan sebagai berikut:

Modulus elastisitas (E) = 26 x $k^{1,284}$ (Sumber: Metode *FAA*)

$$\text{Modulus of soil reaction (k)} = \left(\frac{E}{26} \right)^{0,788} = \left[\frac{1500 \times CBR}{26} \right]^{0,788}$$

Dimana: (*E* dalam *psi*) dan (*k* dalam *pci*)

$$\text{Modulus of soil reaction (k)} = \left[\frac{1500 \times \text{CBR}}{26} \right]^{0,7788} = \left[\frac{1500 \times 10,65}{26} \right]^{0,7788}$$

$$k \text{ subgrade} = 148,476 \text{ pci} = 40,23 \text{ MN/m}^3$$

Sehingga diperoleh nilai E

$$\text{Modulus Elastisitas (E)} = 26 \times k^{1,284}$$

$$= 26 \times 148,476^{1,284}$$

$$= 15972,76 \text{ psi} = 110,132 \text{ Mpa}$$

Berdasarkan FAA AC 150/5320-6F *Airport pavement Desain and Evaluation subbase* harus memiliki ketebalan minimal 4 in (102 mm). Berdasarkan FAA AC150/5370-10F *standards for specifying construction of Airport* untuk penggunaan *cement treated base course (CTB)* dibawah permukaan perkerasan kaku (*rigid pavement*) harus mempunyai kuat tekan ($f'c$) minimal 500 psi (3.447 kpa) dan maksimal 1000 psi (6.895 kpa). Desain *subbase* berdasarkan parameter :

a. Kekuatan *subgrade* ($k \text{ subgrade}$) : CBR = 10,65 %

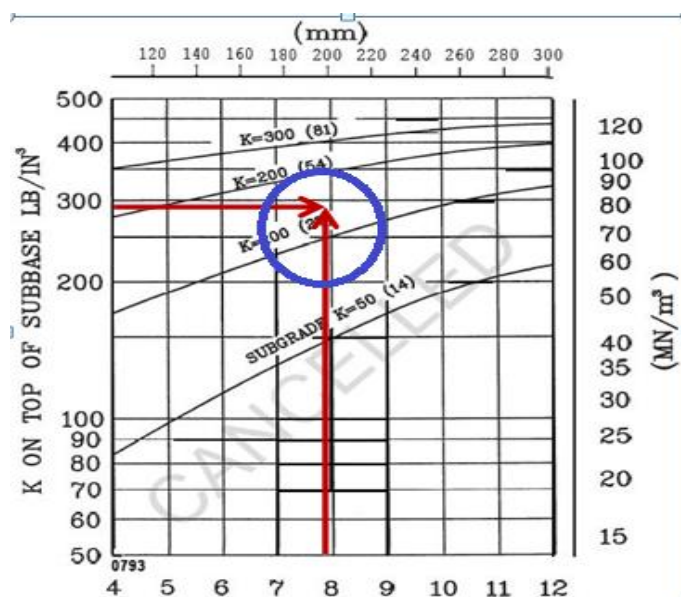
$$k = 148,476 \text{ pci} = 40,23 \text{ MN/m}^3$$

$$E = 15972,76 \text{ psi} = 110,132 \text{ Mpa}$$

b. Sesuai dengan data yang ada, asumsi ketebalan perbaikan *subbase* adalah tebal yang sama dengan tebal perbaikan *subbase existing* :

$$d_0 = 200 \text{ mm} = 7,87 \text{ inch}$$

Untuk menentukan nilai k perbaikan *subbase* (*modulus of soil reaction stabilization subbase*), digunakan Gambar 4. 1 dibawah ini dengan memasukkan nilai $k \text{ subgrade}$ dan ketebalan *subbase*.



Gambar 9. Pengaruh *Subbase* terhadap Modulus
Sumber: Data Olahan, 2019

Dari nilai $k \text{ subgrade}$, ketebalan *subbase*, pada gambar 4.1 didapatkan harga k perbaikan *subbase* (*modulus of soil reaction stabilization subbase*) = 290 pci . Berdasarkan FAA-AC-150/5320-6F *standards for specifying construction of Airport* untuk penggunaan *cement treated base course (CTB)* dibawah permukaan perkerasan kaku (*rigid pavement*) harus mempunyai kuat tekan ($f'c$) minimal 500 psi (3.447 kpa) dan maksimal 1.000 psi (6.895 kpa). Untuk modulus Elastisitas (E) yang dianjurkan adalah 600.000-2000.000 psi (4.140-13.800 MN/m²)

Untuk slab beton digunakan mutu beton K-400 dengan kuat tekan sebesar 400 kg/cm² dengan menggunakan rumus pada persamaan 2.2

$$MR = K \sqrt{f'c}$$

MR : Modulus of Rupture atau flexural strength dalam psi

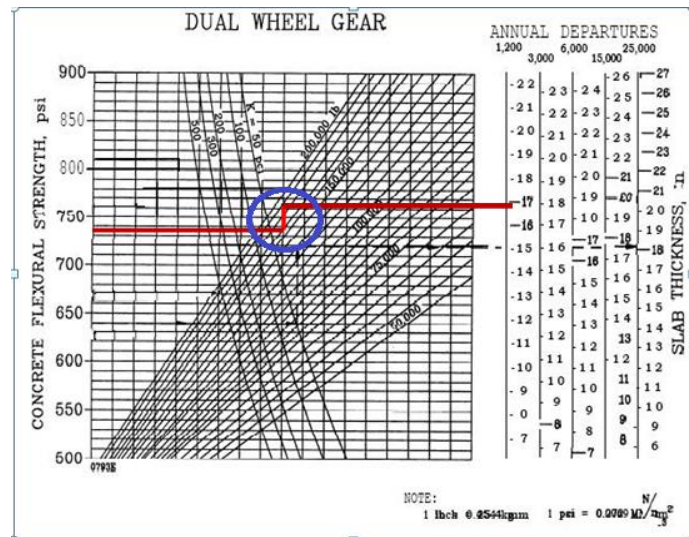
$f'c$: Kuat tekan beton dalam psi

$$f'c = 33,2 \text{ kg/m}^2 = 4815,083 \text{ psi}$$

$$MR = 10,65 \sqrt{4815,083} = 739,012 \text{ psi}$$

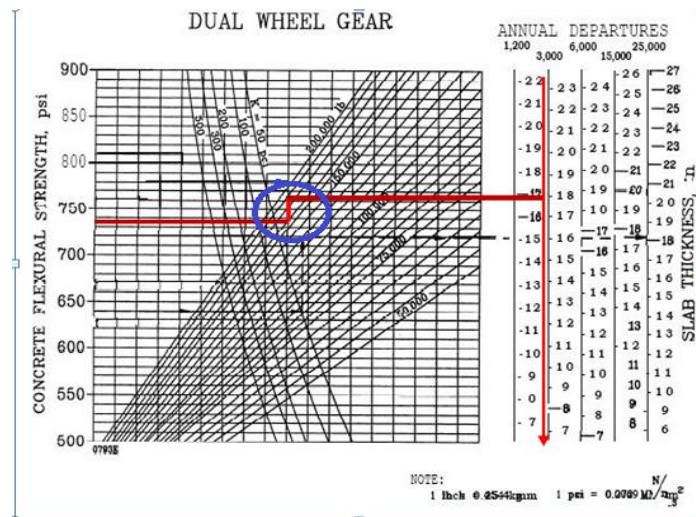
Menentukan tebal slab beton dengan menggunakan kurva perencanaan tebal perkerasan kaku AC 150/5320-6FAA, nilai $k_{subbase}$, $MTOW$, $Annual\ departure$, dan MR

$MTOW = 188.200\ lbs$
 $Annual\ Departures = 2190\ pesawat$
 $MR = 739,012\ psi$
 $k_{subbase} = 290\ pci = 78,59\ MN/m^3$
 $k_{subgrade} = 148,476\ pci = 40,23\ MN/m^3$



Gambar 10. Perhitungan Tebal Slab Beton
Sumber: Data Olahan, 2019

Pada gambar 10. kurva didapat tebal slab beton sebesar :
17 inch = 431,8 mm = 43,18 cm



Gambar 11. Kurva Perencanaan Perkerasan Rigid, Dual wheel Gear
Sumber : Data Olahan, 2019

- Berdasarkan kurva perencanaan tebal perkerasan kaku AC/150/5320-6F dan harga memasukkan nilai $k_{subbase}$, $MTOW$, $Annual\ departures$, MR dan tebal slab beton
- Dalam perencanaan ini tebal perkerasan yang didapat dengan metode FAA: $Subbase : 290\ pci = 29\ cm$ dan $Slab\ beton : 17\ inch = 43,18\ cm$
- Faktor keamanan tebal perkerasan tingkat *Equivalent Annual Departure*, karena *annual departure* dalam perencanaan ini kurang dari 25.000 yaitu 2190 pesawat, maka faktor keamanannya adalah 1. Untuk mendapatkan ketebalan akhir perkerasan dikalikan dengan faktor aman pelaksanaan sebesar 100%. $Slab\ beton = 100\ \% \times 43,18 = 43,18\ cm$

Perbandingan Tebal Perkerasan Rigid menggunakan software FAARFIELD dan cara manual / kurva

Setelah diperoleh hasil perhitungan dari kedua cara di atas (software dan manual) terlihat perbedaan pada tabel dibawah ini :

Tabel 11. Perbandingan Hasil Perhitungan Tebal Perkerasan

Jenis Perkerasan	Hasil Perhitungan dengan metode FAACBR 10,65%	
	Software FAARFIELD	Manual/Kurva
Tebal Slab Beton	16,17 inch = 41,07 cm	17inch = 43,18 cm

Sumber: Data olahan , 2019

Dari hasil perhitungan perencanaan konstruksi apron di atas, dengan perhitungan cara manual menggunakan kurva FAA dari dataasumsi dan hasil perhitungan di atas diketahui bahwa :

Annual departure pesawat rencana	= 2190	
Harga k (subgrade)	= 148,4 psi	= 40. 21 MN/m ³
MR	= 739. 012 psi	
k subbase	= 290 pci	= 11,42 inch = 29, 00 cm
k subgrade	= 148,476 pci	= 40,23 MN/m ³
Tebal Slab Beton	= 17 inch	= 43,18 cm

SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa dan perhitungan yang telah dilakukan menggunakan metode FAA untuk tebal perkerasan kaku Bandar Udara Sultan Thaha Jambi , maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari nilai CBR tanah sebesar 10,65% didapat nilai modulus reaksi tanah dasar 40,236 MN/m³
2. Dari data jumlah keberangkatan tahunan pesawat maka ditentukan pesawat rencana yaitu Boeing 737-900 ER dengan MTOW 188.200 lbs.
3. Annual departure dari pesawat Boeing 737-900ER adalah 2190
4. Lapisan Beton menggunakan mutu K - 400 dengan nilai modulus of rupture (flexural strength) sebesar 739.012 psi
5. Dari Hasil analisis perhitungan perkerasan Apron Bandar Udara Sultan Thaha Jambi dengan menggunakan metode software FAARFIELD V.1.42 adalah : 41, 07 cm dan hasil analisis perhitungan dengan cara manual/kurva tebal perkerasan apron adalah : 43,18 cm
6. Dari hasil analisis perhitungan dengan menggunakan metode FAA diperoleh hasil bahwa berat kotor pesawat yang mampu didukung oleh perkerasan kaku adalah lebih dari 500,000 psi, lebih besar dari berat pesawat rencana tipe Boeing 737-900 ER dengan MTOW 188.200 lbs menyatakan bahwa Tebal perkerasan apron aman.

Saran

Setelah menyelesaikan analisis perkerasan kaku apron pada Bandar udara Sultan Thaha dengan menggunakan metode FAA, maka saran yang dapat penulis berikan adalah sebagai berikut :

1. Dalam kasus ini, metode yang digunakan adalah metode FAA dengan Software FAARFIELD V.1.42 /FAA-AC-150/5320-6F dan secara Kurva Manual Hasil desain sangat dipengaruhi oleh metode-metode apa saja yang dipakai untuk itu perlu pemilihan metode dijadikan salah satu pertimbangan yang matang dalam perencanaan apron Metode yang disarankan adalah Software FAARFIELD V.1.42 /FAA-AC-150/5320-6F
2. Dalam menganalisa tebal perkerasan kaku, perlu di coba dengan menggunakan pesawat rencana yang lebih besar sehingga apron dapatdigunakan untuk jenis pesawat yang lebih besar dimasa yang akan datang

DAFTAR PUSTAKA

- Basuki, H,1986, "Merancang Lapangan Terbang , Bandung
 Heru Basuki, Ir.1986. Merancang,Merencanakan Lapangan Terbang. Bandung : Alumni.
 Bachnas, 1970, "Perencanaan Tebal Perkerasan Dengan Metode Lapangan Terbang, Bandung.
 Horonjeff, Robert, Mc Kelvey, Franciz X, 1998, Perencanaan dan Perancangan Bandar Udara Jilid I. Jakarta : Penerbit Erlangga
 Horonjeff, Robert, Mc Kelvey, Franciz X, 1998, Perencanaan dan Perancangan Bandar Udara Jilid 2. Jakarta : Penerbit Erlangga
 Anonim. 2005. 737 Airplane of Characteristics for Airport Planning, Boeing Comercial Airplanes.
 Hayat, 2014, Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara, Jakarta.
 Wardhani Sartono, Dewanti, Taqia Rahman, 2016, Bandar Udara Pengenala dan Perancangan Geometrik Runway, Taxiway, dan Apron, Edisi Pertama. Jogyakarta: UGM
 Departemen perhubungan.Federal Aviation Administration (FAA). 2017.

Advisory Circular (AC) No.AC/150/5320-6F Standart for Specifying Contruction of Airport. Washington DC : US Departement Of Transportation.