

## ANALISIS TEBAL PERKERASAN APRON PADA BANDAR UDARA SENTANI BERBASIS JUMLAH DAN TIPE PESAWAT

**Ika Putri Hendriyani**

Mahasiswa S1 Jurusan Sipil

Prodi Teknik Sipil

Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

ikaputri.hendriyani@yahoo.co.id

### **Pembimbing I**

**Prof. Ir. Sakti Adji Adjisasmita,**

**Msi, M.Eng.Sc,Ph.D**

Staf Pengajar Jurusan Sipil Fakultas Teknik

Universitas Hasanuddin

Jl. Poros Malino Km. 6 Bontomarannu, 92172,

Gowa, Sulawesi Selatan

### **Pembimbing II**

**Ir. H. Achmad Faisal Aboe, MT**

Staf Pengajar Jurusan Sipil Fakultas

Teknik Universitas Hasanuddin

Jl. Poros Malino Km. 6 Bontomarannu,

92172, Gowa, Sulawesi Selatan

### **ABSTRAK**

Bandar Udara Sentani merupakan salah satu bandara udara yang menjadi penghubung antara kabupaten yang ada di daerah Papua. Pertumbuhan yang terjadi setiap tahunnya membuat Bandar Udara Sentani semakin ramai. Analisis perkerasan kaku Apron Bandar Udara Sentani 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. Hasil kajian ini menunjukkan bahwa untuk pesawat rencana Boeing 737-900ER dibutuhkan tebal perkerasan 61 cm dengan 41 cm lapisan slab beton dan 20 cm lapisan *subbase*.

**Kata kunci:** perkerasan, apron, pesawat, bandar udara, sentani

### **ABSTRACT**

*Sentani Airport is the connector of the district in Papua. The Growth that happen every years make Sentani Airport more crowded. The analysis used FAA (Federal Aviation Administration) method. The first step that need to be considered in the planning was the value of CBR (California Bearing Ratio) on subgrade, defining of the aircraft plan, maximum takeoff weight of aircraft, load wheel of the aircraft ( $W_2$ ), corrected departures ( $R_2$ ), load wheel of the aircraft plan ( $W_1$ ) and equivalent annual departures of aircraft ( $R_1$ ). After all data were obtained, the values of MTOW aircraft plan, flexural strength rigid, modulus of subgrade reaction, equivalent annual departures were plotted on*

*FAA curve to determine the thickness of rigid pavement. The analysis used Boeing 737-900 ER being aircraft plan, and got the thicknesof pavement was 61 cm, which were a layer of rigid (41 cm) and subbase (20 cm).*

**Keywords:** *pavement, apron, aircraft, airport, sentani*

# 1. PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Penerbangan merupakan salah satu moda transportasi lain yang tidak dapat dipisahkan dari moda-moda transportasi lain 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 infrasturuktur pada bandara udara.

Bandara Sentani terletak sekitar 36 km di sebelah barat Jayapura. Jayapura merupakan ibu kota Provinsi Papua. Penambahan rute penerbangan mempengaruhi jumlah pesawat yang parkir pada bandar udara sentani. Pergerakan pesawat yang terjadi setiap harinya pada bandara udara sentani 170-200 pesawat dan jumlah penumpang yang meningkat setiap tahunnya sekitar 20% hal ini sangat berpengaruh terhadap kinerja setiap akses yang ada di Bandar Udara Sentani, salah satunya ialah *apron*.

*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 yang 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 Sentani.

Maka dari itu berdasarkan uraian diatas disusunlah tugas akhir dengan judul :

## “ ANALISIS TEBAL PERKERASAN APRON PADA BANDAR UDARA SENTANI BERBASIS JUMLAH DAN TIPE PESAWAT “

### 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang di kemukakan diatas, maka dirumuskanlah permasalahan penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana menentukan pesawat rencana pada Bandar Udara Sentani?
2. Berapakah tebal perkerasan pada apron Bandar Sentani, Jayapura dengan menggunakan metode FAA?

### 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penulisan ini yaitu :

Mengetahui tebal perkerasan apron pada Bandar Udara Sentani dengan menggunakan metode FAA dengan menggunakan pesawat rencana yang terbesar pada Bandar Udara Sentani, Jayapura.

### 1.4 Manfaat Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah :

1. Menambah wawasan dibidang perkerasan kaku pada bandara udara sentani khususnya pada apron.
2. Merupakan bahan pertimbangan untuk penelitian-penelitian selanjutnya

### 1.5 Batasan Penelitian

Pembatasan masalah diperlukan agar analisis data sesuai dengan maksud dan tujuan yang diharapkan penulis. Adapun pembatasan masalah dari penelitian adalah.

1. Daerah perhitungan adalah pada struktur perkerasan kaku *terminal apron* Bandar Udara Sentani.
2. Hanya terbatas terhadap pada satu tipe pesawat rencana.

3. Metode yang digunakan untuk menghitung tebal perkerasan menggunakan metode *FAA*.

4. Penggunaan data dari Bandar Udara Sentani hanya dimaksudkan untuk keperluan contoh proses desain saja dan tidak dimaksudkan untuk mengevaluasi struktur perkerasan kaku yang ada disana.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Tinjauan Umum Bandar Udara

Bandar udara adalah tempat persinggahan pesawat terbang (alat transportasi udara) digunakan untuk mendarat dan lepas landas untuk melakukan kegiatan seperti menurunkan dan mengangkat penumpang atau barang di dalamnya terjadi berbagai macam rangkaian kegiatan yang berkaitan dengan pesawat terbang (Sulandari, 2001). Sistem di Bandar udara terdapat 2 bagian :

#### 2.1.1. Sisi Darat (*Land Side*)

Sisi darat pada bandar udara terdiri dari 3 bagian yaitu, *terminal* bandar udara adalah pusat urusan penumpang yang datang atau pergi, *curb* adalah tempat bagi penumpang naik turun dari kendaraan kedalam bangunan terminal, *parkir* kendaraan, untuk parkir bagi penumpang dan pengantar/penjemput, termasuk taksi

#### 2.1.2 Sisi Udara (*AirSide*)

Sisi udara pada bandar udara terdiri dari enam bagian yaitu, *runway* adalah jalur perkerasan yang dipergunakan oleh pesawat terbang untuk mendarat (*landing*) atau lepas landas (*take off*), *apron* adalah tempat parkir pesawat yang dekat dengan bangunan terminal. Konstruksi *apron* umumnya beton bertulang, karena memikul beban besar yang statis dari pesawat, *taxiway* merupakan jalan penghubung antara *apron* dan *runway*, *air Traffic Controller* (ATC), berupa menara khusus pemantau yang dilengkapi radio kontrol dan radar. *air Rescue Service* berupa peleton penolong dan pemadam kebakaran, mobil pemadam kebakaran, tabung pemadam

kebakaran, *ambulance*, dll, dan *fuel Service* untuk mengisi bahan bakar avtur.

### 2.2 Perkerasan

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 perkerasan kaku dan perkerasan lentur. Perkerasan yang terdiri dari campuran aspal dan agregat yang digelar diatas permukaan bahan granular disebut perkerasan lentur, sedangkan yang terdiri dari lapisan pelat beton disebut perkerasan kaku.

#### 2.2.1 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 meterial 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).

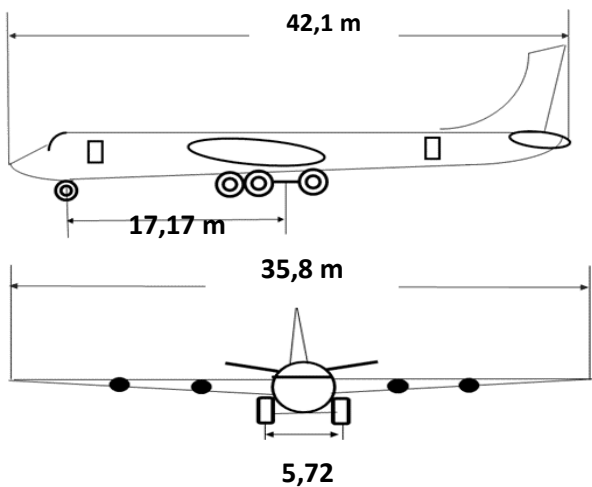
### 2.3 Pesawat Terbang Rencana (Aircraft Design)

Pesawat rencana perlu ditentukan karena pesawat-pesawat yang beroperasi di Bandara Sentani memiliki konfigurasi roda pendaratan yang berbeda-beda. Untuk menentukan beban dari seluruh pesawat, perlu dilakukanya penyamaan tipe konfigurasi roda pendaratan. Hal ini dapat dilakukan dengan mengkonversi tipe roda pendaratan dari tiap pesawat-pesawat yang di layani ke tipe roda pendaratan pesawat rencana.

Tabel. 2.1 Spesifikasi Pesawat Boeing 739

Spesifikasi	Boeing 739
Panjang Badan Pesawat (m)	42,1
Wing Span (m)	34,32

Wheel Base (m)	15,60
Wheel Tread (m)	5.76
Empty Weight (kg)	42,493
Maximum Take-Off Sctructural Weight (kg)	79,015
Panjang Landasan Pacu Rencana Dasar (m)	3,203.50



Gambar 2.1 Dimensi pesawat rencana



Gambar 2.2 Pesawat Rencana

Dalam menghitung tebal perkerasan dibutuhkan beban maksimum pesawat rencana dengan konfigurasi roda pesawat menentukan distribusi beban pesawat ke struktur perkerasan.

## 2.4 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.

## 2.5 Metode FAA

Parameter-parameter yang digunakan dalam metode FAA pada Advisory Circular No 150/5320-6D "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. Volume lalu lintas udara (*Equivalent Annual Departures*)
4. Karakteristik pesawat terbang rencana (*Critical Aircraft*)

### 2.5.1 Modulus Reaksi Tanah Dasar

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).

### 2.5.2 Modulus Lentur Beton (*Flexural strength*)

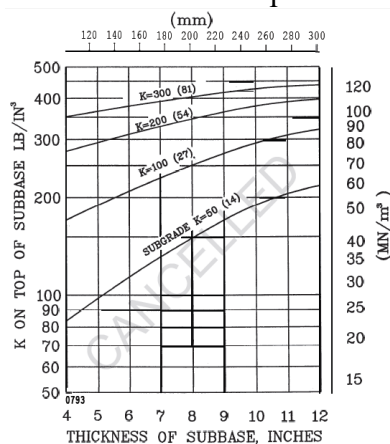
Kuat lentur beton didapat dengan tes *Modulus of Rupture* (modulus keruntuhan). Hubungan antara kuat lentur (*flexural strength*) dan kuat tekan (*compressive strength*) yang dapat dipakai dalam perhitungan perencanaan awal.

$$MR = K\sqrt{f'c} \dots\dots\dots (2.1)$$

dengan

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

f'c : Kuat tekan beton dalam psi



Gambar 2.3 Kurva hubungan antara stabilitas *subbase* dan nilai k (*modulus subgrade*)

(Sumber: FAA AC No.150/5320-10F 2009)

### 2.5.3 Karakteristik Teknis Pesawat Terbang

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*)

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

Tabel 2.2 Karakteristik Pesawat dan Konfigurasi roda pendaratan pesawat

AEROPLANE TYPE	REF CODE	AEROPLANE CHARACTERISTICS					
		ARFL (m)	Wing-span (m)	OMGWS (m)	Length (m)	MTOW (kg)	TP (KPa)
Cessna 650	3B	1581	16.3	3.6	16.9	3079	1036
Dassault-Breguet Falcon 300	3B	1515	19.3	5.3	20.2	20640	1300
Embraer EMB 145	3B	1500	20	4.8	29.9	19200	-
Fokker F29-2000	3B	1646	23.6	5.8	29.6	29480	689
Metro 23	3B	1341	17.4	5.4	18.1	7484	742
Shorts SD3-60	3B	1320	22.8	4.6	21.6	11793	758
Bae:							
Jetstream 31	3C	1440	15.9	6.2	14.4	8950	448
Jetstream 41	3C	1500	18.3	5.5	19.3	10433	-
145-200	3C	1615	26.3	5.5	26.2	42185	1138
145-300	3C	1615	26.3	5.5	31.0	44225	945
Bombardier Global Express	3C	1774	28.7	4.9	30.3	42410	-
Embraer EMB 120	3C	1420	19.8	7.3	20.0	11500	828
McDonnell Douglas DC-3	3C	1204	28.8	5.8	19.6	14100	358
DC9-30	3C	1551	28.5	6.0	31.8	45360	972
Fokker:							
F27-500	3C	1670	29.0	7.9	25.1	20412	540
F29-4000	3C	1640	25.1	5.8	29.6	32206	776
F50	3C	1760	29.0	8.0	25.2	20820	552
F100	3C	1695	28.1	5.0	35.5	44450	920
SAAB SF-340	3C	1220	21.4	7.5	19.7	12371	655
Airbus A300 B2	3D	1676	44.8	10.9	53.6	142000	1241
Airbus A320-200	4C	3058	33.9	6.7	37.6	72000	1360
Boeing:							
B717-200	4C	2130	28.4	6.0	37.8	51710	-
B737-200	4C	2295	28.4	6.4	30.6	52390	1145
B737-300	4C	2749	28.9	6.4	30.5	61230	1344
B737-400	4C	2499	28.9	6.4	36.5	63083	1400
B737-800	4C	2256	35.8	6.4	39.5	70535	-
McDonnell Douglas:							
DC9-30	4C	2134	28.5	6.0	37.8	48988	-
DC9-80/MD80	4C	2553	32.9	6.2	45.1	72755	1390
Airbus:							
A300-600	4D	2332	44.8	10.9	54.1	165000	1260
A310-200	4D	1845	43.9	10.9	48.7	132000	1080
Boeing:							
B707-300	4D	3088	44.4	7.9	46.6	161315	1240
B707-200	4D	2057	38.0	6.7	47.3	108650	1172
B767-200ER	4D	2499	47.6	10.8	48.5	166500	1310
B767-300ER	4D	2743	47.6	10.8	54.9	172365	1310

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

(Sumber: Heru Basuki 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 2.2 dan 2.3.

$$W1 = \% \text{distribusi main gear} \times \text{MTOW} \text{ pesawat rencana} \times \frac{1}{N} \dots\dots\dots (2.2)$$

$$W2 = \% \text{distribusi main gear} \times \text{MTOW} \text{ pesawat campuran} \times \frac{1}{N} \dots\dots\dots (2.3)$$

dengan:

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.

## 2.6 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 2.4.

$$\text{Log } R_1 = \text{Log } R_2 \times \sqrt{\frac{W}{W_1}} \dots\dots\dots (2.4)$$

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

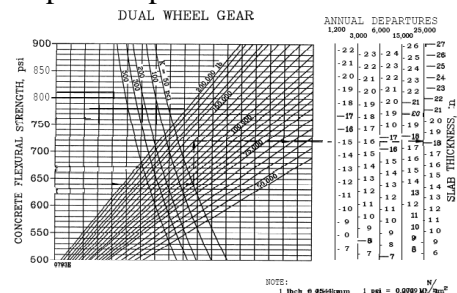
kaku hasil hitungan harus dikalikan dengan factor seperti tertera pada table dibawah dan tebal lapis permukaan (*surface course*) ditambah 1 inchi. Jika didapat EAD total diantara nilai-nilai yang terdapat pada tabel, maka presentase penambahan tebal lapis keras dapat dicari dengan cara menginterpolasi dari nilai-nilai EAD yang ada. Nilai koreksi tebal lapis untuk EAD diatas 25000 dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 2.4 Koreksi tebal lapis untuk EAD total >25000

Tingkat keberangkatan	Persen dari 25000 tebal <i>departure</i> (%)
50.000	104
100.000	108
150.000	110
200.000	112

(Sumber: Basuki, 1986)

Setelah parameter-parameter yang diperlukan untuk merencanakan tebal perkerasan kaku didapat, lalu data tersebut diplotkan kedalam kurva yang telah ditetapkan oleh FAA, kurva tersebut dibedakan sesuai dengan tipe roda pendaratan .



Gambar 2.4 Grafik perkerasan kaku metode FAA untuk jenis pesawat terbang

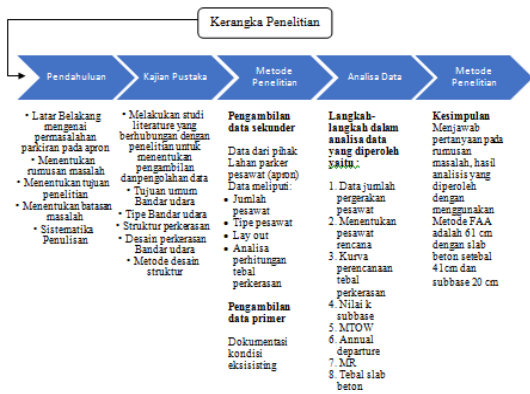
*dual wheel gear*

(Sumber: FAA AC No.150/5320-6D,1995)

## 3. METODE PENELITIAN

### 3.1 Kerangka Kerja Penelitian

Program kerja yang dilakukan dalam penelitian ini disajikan dalam diagram alir di bawah ini :



Gambar 3.1 Diagram Alir Prosedur Kerja

### 3.2 Jenis Data

Pada penelitian ini terdiri dari dua jenis pengambilan data yaitu

### 3.3 Studi Pendahuluan

Pada tahapan ini dilakukan studi pendahuluan tentang lokasi dan masalah yang akan di jadikan bahan penelitian dengan melakukan langkah-langkah sebagai berikut :

- Survey lokasi
- Penentuan tujuan dan batasan masalah
- Studi pustaka

### 3.4 Jenis Data

Data primer merupakan data yang diperoleh secara langsung dan data sekunder di dapat dari observasi.

### 3.5 Survei Data

#### 3.5.1 Waktu Pengambilan Data

Waktu pengambilan data ditentukan selama 2 hari, pada tanggal 23 Maret 2017 – 24 Maret 2017.



3.1 Gambar Lokasi Apron

### 3.5.2 Metode Pengumpulan Data

- Studi areal parkir pesawat mencakup pengamatan secara langsung dan dokumentasi areal parkir pesawat.
- Pengambilan data berupa pesawat yang parkir di Apron.

## 3.6 Rekapitulasi Data

Data yang diperoleh dari hasil pengamatan di lokasi selama dua hari disajikan dalam bentuk tabel, dan gambar *layout*.

## 3.7 Metode Analisa Data dan Pembahasan

Langkah-langkah yang dilakukan dalam menganalisa data yang diperoleh adalah sebagai berikut : menganalisa tebal perkerasan yang ada pada apron dengan memperhatikan jumlah dan tipe pesawat.

## 3.8 Kesimpulan Dan Saran

Penarikan kesimpulan berdasarkan data hasil penelitian yang telah dianalisis kemudian memberikan saran-saran yang berhubungan dengan hasil-hasil penelitian.

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Kondisi Apron Bandar Udara

Data-data hasil pengamatan di lokasi, data yang diperoleh dianalisis sesuai rumusan masalah dalam penelitian yaitu analisis tebal perkerasan apron pada bandara sentani meliputi jumlah pesawat, tipe pesawat, dan tebal perkerasannya.

Luas areal apron yang tersedia diperoleh dari database Dinas Perhubungan UPBU Kelas 1 Bandar Udara Sentani. Data luas untuk parkir pesawat 60.720 m<sup>2</sup> yang dapat menampung 32 pesawat yang ada di parkir pesawat Bandar Udara Sentani.

#### 4.1.1 Data Lalu Lintas Udara

Sesuai dengan data angkutan udara dari Dinas Perhubungan UPBU Kelas 1 Bandar Udara Sentani data lalu lintas pergerakan pesawat dan penumpang yang datang, pergi dan transit dari dan ke Bandar Udara Sentani dari tahun 2012 sampai dengan tahun 2016 adalah sebagai berikut :

Tabel 4.1 Data Pertumbuhan Pesawat dan Penumpang pada Bandar Udara Sentani

No	Tahun	Pesawat		Penumpang	
		Jumlah	Pertumbuhan	Jumlah	Pertumbuhan
1	2012	8.763	-	1.088.078	-
2	2013	10.843	23,74%	1.265.589	16,31%
3	2014	12.972	19,63%	1.348.793	6,57 %
4	2015	11.325	-12,69%	1.201.337	-10,93%
5	2016	15.285	35 %	1.655.564	37,81%

Sumber : Data Dinas Perhubungan UPBU  
Kelas 1 Bandar Udara Sentani

Berdasarkan dari data lalu lintas keberangkatan tertinggi menurut tipe pesawat, dapat dilihat pada Tabel 4.2

Tabel 4.2 Data Lalu lintas keberangkatan pesawat

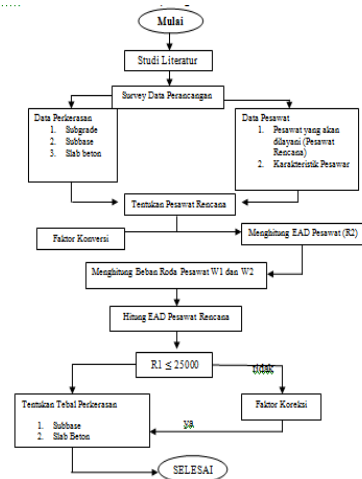
No.	Tipe Pesawat	Total Pesawat
1	A- 320	521
2	ATP	432
3	ATR-42	410
4	ATR-72	221
5	B-105	118
6	B-200	85
7	B-206	89
8	B-732	1075
9	B-733	2241
10	B-735	3324
11	B-738	2087
12	B-739ER	2376
13	BELL-412	155
14	C-130	65
15	C-208	98
16	C-212	88
17	CHALLENGER 30	36
18	CRJ-100	351
20	DHC-6	20
21	G-500	5
22	KODIAK	398
23	MD-83	356
24	MI-17	288
25	PAC-750	113
26	PC-12T	165
27	PC-6T	148
28	SA-330	9
29	F-27	11
Jumlah		15285

Sumber : Data Dinas Perhubungan UPBU  
Kelas 1 Bandar Udara Sentani

Berdasarkan diagram diatas diperoleh volume maksimum parkir motor yang masuk terjadi

#### 4.2 4.2 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*) sebagai berikut :



Gambar 4.1 Langkah-langkah Perencanaan Perkerasan Metode FAA

Perancangan lapis perkerasan kaku dengan menggunakan metode FAA dilakukan dengan beberapa tahap sebagai berikut

##### 1. Menentukan pesawat rencana (*Critical Aircraft*)

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

##### 2. Menentukan beban roda pesawat ( $w_2$ ) dan pesawat rencana ( $w_1$ )

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 ( $W_1$ ) B737-900ER

$$W_1 = \% \text{distribusi main gear} \times \text{MTOW} \text{ pesawat rencana} \times \frac{1}{N}$$

Keterangan:

$$W_1 = \text{beban roda pesawat rencana lbs}$$



N = jumlah roda pendaratan

Jumlah roda pendaratan : 6

Tipe roda : dual wheel

MTOW : 174.200 lbs

$$W1 = 95\% \times 174.200 \times \frac{1}{6} = 29719 \text{ lbs}$$

Beban roda pesawat (W2)

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

Keterangan:

W2 = beban roda pesawat rencana lbs

N = jumlah roda pendaratan

- Airbus 320-200

Jumlah roda pendaratan : 4

Tipe roda : dual wheel

$$W2 = 95\% \times 170.474 \times \frac{1}{6} = 26992 \text{ lbs}$$

Tabel 4.3 Data tipe pesawat konfigurasi roda dan beban roda

No	Jenis Pesawat	MTOW	Tipe Roda	Jumlah Roda	W2 (lbs)
1	ATR 42	36.596	Dual wheel	6	5794
2	A 320	170474	Dual wheel	6	26992
3	B 737	154500	Dual wheel	6	24463
4	B 739-ER	174200	Dual wheel	6	29719
5	B 738	174200	Dual wheel	6	27582
6	DHC 6	11566	Single wheel	3	3663
7	C 208	7800	Single wheel	3	2470

### 3. Menentukan *Equivalent Annual Departures* pesawat

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

a. Mengalikan keberangkatan tiap pesawat terhadap pesawat dengan faktor koreksi yang terdapat pada tabel 2.3 (R2).

Boeing 739ER = 2376 pesawat

Konversi *double wheel ke dual tandem* : 0,6

= jumlah tiap pesawat x nilai konversi

$$= 2376 \times 0,6 = 1425 \text{ pesawat}$$

Tabel 4.4 Nilai keberangkatan terkoreksi

No	Jenis Pesawat	Keberangkatan	Faktor Konversi	Keberangkatan terkoreksi (R2)
1	ATR 42	2932	0,6	1759
2	A 320	195	0,6	117
3	B 737	1711	0,6	1027
4	B 739-ER	2376	0,6	1425
5	B 738	5461	0,6	3277
6	DHC 6	1615	0,5	807
7	C 208	9622	0,5	4811

Nilai Equivalent Annual Departures pesawat rencana B737-900ER

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

$$\text{Log } R1 = \text{Log } 2376 \left( \frac{29719}{29719} \right)^{0,5}$$

$$\text{Log } R1 = \text{Log } 2376 (1)$$

$$\text{Log } R1 = 3,376$$

$$R1 = 10^{3,376} = 2377$$

Nilai equivalent annual departures pesawat lain

- Airbus 320-200

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

$$\text{Log } R1 = \text{Log } 117 \left( \frac{26992}{29719} \right)^{0,5}$$

$$\text{Log } R1 = \text{Log } 117 (0,953)$$

$$\text{Log } R1 = 1,971$$

$$R1 = 10^{1,971} = 94$$

Hasil dari perhitungan nilai equivalent annual departure pada tipe pesawat yang lainnya pada

No	Jenis Pesawat	W2 (lbs)	W1 (lbs)	Keberangkatan terkoreksi (R2)	EAD (R1)
1	ATR 42	5794	29719	1759	8
2	A 320	26992	29719	117	94
3	B 737	24463	29719	1027	75

4	B 739-ER	29719	29719	1425	117
5	B 738	27582	29719	3277	98
6	DHC 6	3663	29719	807	5
7	C 208	2470	29719	4811	4
TOTAL					401

Hasil equivalent annual departure (R1) pada pesawat B737-900ER adalah 117 *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.

#### Analisis Tebal Perkerasan Kaku

##### 1. Tanah Dasar (*subgrade*)

a. Dari data sekunder hasil penyelidikan tanah didapatkan bahwa klasifikasi jenis tanah berdasarkan USCS (*unified soil Classification System*) adalah sebagai berikut :

1) Kepadatan tanah sebagian baik dengan nilai *California Bearing Ratio* (CBR) 6 %.

b. Dalam perencanaan perkerasan ini, CBR tanah dasar (*subgrade*) yang digunakan adalah 6%. Nilai ini sesuai dengan standar nilai CBR dalam spesifikasi dan Syarat dari Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga. Dari nilai CBR ini sehingga dapat diketahui nilai  $K_{subgrade}$  (*modulus reaction of subgrade*) dengan perhitungan sebagai berikut:

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

..... ( Sumber: Metode FAA )

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

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

$$\begin{aligned} \text{Modulus of soil reaction (k)} &= \left[ \frac{1500 \times \text{CBR}}{26} \right]^{0,7788} \\ &= \left[ \frac{1500 \times 6}{26} \right]^{0,7788} \\ &= 94,9692 \text{ pci} = 25,831 \text{ MN/m}^3 \end{aligned}$$

Sehingga diperoleh nilai E

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

$$= 26 \times 94,9692095^{1,284}$$

$$= 8998,9043 \text{ psi} = 63,2676 \text{ Mpa}$$

##### 2. Subbase

Berdasarkan FAA AC 150/5320-6E *Airport pavement Design and Evaluation subbase* harus memiliki ketebelan minimal 4 in (102 mm). Berdasarkan FAA AC 150/5370-10F *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 :

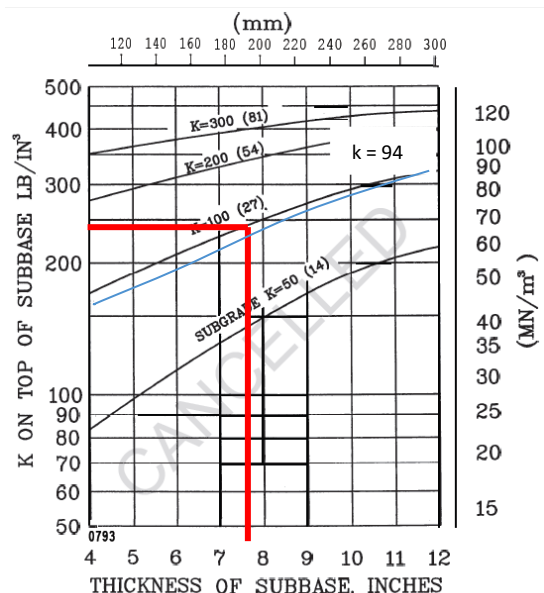
a. Kekuatan *subgrade* ( $k_{subgrade}$ ) :  
CBR = 6 %

$$k : 94,9692095 \text{ pci} : 25,831 \text{ MN/m}^3$$

$$E : 8998,90553 \text{ psi} : 61,621 \text{ Mpa}$$

b. Sesuai dengan data yang ada, asumsi ketebelan perbaikan *subbase* adalah tebal yang sama dengan tebal perbaikan *subbase* eksisting :  $d_0 = 200 \text{ mm} = 7,87 \text{ in}$

Untuk menentukan nilai  $k_{perbaikan subbase}$  (*modulus of soil reaction stabilization subbase*), digunakan Gambar 4.1 dibawah ini dengan memasukkan nilai  $k_{subgrade}$  dan ketebelan *subbase*.



Gambar 4.2 Pengaruh agregat terhadap nilai k pada *subbase*  
sumber: FAA, 2009

Dari nilai  $k_{subgrade}$  ketebelan *subbase*, pada gambar 4.1 didapatkan harga  $k_{perbaikansubbase}$

(modulus of soil reaction stabilization subbase) sebesar 240 pci. Berdasarkan FAA AC 150/5370-10F 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 1.000 psi (6.895 kpa). Untuk modulus Elastisitas (E) yang dianjurkan adalah 600.000-2000.000 psi (4.140-13.800 MN/m<sup>2</sup>).

Untuk perencanaan ini digunakan :

Modulus Elastisitas (E) =  $26 \times k^{1.284}$

Modulus of soil reaction (k) =  $[\frac{E}{26}]^{0.7788}$

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

$$\begin{aligned} f'c &= 750 \text{ psi} \\ &= 5,175 \text{ MN/m}^2 \\ &= 51,75 \text{ kg/cm}^2 \\ E &= 600.000 \text{ psi} \\ &= 4,140 \text{ MN/m}^2 \\ &= 4.140 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$k \text{ subbase} = [\frac{E}{26}]^{0.7788} = [\frac{4.140}{26}]^{0.7788} = 51,87 \text{ pci}$$

- Untuk slab beton digunakan mutu beton **K-350** dengan kuat tekan sebesar 350 kg/cm<sup>2</sup>. Nilai ini sesuai dengan perencanaan pada data sekunder. Dalam metode FAA, tidak ada standar batasan mutu beton untuk apron suatu bandara. Adapun dalam peraturan Direktur jenderal untuk apron suatu bandara. Adapun dalam peraturan Direktorat jenderal perhubungan udara nomor SKEP/77/VI/2005 tentang persyaratan Teknis pengoperasian fasilitas teknik bandar udara, dijelaskan bahwa kekuatan setiap bagian dari parkir pesawat harus mampu menahan beban lalu lintas pesawat yang dilayani (minimal sama dengan runway), dengan pertimbangan tertentu dari pelataran parkir pesawat bahwa bagian-bagian bergantung pada lalu lintas yang lebih padat akibat pesawat yang bergerak lambat atau diam, sehingga lebih tingginya lalu lintas pesawat dan beban lalu lintas yang lebih padat akibat pesawat yang bergerak lambat atau diam, sehingga lebih tinggi dari pada runway yang mengakibatkan tegangan pada perkerasan apron.

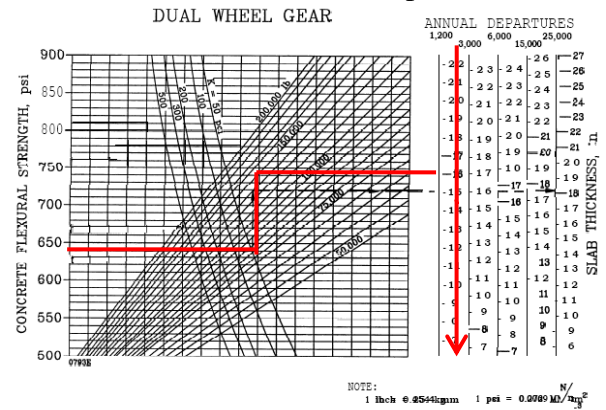
$$F_c' = 290,5 \text{ kg/cm}^2 = 4131,88124$$

Dengan menggunakan rumus pada persamaan 2.1

$$MR = K f_c'$$

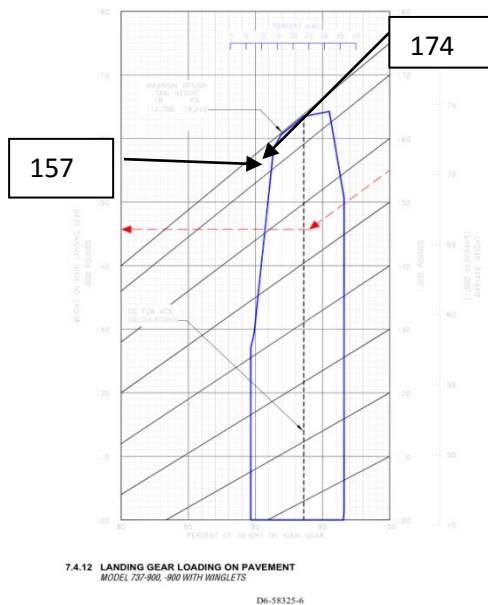
$$MR = 10 \sqrt{4131,88124} = 642,80 \text{ psi}$$

- Menentukan tebal slab beton dengan menggunakan kurva perencanaan tebal perkerasan kaku AC 150/5320-6D FAA, nilai k subbase, MTOW, Annual departure, dan MR
- MTOW = 174.200 lb  
Annual Departures = 2376 pesawat  
MR = 642,80 psi



Gambar 4.3 Kurva Desain perkerasan kaku

- Berdasarkan kurva perencanaan tebal perkerasan kaku AC/150/5320-6D dan harga memasukkan nilai k subbase, MTOW, Annual departures, dan MR diperoleh tebal slab beton 16 inch atau 41 cm.
- Dalam perencanaan ini tebal perkerasan yang didapat dengan metode FAA:  
Subbase : 20 cm  
Slab beton : 16 inch = 41 cm
- Faktor keamanan diambil dari Tabel 2.5 yaitu tebal perkerasan bagi tingkat Equivalent Annual Departure, karena annual departure dalam perencanaan ini kurang dari 25.000 yaitu 2.376 pesawat, maka faktor keamanannya adalah 1. Untuk mendapatkan ketebalan akhir perkerasan dikalikan dengan faktor aman pelaksanaan sebesar 100%.  
Slab beton = 100 % x 41 = 41 cm

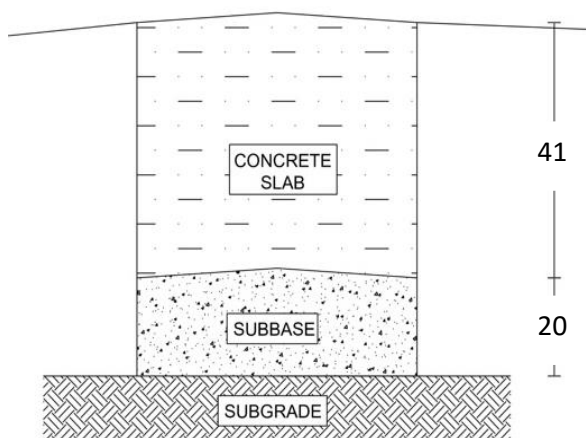


Gambar 4.4 Beban Pesawat pada main gear Boeing 737- 900ER (Sumber : Boeing.com)

### 4.3 Hasil Akhir

Hasil analisis perkerasan kaku pada apron Bandar Udara Sentani dengan menggunakan metode FAA adalah sebagai berikut :

1. Desain tebal struktur perkerasan kaku Pesawat rencana yang diggunakan adalah Boeing 737-900ER dimana pesawat terbesar yang parkir pada bandar udara sentani
2. Desain tebal struktur perkerasan kaku pada apron Bandar Udara Sentani Perhitungan menggunakan metode FAA menghasilkan lapisan beton setebal 41 cm dan tebal subbase 20 cm. Sehingga total tebal perkerasan kaku sebesar 61 cm. Detail perkerasan kaku hasil analisis perkerasan kaku pada apron Bandar Udara Sentani dapat dilihat pada gambar



Gambar 4.5 Detail Perkerasan

## BAB V PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

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

1. Dari nilai CBR tanah sebesar 6% diapat nilai modulus reaksi tanah dasar  $25,831 \text{ MN/m}^3$
2. Dari data jumlah pergerakan pesawat maka ditentukan pesawat rencana yaitu Boeing 737-900 ER dengan MTOW 174200 lb.
3. Lapisan Beton menggunakan mutu K-350 dengan nilai *modulus of rupture (flexural strength)* sebesar 642,80 psi
4. Nilai equivalent annual departure dari pesawat Boeing 737-900ER adalah 2376
5. Hasil analisis yang telah digunakan dengan menggunakan metode FAA untuk tebal slab beton perkerasan kaku pada apron Bandar Udara Sentani yaitu 41 cm dan tebal subbase 20 cm. Sehingga total tebal perkerasan kaku sebesar 61cm.

### 5.2 Saran

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

1. Dalam kasus ini, metode yang digunakan hanya metode FAA, sehingga perlu dilakukan analisis den 41 menggunakan metode-metode per: ~ lainnya sehingga semakin dapat memberikan perbandingan dari hasil yang di peroleh.
2. Dalam menganalisa tebal perkerasan kak 20 erlu di coba dengan menggunakan pesawat rencana yang lebih besar sehingga apron dapat digunakan untuk jenis pesawat yang lebih besar dimasa yang akan datang.

## DAFTAR PUSTAKA

Boeing 737.2015 ,*Commercial Airplane*. <http://www.boeing.com/boeing/>,( diakses 27 Maret 2017).

Direktorat Jendral Perhubungan Udara. 2003. *Keputusan Direktur jenderal perhubungan Udara Nomor SKEP/161/IX/03 tentang petunjuk pelaksanaan perencanaan/ perancangan Landasan Pacu,Taxiway,Apronpada Bandar Udara*. Jakarta :Departemen perhubungan.

*Federal Aviation Administration* (FAA). 2009. *Advisory Circular (AC) No.AC/150/5320-10F Standart for Specifying Contruction of Airport*. Washington DC : US Departement Of Transportation.

Heru Basuki, Ir.1986. *Merancang,Merencanakan Lapangan Terbang*. Bandung : Alumni.

Horonjeff, Robert, Mc Kelvey, Franciz X, 1998, *Perencanaan dan Perancangan Bandar Udara Jilid I*. Jakarta : Penerbit Erlangga

Sandhyavitri. 2005. *Teknik Lapangan Terbang I ( Teori Dasar )*. Pekanbaru : Jurusan Teknik Sipil Universitas Riau.

Sulandari, Esti. Tesis Magister. 2002. *Pengembangan Sistem Pemeliharaan Perkerasan Sisi Udara pada Lapangan Terbang* : ITB Bandung  
Udayana