

**PERENCANAAN PERLUASAN APRON  
DI BANDAR UDARA KALIMARAU**

**Ferdhyo Nanda Pratama<sup>1</sup>, Safitri Nur Wulandari<sup>2</sup>, Wiwid Suryono<sup>3</sup>**  
<sup>1,2,3</sup> Politeknik Penerbangan Surabaya, Jl. Jemur Andayani I/73, Surabaya 60236  
Email: [ferdiosby@gmail.com](mailto:ferdiosby@gmail.com)

**Abstrak**

Bandar Udara Kalimantan Berau merupakan Bandar Udara yang dikelola oleh UPBU (Unit Penyelenggara Bandar Udara) dibawah naungan Direktorat Jendral Perhubungan Udara. Bandar Udara Kalimantan memegang peranan penting dalam pertumbuhan ekonomi dan gerbang wisata untuk daerah sekitar.

Selama 10 tahun terakhir jumlah penumpang dari tahun 2010 sampai tahun 2019. Penelitian ini bertujuan agar terpenuhinya kapasitas apron di Bandar Udara Kalimantan Berau untuk 10 tahun kedepan dengan menggunakan peramplan metode regresi linier, dan perencanaan tebal struktur pekerasan dengan annual departure tahun 2029 yang telah didapatkan, serta mendapatkan nilai PCN dari tebal struktur pekerasan rencana.

Hasil dari penelitian ini adalah kapasitas apron pada tahun rencana hingga tahun 2029 didapatkan pergerakan pesawat rencana yaitu 5401 pergerakan pesawat. Dengan pergerakan pergerakan perbulan 459 pergerakan pesawat, 20 pergerakan pesawat pada hari sibuk, 11 pergerakan pada jam sibuk, serta 12 *parking stand* rencananya 485,6 m dan lebar 100 m. Untuk hasil struktur pekerasan dengan metode manual FAA di dapatkan tebal slab beton 38 cm tebal *stabilized base* 13 cm, tebal *base* 24 cm dengan *subgrade* CBR 6%. Berdasarkan perhitungan RAB, maka anggaran yang dibutuhkan untuk melaksanakan pekerjaan konstruksi pekerasan kaku untuk perluasan apron dengan luasan 19.760 m<sup>2</sup> yaitu Rp 58.583.748.460,00

**Kata Kunci:** Apron, pekerasan rigid, metode FAA, FAARFIELD, COMFAA, Marka apron, parking stand, PCN, Bandar Udara Kalimantan Berau

**Abstract**

Kalimantan Berau Airport is an airport managed by UPBU (Airport Operator Unit) under the auspices of the Directorate General of Civil Aviation. Kalimantan Airport plays an important role in economic growth and is a tourist gateway for the surrounding area.

During the last 10 years the number of passengers from 2010 to 2019. This study aims to fulfill the apron capacity at Kalimantan Berau Airport for the next 10 years by using linear regression forecasting methods, and planning the thickness of the pavement structure with an annual departure in 2029 that has been obtained, and get the PCN value from the thickness of the design pavement structure.

The results of this study are the apron capacity in the planning year until 2029, the planned aircraft movements are 5401 aircraft movements. With a monthly movement of 459 aircraft movements, 20 aircraft movements on busy days, 11 movements during peak hours, and 12 parking stands planned to be 485.6 m wide and 100 m wide. For the results of the pavement structure using manual FAA consisting of 38 cm thick concrete slab, 13 cm thick stabilized base, thick base 24 cm with subgrade 6% CBR. Based on the RAB calculation, the budget needed to carry out construction work rigid for the expansion of the apron with an area of 19,760 m<sup>2</sup> is Rp. 58.583.748.460,00.

**Keywords :** Apron, pavement rigid, FAA method, FAARFIELD, COMFAA, apron markings, parking stand, PCN, Kalimantan Airport, Berau

# PROSIDING

## SEMINAR NASIONAL INOVASI TEKNOLOGI PENERBANGAN (SNITP) TAHUN 2021

ISSN : 2548 – 8112 eISSN: 2622 – 8890

### PENDAHULUAN

Bandar udara merupakan prasarana pendukung transportasi udara, tempat pesawat melakukan lepas landas dan mendarat. Salah satu bandar Udara di Indonesia adalah Bandar Udara Kalimantan. Bandar Udara Kalimantan merupakan Bandar Udara yang di kelola oleh UPBU ( Unit Penyelenggara Bandar Udara) yang berada di naungan Direktorat Jendral Perhubungan Udara. Bandara Kalimantan mempunyai landasan pacu dengan panjang 2.250 meter dan 45 meter serta memiliki luas apron se luas 288 x 100m. Bandara Kalimantan berperan penting dalam pertumbuhan ekonomi di daerah berau dan sekitarnya.(*Aerodrome Manual Kalimantan*)

Pengguna moda transportasi udara di Bandar Udara Kalimantan terus meningkat dari waktu ke waktu. Jumlah penumpang dan kargo di Bandar Udara Kalimantan mengalami peningkatan setiap tahunnya. Selama 10 tahun terakhir jumlah pergerakan pesawat dari tahun 2010 hingga tahun 2019 mengalami rata rata peningkatan sebesar 5%.

Tabel 1 Pergerakan Pesawat dari tahun

No	Tahun	JUMLAH PERGERAKAN PESAWAT
1	2010	2381
2	2011	2378
3	2012	2606
4	2013	3054
5	2014	3413
6	2015	3303
7	2016	3361
8	2017	3607
9	2018	3724
10	2019	3426

Beberapa jenis pesawat yang beroperasi di Bandara Kalimantan antara lain Cessna 208, B737-500, ATR 72- 600 dan B737-800.

Dengan meningkatnya jumlah penumpang dan kargo di Bandar Udara Kalimantan beberapa maskapai melakukan peningkatan pesawat. Pada tahun 2019 terdapat maskapai yang baru masuk serta beberapa maskapai mengubah armada pesawatnya yang akan menuju ke Bandar Udara Kalimantan. Maskapai yang merubah armada pesawatnya antara lain Lion Air menggunakan B737-800, Garuda Indonesia menggunakan B37-800.

Dengan beroperasinya pesawat yang lebih besar tentunya memerlukan sarana prasarana yang memadai, di Bandar Udara Kalimantan beberapa fasilitas sarana prasarana sudah dapat memenuhi salah satunya fasilitas sisi udara yaitu apron. Pada tahun 2019 Bandar Udara Kalimantan memiliki penumpang jam sibuk sebanyak 7 pesawat ( Data teknis fasilitas Bandara Kalimantan, 2020) . Dengan luas 288x100 m, apron dapat menampung 2 buah pesawat B737- 800, 5 buah pesawat ATR 72- 600, dan beberapa pesawat yang melakukan RON . Sedangkan dalam perhitungan peramalan 10 tahun ke depan pergerakan pesawat jam sibuk akan bertambah sebesar 9 pesawat yang berarti bahwa di perlukan peningkatan jumlah gate pada saat jam sibuk. Pada jam sibuk tersebut maka di perlukan 6 buah pesawat B737-800 dan 3 buah pesawat ATR 72- 600. Sedangkan menurut perhitungan sederhana yang telah dilakukan panjang apron yg di butuhkan untuk menampung semua pesawat tersebut adalah 308 m.



Gambar 1 Apron Eksisting

Maka untuk mengatasi kekurangan panjang apron 10 tahun kedepan, penulis mengambil judul “ PERENCANAAN PERLUASAN APRON DI BANDAR UDARA KALIMARAU BERAU”

**Rumusan Masalah**

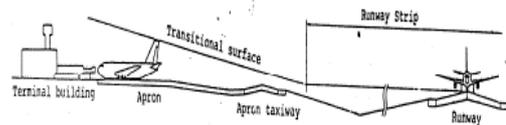
Dalam Penjelasan yang ada di latar belakang, untuk menghindari penafsiran yang luas dalam pembahasan masalah dan lebih memfokuskan pembahasan yang akan di bahas, maka di batasi masalah seperti berikut:

1. *Apron* hanya dioperasikan untuk 10 tahun ke depan
2. Menghitung tebal struktur pekerasan rigid *Apron* dengan pesawat terbesar yaitu jenis B737-800
3. Metode perhitungan tebal pekerasan menggunakan aplikasi COMFAA dan FAARFIELD
4. Tidak membahas *Job Mix Design*
5. Tidak menganalisa kekuatan tanah dasar (CBR hasil dari data bandara)
6. Merencanakan anggaran biaya dalam perluasan apron.

**Tinjauan Pustaka**

**Dimensi Apron**

Dalam menghitung dimensi apron, penulis mengacu pada SKEP 77 Tahun 2005 mengenai Perencanaan Teknis Pengoperasian Fasilitas Teknik Bandar Udara dalam perencanaan ini penulis akan merencanakan kapasitas *apron* yang sesuai untuk 10 tahun kedepan.



Gambar 2 Penampang Samping Apron

Tabel 2 Penampang Samping Apron

Uraian	Penggolongan Pesawat					
	I	II	III	IV	V	VI
1. Dimensi Untuk Satu Pesawat						
a. Self taxing (45°)						
- Panjang (m)	40	40	70	70-85	70-85	70-85
- Lebar (m)	25	25	55	55-80	55-80	55-80
b. Nose in						
- Panjang (m)	-	-	95	190	190	190
- Lebar (m)	-	-	45	70	70	70
c. Clearance antar pesawat dengan pesawat di apron (m)	3	3	4.5	4.5	4.5	4.5
2 Slope/Kemiringan						
a. Daerah tempat pesawat Parkir	1<	1<	1<	1<	1<	1<
b. Di daerah pemuatan bahan bakar pesawat	+1/2	+1/2	+1/2	+1/2	+1/2	+1/2

**Marka Apron**

Marka merupakan suatu tanda yang terletak di permukaan pekerasan yang berupa garis membujur, garis melintang, garis serong dan lambang lainnya yang berfungsi untuk mengarahkan arus lalu lintas serta membatasi wilayah kepentingan lalu lintas.

Di dalam KM 21 tahun 2005 mengenai Marka dan Rambu pada area pergerakan pesawat udara di Bandar Udara, marka pergerakan pesawat merupakan tanda yang di tulis pada area pergerakan pesawat udara yang bertujuan untuk memberikan suatu petunjuk, menginformasikan suatu keadaan (gangguan/larangan), dan batas-batas keselamatan penerbangan yang meliputi area maneuver dan *apron*.

Adapun jenis-jenis marka *apron* menurut KM 21 tahun 2005, yaitu:

**1. *Apron boundary security line marking***

Garis marka yang berbentuk persegi panjang dan tidak putus-putus dengan lebar 0,20 m. Memiliki fungsi untuk menunjukkan pembatas antara *apron*, *taxiway*, *aircraft stand taxi line* atau daerah *parking stand*.

**2. *Aircraft safety area (equipment restraint line)***

Adalah daerah yang tertutup, dimana tempat pesawat udara di parkir selama pelayanan *ground handling* dilakukan . Serta garis marka yang berbentuk persegi panjang dan tidak putus-putus dengan lebar 0,10 m dan ukurunya ditentukan oleh pesawat terbesar yang menempati *parking stand* tersebut.

**3. *Equipment staging area***

Berfungsi sebagai suatu daerah yang terletak pada jarak aman diluar *aircraft safety area* dipergunakan sebagai tempat *standby* kendaraan dan peralatan *ground support equipment* menunggu pesawat saat proses *docking*. Garis marka berwarna putih dengan lebar 0,10 m

**4. *Parking stand centre line marking***

Berguna untuk petunjuk yang digunakan untuk oleh pesawat udara melakukan pergerakan ke dalam *apron*. Dengan garis berwarna kuning dengan lebar marka 0,15m.

**5. *Apron lead-in dan lead-out line marking***

Berfungsi sebagai petunjuk yang digunakan oleh pesawat udara melakukan pergerakan ke dalam ataupun keluar apron.

**6. *Aircraft nose wheel stopping position marking***

Berfungsi sebagai tanda tempat berhentinya pesawat yang akan di parkir.

**7. *Apron Edge Line Marking***

Berfungsi untuk memberikan petunjuk batas tepi dari apron yang terletak pada sepanjang tepi apron

**8. *Parking Stand Number Marking***

Berfungsi untuk menunjukkan nomor tempat parkir pesawat udara.

**9. *Aviobridge Safety Zone Marking***

Berfungsi untuk menunjukkan daerah pergerakan garbarata.

**10. *Equipment Parking Area Marking***

Berfungsi sebagai pembatas pesawat udara dengan daerah yang dipergunakan sebagai tempat parkir perlengkapan serta pelayanan darat pesawat udara.

**11. *No Parking Area Marking***

Berfungsi untuk manuever dari kendaraan *towing tractor* dan sebagai tempat untuk kendaraan bila terjadi keadaan darurat.

**Jarak Ruang Antar Ujung Sayap Pesawat Udara ( *Wing Tip Clearance* )**

Menurut peraturan dari *FAA Airport Design and Engineering Advisory Circular 150/5300-13*, *Wing tip clearance* merupakan jarak bebas antara ujung sayap pesawat terbang terhadap ujung sayap pesawat terbang yang lain dan memiliki fungsi untuk mempermudah mobilitas ataupun pergerakan pesawat terbang di apron maupun di jalur *taxiway* supaya tidak terjadi kecelakaan dengan pesawat lain.

Tabel 3 Wing Tip Clearance

Code letter	Clereance (m)
A	3,0
B	3,0
C	4,5
D	7,5
E	7,5
F	7,5

**Metode Software COMFAA**

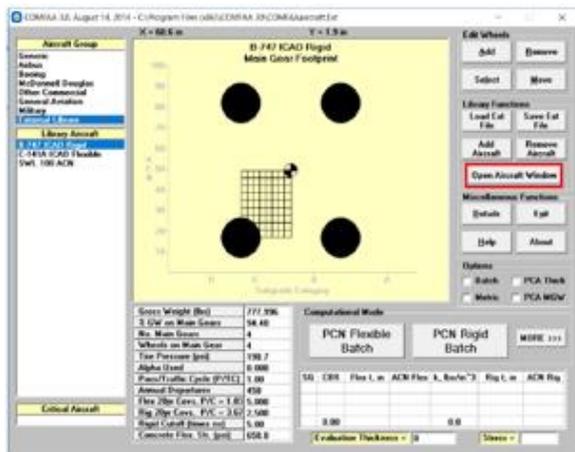
Program COMFAA merupakan suatu program computer dengan tujuan untuk melakukan perhitungan *Aircraft Clasification Number (ACN)* dan melakukan perhitungan desain pekerasan. Program COMFAA dikembangkan menggunakan konsep *Cummulative Damage Factor (CDF)*, yaitu dengan menghitung dampak gabungan dari

# PROSIDING

## SEMINAR NASIONAL INOVASI TEKNOLOGI PENERBANGAN (SNITP) TAHUN 2021

ISSN : 2548 – 8112 eISSN: 2622 – 8890

beberapa pesawat yang beroperasi di bandar udara. Efek dari lalu lintas gabungan ini di sertakan dengan pesawat kritis. Dengan penyertaan tersebut, perhitungan PCN mencakup dampak dari seluruh *traffic* pesawat secara proposional. Program COMFAA ini mengikuti prinsip serta prosedur yang secara rinci yang telah tertera dalam standar terbaru yang diterbitkan oleh FAA pada tahun 2014 yakni *Advisory Circular/ac 150/5335-5C*.



Gambar 3 Software COMFAA

### Metode FAARFIELD

FAARFIELD (*Federal Aviation Administration Rigid and Flexible Interactive Elastic Layered Design*) merupakan salah satu cara merencanakan pekerasan yang digunakan untuk mendesain suatu pekerasan di Bandar Udara, metode yang dikembangkan oleh FAA. Metode ini mendesign berdasarkan data CBR subgrade, *Layering System* dan pesawat udara yang bersumber pada metode *FAA-AC No: 150/5320-6F*.

FAARFIELD merupakan prosedur *layer elastic* dan *finite element* untuk merencanakan pekerasan baru pada pekerasan lentur dan kaku. FAARFIELD didasarkan pada konsep *Cumulative Damage Factor* (CDF). Nilai CDF untuk suatu pesawat berada diantara 0 dan 1. Nilai CDF menyatakan kontribusi kegagalan maksimum pada pekerasan. Sebagai contoh, nilai CDF 0,75 akan mengartikan umur pekerasan sudah

75% dari umur layan dan direncanakan, sehingga pekerasan ini memiliki 25% umur layan sisa untuk pergerakan pesawat mendatang sebelum akhirnya pekerasan ini gagal/ *failure*

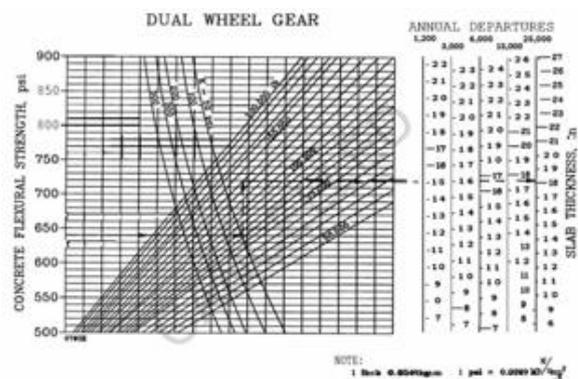


Gambar 4 Software FAARFIELD

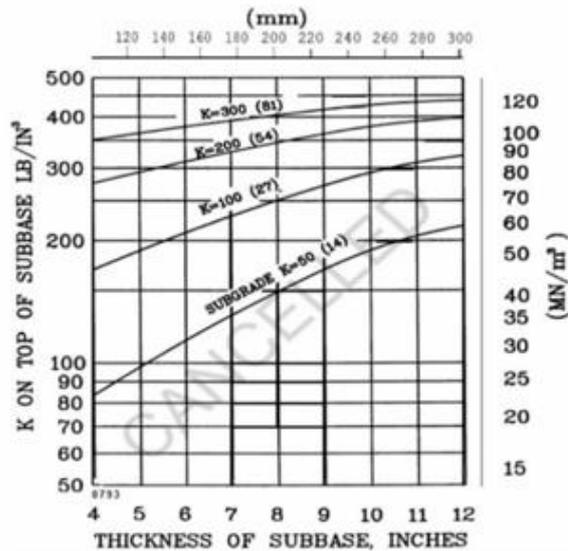
### Metode FAA Manual

Metode FAA manual diambil dari peraturan KP 93 Tahun 2015 adalah prosedur mengenai desain tebal struktur pekerasan kaku maupun lentur dengan cara manual atau tidak menggunakan aplikasi. Perhitungan tebal struktur pekerasan mengacu tabel grafik yang ada pada KP 93 Tahun 2015.

Dalam perhitungan tebal struktur pekerasan pada perencanaan perluasan *apron* di Bandar Udara Kalimantan Berau penulis menggunakan struktur pekerasan rigid, berikut merupakan grafik dalam perencanaan struktur pekerasan menggunakan grafik dari KP 93 Tahun 2015.



Gambar 5 Effect Of Stabilized Subbase On Subgrade Modulus



Gambar 6 Rigid Pavement Design Curves  
 Dual Wheel Gear

**Pekerasan Rigid**

Pekerasan rigid atau pekerasan kaku atau juga disebut pekerasan beton merupakan pekerasan yang menggunakan semen/*Portland Cement* (PC) sebagai bahan pengikat. (Sukirman, S. 1992). Secara spesifik pekerasan kaku juga diartikan sebagai susunan konstruksi pekerasan dimana penggunaan lapisan atasnya menggunakan pelat beton yang terletak diatas lapisan pondasi atau langsung diatas tanah dasar (*subgrade*).

Pekerasan kaku mempunyai nilai kekakuan dan, akan mendistribusikan beban pada daerah relatif lebih luas pada *subgrade*, beton sendiri bagian utama yang menanggung beban *structural*. Dimana saat pembebanan berlangsung pekerasan tidak terjadi perubahan bentuk, artinya pekerasan seperti kondisi semula sebelum pembebanan terjadi

a) Subgrade (tanah dasar)  
 Subgrade atau lapisan tanah dasar adalah lapisan tanah yang berfungsi sebagai tempat perletakan lapis pekerasan dan mendukung konstruksi pekerasan jalan diatasnya. Subgrade juga merupakan pondasi yang menopang beban pekerasan yang melewati pekerasan tersebut. Oleh karena itu

perencanaan suatu pekerasan sangatlah di tentukan oleh kondisi tanah dasar atau subgrade. Lapisan tanah dasar dapat berupa tanah asli yang dipadatkan jika tanah aslinya baik, atau tanah urugan yang didatangkan dari tempat lain atau tanah yang distabilisasi. Menurut spesifikasi, tanah dasar adalah tanah lapisan paling atas dari timbunan badan jalan yang mempunyai persyaratan tertentu sesuai fungsinya, yaitu yang berkenan dengan kepadatan dan daya dukungnya (CBR).

b) Sub base (Lapisan Pondasi Bawah)

Lapisan pondasi bawah (*Subbase Course*) adalah bagian dari konstruksi pekerasan landas parkir yang terletak di antara tanah dasar (*Subgrade*) dan pelat beton. Lapisan Sub Base didapatkan dari nilai CBR yang dikonversi menjadi nilai modulus K.

c) Slab beton

Lapisan slab beton adalah bagian paling atas dari struktur lapisan pekerasan yang harus direncanakan mampu memikul beban luar yang bekerja pada permukaan pekerasan. Disamping itu lapis permukaan harus kedap air untuk mencegah masuknya air ke dalam lapis pondasi dan lapis pondasi bawah,maupun memikul beban geser yang diakibatkan beban roda pesawat. Lapisan slab beton terbuat dari campuran antara semen portland, aggregate halus, aggregate kasar dan air dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk massa padat. Ketebalan slab beton tidak boleh kurang dari 150 mm, panjang slab beton tidak boleh lebih dari 75000 mm, dan pada daerah non kritis tebal slab beton dapat diambil sebesar 90 % dari hasil perhitungan tetapi tidak boleh kurang dari 150 mm.

Data yang dibutuhkan oleh perencanaan tebal pekerasan *apron* dengan konstruksi *rigid* antara lain:

1. CBR (*California Bearing Ratio*)

Daya dukung tanah adalah ukuran kemampuan tanah untuk memikul beban

# PROSIDING

## SEMINAR NASIONAL INOVASI TEKNOLOGI PENERBANGAN (SNITP) TAHUN 2021

ISSN : 2548 – 8112 eISSN: 2622 – 8890

yang bekerja. Sampel tanah dasar dilakukan pengujian CBR di uji dalam laboratorium untuk menetapkan nilai CBR. Pengujian dilakukan dengan melakukan pemadatan dengan kadar air tertentu. Dalam menentukan nilai CBR, pada tiap wilayah tersebut.

### 2. Berat operasi pesawat udara terkritis

Dalam menentukan ketebalan pekerasan, sebelumnya harus di tentukan pesawat rencana yang digunakan, yaitu yang bebanya menghasilkan ketebalan pekerasan yang paling besar.

Berat pesawat rencana di tentukan berdasarkan beban yang dipikul oleh satu roda pendaratan utama/ *Main landing gear* dari tiap jenis pesawat udara yang beroperasi, beban pesawat di perlukan untuk menentukan tebal lapis keras pada area pergerakan pesawat yang di butuhkan

### 3. Jumlah keberangkatan tahunan/ annual departure pesawat rencana

Jumlah keberangkatan tahunan/ annual departure pesawat udara rencana adalah jumlah tahunan pesawat rencana yang akan melakukan aktivitas penerbangan di bandar udara tersebut. Dimana keberangkatan harian di kali dengan jumlah hari dalam satu tahun, yaitu 365 hari.

Tabel 4 Konversi Roda

Konversi dari	Ke	Faktor pengali keberangkatan
Single wheel	Dual wheel	0,8
Single wheel	Dual tandem	0,5
Dual wheel	Dual tandem	0,6
Double dual tandem	Dual tandem	1,00
Dual tandem	Single wheel	2,00
Dual tandem	Dual wheel	1,70
Dual wheel	Single wheel	1,30
Double dual tandem	Dual wheel	1,70

Perhitungan *Equivalent Annual Departure* yang tertera KP 93 Tahun 2015 sebagai berikut :

### 1. Nilai dari *equivalent annual departure* pada masing-masing pesawat diperoleh

dari *Maximum Take Off Weight* (MTOW) yang terdapat pada masing-masing *aircraft performance* pada tiap-tiap tipe pesawat.

### 2. Beban roda pesawat udara yang beroperasi di Bandar Udara Kalimantan Berau :

$$W2 = MTOW \times \frac{0.95}{\text{Jumlah roda belakang}}$$

### 3. Beban roda pesawat rencana dipilih dengan cara mencari nilai yang paling tinggi dari beban roda pesawat yang beroperasi.

### 4. *Annual Departure* ialah jumlah keberangkatan tahunan pesawat.

### 5. Cara menghitung *equivalent annual departure* pesawat rencana dengan rumus :

$$\text{Log } R1 = (\text{Log } R2) \times \left(\frac{W2}{W1}\right)^{\frac{1}{2}}$$

Dimana :

R1 = *Equivalent Annual Departure* pesawat rencana

R2 = *Annual Departure* yang di konversi ke pesawat rencana

W1 = Beban roda pesawat rencana

W2 = Beban roda pesawat yang di konversi ke pesawat rencana beban roda pesawat untuk pesawat diatas 300.000 lbs (136.100 Kg ) tetap diambil angka 300.000 lbs

## Pavement Clasification Number (PCN)

*Pavement Clasification Number (PCN)* di dasarkan pada suatu pengujian secara langsung menggunakan alat HWD (*Heavy Weight Deflectometer*), atau dengan pengujian menggunakan perhitungan program yang dikeluarkan ole *FAA (Federation Aviation Administration)* yaitu *COMFAA*. Faktor dalam perhitungan nilai PCN adalah sebagai berikut :

### 1. Tipe Pekerasan

Tabel 5 Kode Tipe Pekerasan

Tipe Pekerasan	Kode
Pekerasan Rigid	R
Pekerasan Fleksibel	F

**2. Daya Dukung Tanah Subgrade**

Daya dukung *subgrade* dalam perhitungan PCN dikelompokkan ke dalam beberapa kelompok berikut. Berikut besaran daya dukung *subgrade*

Tabel 6 Kode Kekuatan CBR

Strenght	CBR	Kode
Tinggi	13%	A
Menengah	8% - 13 %	B
Rendah	4% - 8%	C
Sangat Rendah	4 %	D

**3. Tekanan Maksimum Roda Pesawat**

Tekanan roda pesawat terbagi menjadi 4 macam, dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel Kode 7 Tekanan Roda Pesawat Udara

Tekanan	Kode
Tinggi, tanpa pembatasan tekanan	W
Menengah, tekanan di batasi sampai 1.50 MPa	X
Rendah, tekanan dibatasi sampai 1.00 MPa	Y
Sangat rendah, tekanan dibatasi sampai 0.50 MPa	Z

**4. Metode Evaluasi**

Metode evaluasi yang digunakan dalam menentukan PCN yaitu tercantum pada tabel berikut :

Tabel 8 Kode Metode Penelitian Evaluasi

Metode Evaluasi	Kode
Evaluasi Teknik, penelitian khusus karakteristik pekerasan dengan menggunakan teknologi tinggi	T
Menggunakan pengalaman pesawat dalam penerbangan reguler	U

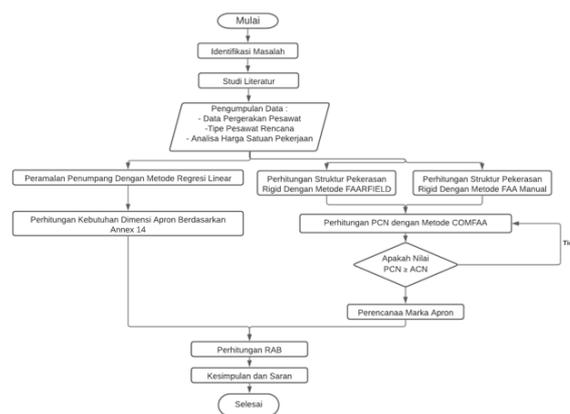
**Rencana Anggaran Biaya (RAB)**

Sebelum melakukan sebuah pekerjaan proyek, penyusunan RAB merupakan hal yang paling penting. RAB berfungsi sebagai acuan dasar perencanaan pelaksanaan proyek, mulai dari pemilihan penyedia, pemilihan bahan material, sampai pengawasan proyek

agar berjalan sesuai dengan rancangan dan kesepakatan yang ada dalam kontrak. Untuk menetapkan besarnya biaya yang di perlukan pada saat pekerjaan perluasan apron terlebih dahulu harus mengetahui volume dari pekerjaan yang direncanakan. Perluasan apron tidak lepas dari masalah galian ataupun timbunan

**METODE PENELITIAN**

Untuk mempermudah tahapan pelaksanaan penelitian, berikut penulis sampaikan bagan alur penelitian.



**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Perhitungan Peramalan ( Forecasting)**

Tabel 9 Data Pergerakan Pesawat Di Bandar Udara Kalimantan Berau

Tahun	Jumlah Pergerakan Pesawat
2010	2381
2011	2378
2012	2606
2013	3054
2014	3413
2015	3303
2016	3361
2017	3607
2018	3724
2019	3426

Karena jumlah pergerakan pesawat rencana beroperasi mulai tahun 2019, maka rasion bulan yang diambil yaitu terbanyak tahun 2019, Maka ratio bulan yang diambil terbanyak tahun 2019.

Tabel 10 Data Pergerakan Pesawat Tahun 2019

Bulan	Tahun 2019
Januari	283
Februari	284
Maret	286
April	287
Mei	283
Juni	286
Juli	285
Agustus	284
September	282
Oktober	287
November	288
Desember	291
Total	3426

Ratio tertinggi yaitu bulan Desember di tahun 2019, maka Bulan Desember adalah bulan dimana pergerakan pesawat terbanyak di tahun 2019.

### Menghitung Ratio Bulan Puncak Pergerakan Pesawat

Berikut merupakan perhitungan yang dilakukan untuk mendapatkan *peak month ratio* yang akan dimasukkan dalam 9able berdasarkan data pergerakan pesawat di tahun 2010-2019 adalah sebagai berikut:

1. Pada tahun 2019 jumlah pergerakan pesawat bulan Januari 2019 jumlah pesawat Bulan Januari adalah 283 dari total pesawat sebesar 3426
2. Ratio bulan Januari 2019 adalah total pesawat bulan Januari dibagi dengan total pergerakan pesawat tahun 2019,

$$R \text{ month} = N \text{ month} / N \text{ year}$$

$$= 283 / 3426$$

$$= 0,0826$$

Dengan langkah yang sama dilakukan perhitungan untuk mencari ratio bulan lain hingga bulan desember tahun 2019. Berikut hasil selengkapnya di bawah 9able ini :

Tabel 11 Ratio Pergerakan Pesawat

Bulan	Ratio
Januari	0.0826
Februari	0.0829
Maret	0.0835
April	0.0838
Mei	0.0826

Juni	0.0835
Juli	0.0832
Agustus	0.0829
September	0.0823
Oktober	0.0838
November	0.0841
Desember	0.0849

Rasio maksimum dari hasil perhitungan merupakan *peak moth ratio*. Maka untuk mendapatkan peramalan pergerakan maksimum pesawat pada bulan puncak tahu rencana di pakai *peak month ratio* terbesar yaitu 0.0849

### Perhitungan Forecasting Pergerakan Pesawat

Tabel 12 Perhitungan Forecasting Jumlah Pergerakan Pesawat

Tahun	X	X <sup>2</sup>	Jumlah Pergerakan Pesawat Udara (y)	xy	y <sup>2</sup>
2010	1	1	2381	2381	5669161
2011	2	4	2378	4756	5654884
2012	3	9	2606	7818	6791236
2013	4	16	3054	12216	9326916
2014	5	25	3413	17065	11648569
2015	6	32	3303	19818	10909809
2016	7	49	3361	23527	11296321
2017	8	64	3607	28856	13010449
2018	9	81	3724	33516	13868176
2019	10	100	3426	34260,8	11738024
Total	55	381	31253	184214	99913545

Berdasarkan tabel di atas didapatkan dengan perhitungan tabel sebagai berikut :

$$b = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

$$b = \frac{10 \times (184214) - (55 \times 31253)}{10 \times (381) - (55)^2}$$

$$= \frac{123218}{785}$$

$$= 157$$

$$\bar{y} = \frac{\sum y}{n} \quad \bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

$$\bar{y} = \frac{31253}{10} \quad \bar{x} = \frac{55}{10}$$

$$\bar{y} = 3125,3 \quad \bar{x} = 5,5$$

**PROSIDING**  
**SEMINAR NASIONAL INOVASI TEKNOLOGI PENERBANGAN (SNITP) TAHUN 2021**

ISSN : 2548 – 8112 eISSN: 2622 – 8890

Berdasarkan persamaan, didapatkan nilai a adalah :

$$a = \bar{y} - b\bar{x}$$

$$a = 3125,3 - (157 \times 5.5)$$

$$a = 2262$$

Sehingga di dapatkan persamaa regresi liniernya, berdasarkan persamaan:

$$Y = 2262 + 157X$$

**Perhitungan Rencana Pergerakan Pesawat**

Dari hasil perhitungan pergerakan tahunan pesawat, di dapat nilai regresi, a = 2262 dan b = 157

Tabel 13 Peramalan Pergerakan Pesawat

TAHUN	a	b	X	Prediksi Pesawat Udara Y=a+bX
2020	2262	157	11	3989
2021	2262	157	12	4146
2022	2262	157	13	4303
2023	2262	110	14	3802
2024	2262	157	15	4616
2025	2262	157	16	4773
2026	2262	157	17	4930
2027	2262	157	18	5087
2028	2262	157	19	5244
2029	2262	157	20	5401

Berdasarkan perhitungan diatas dengan didapatkan persamaan  $Y_i = 2262 + 157X$ , maka hasil forecasting jumlah pergerakan pesawat tahun rencana tahun 2029 adalah 5401. Berikut merupakan data jam puncak pada bulan Desember 2019.

Tabel 14 Pergerakan Pesawat Bulan Desember 2019

No	Tanggal	Jam Puncak	Datang	Berangkat	Jumlah	Perhari	Keterangan
1	Minggu, 01 Desember 2019	10.00-13.00	3	2	5	9	
2	Senin, 02 Desember 2019	10.00-13.00	4	2	6	8	
3	Selasa, 03 Desember 2019	10.00-14.00	3	1	4	8	
4	Rabu, 04 Desember 2019	11.00-14.00	3	2	5	10	
5	Kamis, 05 Desember 2019	10.00-13.00	1	3	4	8	
6	Jumat, 06 Desember 2019	10.00-14.00	3	2	5	9	
7	Sabtu, 07 Desember 2019	09.00-12.00	2	2	4	9	
8	Minggu, 08 Desember 2019	10.00-13.00	3	3	6	10	
9	Senin, 09 Desember 2019	10.00-13.00	2	3	5	9	
10	Selasa, 10 Desember 2019	10.00-14.00	2	2	4	8	
11	Rabu, 11 Desember 2019	11.00-13.00	1	4	5	9	
12	Kamis, 12 Desember 2019	08.00-12.00	2	2	4	10	
13	Jumat, 13 Desember 2019	10.00-13.00	2	3	5	8	
14	Sabtu, 14 Desember 2019	09.00-12.00	1	3	4	10	
15	Minggu, 15 Desember 2019	10.00-12.00	2	4	6	9	
16	Senin, 16 Desember 2019	10.00-14.00	3	1	4	9	
17	Selasa, 17 Desember 2019	10.00-14.00	2	2	4	8	
18	Rabu, 18 Desember 2019	11.00-14.00	3	3	6	9	
19	Kamis, 19 Desember 2019	10.00-14.00	3	3	6	8	
20	Jumat, 20 Desember 2019	10.00-14.00	2	2	4	10	
21	Sabtu, 21 Desember 2019	08.30-12.00	1	4	5	9	
22	Minggu, 22 Desember 2019	10.00-15.00	3	2	5	11	
23	Senin, 23 Desember 2019	10.00-13.00	2	3	5	9	
24	Selasa, 24 Desember 2019	10.00-14.00	2	4	6	11	
25	Rabu, 25 Desember 2019	11.00-15.00	3	2	5	9	
26	Kamis, 26 Desember 2019	10.00-14.00	2	2	4	10	
27	Jumat, 27 Desember 2019	10.00-15.00	3	4	7	13	Peak Hour
28	Sabtu, 28 Desember 2019	09.00-13.00	2	3	5	12	
29	Minggu, 29 Desember 2019	10.00-15.00	3	3	6	11	
30	Senin, 30 Desember 2019	10.00-14.00	2	3	5	9	
31	Selasa, 31 Desember 2019	11.00-14.00	4	2	6	9	
Total					155		

1. Perhitungan *peak month movement*

Dari rekapitulasi pergerakan *peak month movement* dan pergerakan tahunan dari Tahun 2010-2019 di dapatkan *peak month ratio* yang paling besar untuk pesawat udara adalah sebesar 0.0849.

Maka akan di dapatkan *peak month movement* sebagai berikut,:

Peak Month Movement

$$= \text{Jumlah Pesawat di tahun 2029} \times \text{peak month ratio}$$

$$= 5401 \times 0.0849$$

$$= 459 \text{ pergerakan pesawat}$$

2. Perhitungan *peak day movement*

Berdasarkan *peak month ratio* diketahui bahwa Jumat, 27 Desember 2019 adalah hari dengan pergerakan pesawat harian terbanyak yaitu 13, untuk mencari *peak day ratio* adalah sebagai berikut :

Peak day ratio

$$= N \text{ Day} / N \text{ Month}$$

$$= 13 / 291$$

$$= 0.045$$

Maka *peak day ratio* yaitu 0.045. Nilai inilah yang digunakan untuk menghitung *peak day movement* sebagai berikut:

# PROSIDING

## SEMINAR NASIONAL INOVASI TEKNOLOGI PENERBANGAN (SNITP) TAHUN 2021

ISSN : 2548 – 8112 eISSN: 2622 – 8890

Peak day movement  
 = Peak month movement x peak day ratio  
 = 459 x 0.045  
 = 20 pergerakan pesawat

### 3. Perhitungan *Peak hour movement*

Berdasarkan data yang di ketahui bahwa nilai peak day movement Jumat, 27 Desember 2019 adalah 20 pesawat.

Nilai inilah yang digunakan untuk menghitung Peak hour movement pada tahun rencana (2029) sebagai berikut, :

Peak hour ratio  
 = N hour / N day  
 = 7 / 13  
 = 0.4

Peak Hour Movement  
 = peak day movement x peak hour ratio  
 = 20 x 0.4  
 = 11 Pergerakan Pesawat

### 4. Perhitungan Kebutuhan Jumlah Parking Stand

Dalam menentukan jumlah *parking stand* yang dibutuhkan suatu bandar udara dapat menggunakan rumus :

$$S = \left( \frac{Ti}{60} \times Ni \right) + a$$

Dimana :

S = Jumlah kebutuhan parkir pesawat udara (aircraft parking stand)

Ti= Gate occupancy time (menit) tipe pesawat udara

Ni= Jumlah parkir pesawat udara yang datang (arriving aircraft) selama jam puncak

$\alpha$  = Jumlah parkir pesawat udara sebagai cadangan

Tipe pesawat paling besar yan beroperasi pada hari Jumat, 27 Desember 2019 diambil data *Gate occupancy time* adalah sebagai tabel di bawah ini

Tabel 15 Pesawat Yang Beroperasi di Bandar Udara Kalimantan

No	Airlines	Tipe Pesawat	Gate Accupancy Time
1	Garuda Indonesia	Boeing 737 – 800	1:00:00
2	Sriwijaya Air	Boeing 737 – 800	1:00:00

Hasil peramalan jumlah pergerakan pesawat udara dengan menggunakan metode regresi linier di dapatkan total pergerakan pesawat pada tahun rencana (2029) yaitu 11 pesawat pada jam sibuk dan dengan perhitungan penentuan jumlah parking stand dengan asumsi  $\alpha$  (jumlah parkir pesawat sebagai cadangan adalah 1 parking stand). Berikut Perhitungan kebutuhan Parking Stand untuk tipe pesawat terbesar yang beroperasi pada Jumat, 27 Desember 2019 adalah Boeing 737-800 :

$$S = \left( \frac{Ti}{60} \times Ni \right) + a$$

$$= \left( \frac{60}{60} \times 11 \right) + 1$$

$$= 12 \text{ Parking stand}$$

Dari hasil perhitungan di dapatka 12 parking stand karena di perkirakan pada tahun rencana tahun (2029). Jumlah Penerbangan akan bertambah, sehingga kedepanya jadwal penerbangan akan semakin padat. Maka dari itu perlu dilakukan perluasan pada apron yang telah ada di Bandar Udara Kalimantan Berau guna memenuhi kebutuhan apron untuk 10 tahun kedepan, karena apron existing hanya dapat menampung 7 pesawat B 737-800 serta apron existing memungkinkan untuk dilakukan perluasan .

### Menghitung Dimensi Apron Rencana

Dari perhitungan peramaln untuk 10 tahun kedepan didapatkan parking stand sebanyak 10 parking stand, maka dari itu apron dibuat untuk memenuhi jumlah parking stand rencana dengan pesawat terkritis yaitu Boeing 737-800. Berikut merupakan perhitungan panajng serta lebar apron.

Tabel 16 Karateristik B737-800

No	Tipe Pesawat	REF Code	Panjang (m)	Wingspan (m)	OMGWS	Clearance (m)	MTOW (Kg)
1	Boeing 737-800	4C	38	34.3	7	4.5	79016

Dari table diatas dapat dilakukan perhitungan kebutuhan untuk lebar dimesi apron keseluruhan untuk pesawat rencana sebagai berikut :

- Panjang apron adalah =  $(12 \times (\text{wing span B737-900ER})) + (12 \times (\text{clearance antar bentang sayap})) + (2 \times \text{Clearance antar bentang sayap bagian batas terluar apron})$   
 $= (12 \times 34,3) + (12 \times 4,5) + (2 \times 10)$   
 $= 485,6$
- Karena area pengembangan berdekatan dengan apron terminal eksisting maka rencana yang digunakan disesuaikan dengan apron eksisting yaitu = 100 m
- Luas dimensi apron direncanakan :  
 $L = 485,6 \text{ m} \times 100 \text{ m}$   
 $= 48560 \text{ m}^2$

**Menghitung Tabel Pengerasan**

Seiring berjalanya waktu jumlah pergerakan pesawat udara tipa tahunya akan terus bertambah, serta rute penerbangan akan juga ikut mengalami pertambahan juga. Sehingga perencanaan ini kiranya sangat perlu di lakukan untuk menunjang operasional bandara kedepanya.

Dalam mendesain tebal pengerasan apron ini terdapat 2 metode yaitu manual FAA dan software (FAARFIELD), yang dimana juga memerlukan data seperti nilai data daya dukung tanah (CBR), karakteristik pesawat udara terkritis yang beroperasi, jumlah keberangkatan tahunan di Bandar Udara Kalimantan Berau sebagai syarat dalam perhitungan merencanakan tebal pengerasan.berikut merupakan data yang diperlukan dalam perencanaan :

a) Daya Dukung Tanah

Untuk daya dukung tanah sendiri didapatkan ketika penulis melaksanakan *On the job Training* di Bandar Udara Kaliamrai Berau. Berdasarkan dari data bandara nilai CBR tanah di Bandar Udara Kalimantan sebesar 6%.

b) Perhitungan Beban Pesawat Udara Terkritis

Pesawat udara memiliki beberapa konfigurasi roda pesawat, setiap jenis roda pesawat mempunyai pembebanan yang berbeda, dan sanagt mempengaruhi kondisi pekerasan. Semakin besar beban yang melewati perkerasan dengan masing-masing beban dari pesawat tersebut dibagi ke setiap roda pendaratan akan berpengaruh besar, apabila semakin banyak roda dari pesawat maka semakin banayk juga beban yang dibagi dari pesawat udara itu dan begitu juga sebaliknya jika beban pesawat dibagi dengan roda pendaratan yang lebih sedikit akan lebih besar merusak pekerasan.

Untuk nilai beban pada roda pendaratan utama yang terletak pada badan pesawat yaitu sebesar 95% karena *main landing gear* pada pesawat merupakan tumpuan utama dari beban pesawat dan *nose gear* menampung beban sebanyak 5% dari beban pesawat.

Berikut merupakan Jenis pesawat yang beroperasi di Bandar Udara Kalimantan Berau beserta tipe roda pesawat dan MTOW nya :

Tabel 17 Jenis Pesawat Yang Beroperasi di Bandar Udara Kalimantan

Jenis Pesawat	Konfigurasi Roda Pesawat	MTOW	
		lbs	Kg
Cesna 208	Single Wheel	8.000	3.629
ATR 72	Dual Wheel	50.266	22.800
B737-500	Dual Wheel	134.000	60.555
B737-800	Dual Wheel	174.700	79.016

Selanjutnya dapat dihitung beban setiap roda dari pesawat yang beroperasi yaitu dengan cara :

$$\text{Wheel Load} = 0,95 \times \text{MTOW} \times \frac{1}{\text{Jumlah Roda Pendaratan}}$$

1. Cesna 208,  $\text{Wheel Load} = 0,95 \times 3.629 \times 0.5 = 1.724 \text{ Kg}$
2. ATR 72,  $\text{Wheel Load} = 0,95 \times 22.800 \times 0.25 = 5.415 \text{ Kg}$
3. B737 500,  $\text{Wheel Load} = 0,95 \times 60.555 \times 0.25 = 14.382 \text{ Kg}$

# PROSIDING

## SEMINAR NASIONAL INOVASI TEKNOLOGI PENERBANGAN (SNITP) TAHUN 2021

ISSN : 2548 – 8112 eISSN: 2622 – 8890

4. B737 800,  $Wheel\ Load = 0,95 \times 79.016 \times 0.25 = 18.766\ Kg$

Dari tabel perhitungan diatas dapat dilihat bahwa pesawat jenis B737-800 menjadi pesawat yang memiliki berat roda terberat yaitu dengan berat 18.766 Kg, maka dapat diambil kesimpulan bahwa pesawat B737-800 menjadi pesawat terkritik di Bandara Udara Kalimantan Berau.

### Perhitungan Equivalent Annual Departure

Semua keberangkatan tahunan pesawat udara yang beroperasi di Bandar Udara Kalimantan memiliki jenis roda pendaratan yang sama dengan pesawat terkritik.

Perhitungan keberangkatan tahunan ekivalen perlu dilakukan untuk memproyeksikan ke dalam grafik ketebalan ekivalen pekerasan. Berikut adalah perhitungan ekivalen keberangkatan tahunan untuk untuk 10 tahun kedepan pesawat yang beroperasi di Bandar Udara Kalimantan Berau. Jumlah *annual departure* disesuaikan pada tahun 2019 adalah 3426, terdiri dari :

- B737-800 = 925
- B737-500 = 686
- ATR 72 - 600 = 1761
- Cesna 208 = 54

Dari pesawat 3426, maka :

- B737-800 = 27%
- B737-500 = 20%
- ATR 72 - 600 = 51%
- Cesna 208 = 2%

Dari analisa diatas maka *annual departure* pada tahun 2029 adalah:

- B737-800 = 27% dari 5401, yaitu 1459
- B737-500 = 20% dari 5401, yaitu 1081
- ATR 72 - 600 = 51% dari 5401, yaitu 2776
- 600
- Cesna 208 = 2% dari 5401, yaitu 85

Angka *annual departure* diatas di masukan ke dalam tabel dibawah:

Tabel 18 Equivalent Annual Departure

Jenis Pesawat	Gear Type			Annual Departure	Max Take Off Weight (Kg)	Annual Departure Konversi	Wheel Load		Equivalent Annual Departure
	Dari	Ke	Konversi				R2	W2	
B737-800	Dual Wheel	Dual Wheel	1	1459	174.700	1458	18766	18766	1459
B737-500	Dual Wheel	Dual Wheel	1	1081	134.000	1081	14382	18766	453
ATR 72-600	Dual Wheel	Dual Wheel	1	2776	47.466	2776	5415	18766	71
Cessna 208	Single Wheel	Dual Wheel	0,8	85	77.000	248	1724	18766	4
<b>Total</b>				<b>5401</b>					<b>1987</b>
W2	Wheel Load dihitung menggap 95% ditunpu oleh roda pendaratan utama, dual wheel mempunyai 4 roda maka = MTOW x 0,95 x ¼								
W1	Wheel load pesawat kritis terbesar								
R1	Antilog(log R2 x $\frac{W2^{0.5}}{W1^{0.5}}$ )								

Rumus Mencari :

$$\log R1 = \log R2 \times \left(\frac{W2}{W1}\right)^{0.5}$$

Keterangan :

- R1 :Keberangkatan tahunan ekivalen pesawat udara rencana
- R2 : Keberangkatan tahunan pesawat udara
- W1 : Beban roda pesawat udara rencana
- W2 : Beban roda masing-masing pesawat udara

- a. Cessna 208  $\log R1 = \log 68 \times \left(\frac{1724}{18766}\right)^{0.5} = 4$
- b. ATR 72-600  $\log R1 = \log 2776 \times \left(\frac{5415}{18766}\right)^{0.5} = 71$
- c. B737-500  $\log R1 = \log 1081 \times \left(\frac{14382}{18766}\right)^{0.5} = 453$
- d. B737-800  $\log R1 = \log 1459 \times \left(\frac{18766}{18766}\right)^{0.5} = 1459$

Setelah di dapat R1 dari masing-masing pesawat selanjutnya adalah menjumlahkan total sehingga didapat total ekivalen *annual departure* untuk keseluruhan pesawat yaitu sebesar 1987. Angka tersebut yan akan diproyeksikan ke dalam grafik tebal pekerasan.

### Perhitungan Tebal Pekerasan Apron Menggunakan Metode FAA Manual

#### A. Subgrade

Pada perencanaan pekerasan kaku diperlukan nilai modulus pondasi. Nilai modulus pondasi ini dapat dinyatakan sebagai modulus reaksi tanah dasar (k), dimana

hasilnya nanti akan di plot ke grafik tebal *subbase* yan terdapat dalam *AC 150/5320-6D* (metode FAA).

Rumus Untuk mengonversi nilai *CBR* ke nilai modulus raksi tanah dasar adalah sebagai berikut :

$$k = \left[ \frac{1500 \times CBR}{26} \right]^{0,7788}$$

$k = \text{modulus reaksi tanah dasar}$

Nilai *CBR* tanah dasar pada tanah dasar di area Bandar Udara Kalimantan Berau adalah 6%, maka didapatkan hasil *K* adalah :

$$k = \left[ \frac{1500 \times 6}{26} \right]^{0,7788}$$

$$k = 94,96 \text{ pci} \approx 95 \text{ pci}$$

#### B. Penentuan Stabilized Base

Lapisan ini diperlukan untuk semua pekerjaan kaku baru yang direncanakan untuk mengakomodasi pesawat dengan berat 100.000 pound atau lebih (*AC 150/5320-6D*). Dipilih *Cement Treated Base Course* dengan tebal rencana 5 inch.

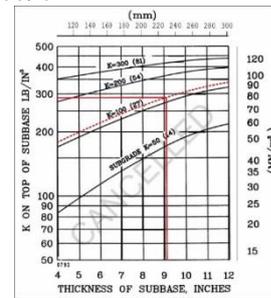
#### C. Sub Base

Setelah didapatkan nilai modulus reaksi tanah dasar (*k*), yaitu  $k = 95 \text{ pci}$ , maka tebal *subbase* dapat ditentukan dengan *plotting* pada grafik tebal *subbase*. Dengan syarat nilai *CBR subbase*  $\geq 25\%$  maka digunakan *CBR subbase* sebesar 25%. Nilai *K subbase* adalah:

$$k = \left[ \frac{1500 \times 25}{26} \right]^{0,7788}$$

$$k = 288,58 \text{ pci} \approx 289 \text{ pci}$$

Proyeksi nilai *k subgrade* = 95 pci dan *k subbase* = 289 pci pada grafik dapat dilihat pada:

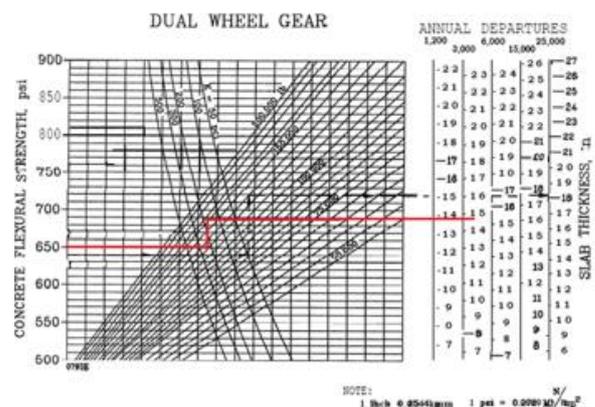


Gambar 7 Tabel Grafik Subbase

Proyeksikan garis mendatar dari nilai *K* subbase 289 pci menuju ke nilai *K* Subgrade 95 pci, lalu tarik garis lagi ke bawah menuju tebal subbase rencana. Maka didapatkan tebal subbase minimum adalah 9,2 inch atau 23,6cm. Untuk meningkatkan nilai keamanan dalam perencanaan tebal subbase, maka dipilih tebal 24 cm.

#### D. Slab Beton

Untuk menentukan perencanaan tebal *slab* beton / pelat beton pada pekersan kaku maka perlu dilakukan proyeksi beberapa nilai ke grafik perhitungan tebal *slab* beton. Nilai *flexural strenght* yang di rekomendasikan adalah antara 600-750 psi (*Pounds per Square Inch*). Nilai *flexural strenght* direncanakan adalah 650 psi. Cara tersebut dapat dilihat pada gambar grafik di bawah ini:



Gambar 8 Grafik Surface Slab Beton

# PROSIDING SEMINAR NASIONAL INOVASI TEKNOLOGI PENERBANGAN (SNITP) TAHUN 2021

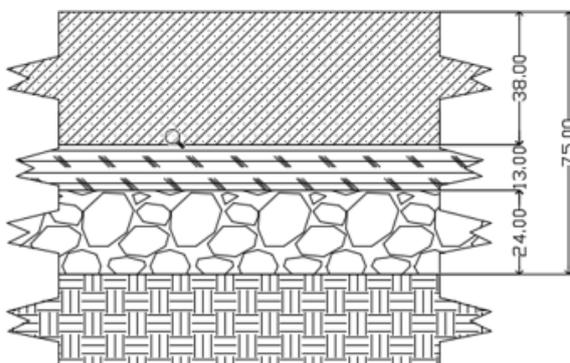
ISSN : 2548 – 8112 eISSN: 2622 – 8890

Proyeksikan nilai flexural strength 650 psi, dipilih 650 psi karena menggunakan mutu beton K-350 yang kemudian ditarik mendatar ke nilai k subbase yaitu 289 pci, setelah itu tarik garis kebawah menuju nilai MTOW dari pesawat B737-800 yaitu sebesar 174.200 lbs atau 79.016 kg, lalu tarik lagi garis mendatar ke nilai tebal perkerasan sesuai annual departure, maka dalam grafik itu digunakan nilai *annual departure* sebesar 1.987. Dengan menggunakan cara tersebut, maka didapatkan tebal slab beton / pelat beton minimal adalah 14,9 inch atau 37,8 cm  $\approx$  38 cm.

Setelah dilakukan perhitungan rencana tebal perkerasan pada apron dengan daya dukung tanah dasar (CBR) 6 % menggunakan cara-cara diatas maka didapatkan tebal perkerasan seperti berikut :

- CBR tanah 6% dengan nilai K *Subgrade* 95 pci
- Tebal *subbase* = 24 cm ( K *subbase* 289 pci)
- *Stabilized Base* = 13 cm
- Tebal *slab beton* = 38 cm (fs = 650 psi)

Rencana tebal perkerasan dapat dilihat pada gambar dibawah ini:

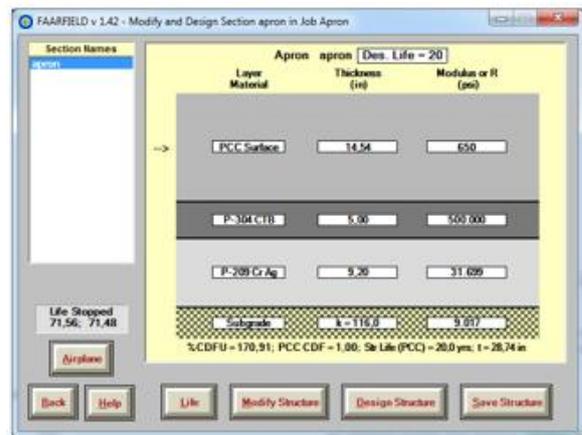


Gambar 9 Tebal Struktur Perkerasan Metode Manual FAA

## Perhitungan Tebal Perkerasan Apron Menggunakan Aplikasi FAARFIELD

Desain perkerasan dengan program FAARFIELD merupakan proses interaksi baik untuk desain perkerasan, dalam hal ini adalah perkerasan kaku. Langkah-langkah dalam menggunakan program FAARFIELD

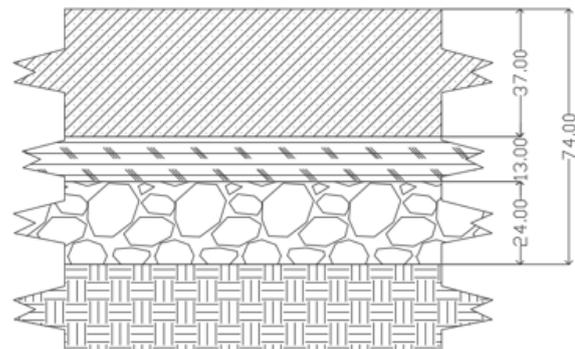
secara garis besar adalah sebagai berikut, maka didapatkan hasil ketebalan perkerasan :



Gambar 10 Hasil Perhitungan Tebal Perkerasan FAARFIELD

Adapun hasil dari perhitungan tebal perkerasan kaku dengan program FAARFIELD adalah sebagai berikut:

- CBR tanah 6% dengan nilai K *Subgrade* 116 pci
- Tebal *subbase* = 24 cm ( K *subbase* 289 pci)
- *Stabilized Base* = 13 cm
- Tebal Slab Beton = 36,5 cm  $\approx$  37 cm



Gambar 11 Tebal Rencana Perkerasan Menggunakan Aplikasi FAARFIELD

## Perhitungan Nilai PCN Dengan Software COMFAA Dengan Hasil Perhitungan Manual FAA

Setelah tebal perkerasan diketahui maka dapat dicari nilai PCN (*Pavement Clasification Number*) dari struktur perkerasan tersebut dengan metode FAA menggunakan software COMFAA. Berikut merupakan data dari tebal struktur perkerasan yang telah di

# PROSIDING SEMINAR NASIONAL INOVASI TEKNOLOGI PENERBANGAN (SNITP) TAHUN 2021

ISSN : 2548 – 8112 eISSN: 2622 – 8890

dapatkan yang kemudian di input ke dalam *software* COMFAA. Dengan tebal pekerasan sebagai berikut :

- Nilai *K subgrade* : **95 pci**
- Tebal *Subbase* : **24 cm**
- Tebal *Stabilized base* : **13 cm**
- Tebal *Slab* beton : **38 cm**

- Nilai *K subgrade* : **116 pci**
- Tebal *Subbase* : **24 cm**
- Tebal *Stabilized base* : **13 cm**
- Tebal *Slab* beton : **37 cm**

Dari hasil diatas dapat dilihat bahwa PCN telah melebihi ACN, dimana ACN B737-800 yaitu 51,7 , sementara PCN yaitu **54,8** , maka dapat disimpulkan nilai PCN memenuhi, karena  $PCN > ACN$ . Serta nilai CDF **0,6823**  $< 1$  maka dapat disimpulkan bahwa design pekerasan mampu menanggung beban lintas, dengan ketelabalan PCC *Surface* yaitu **14,5** inch .

Ref. AC 150/5335-3C Appendix B Rigid Pavement Structure Items	Existing Rigid Pavement Layers	ENTER Existing Layer Thickness	Evaluation Layer Thickness	Improved k-value
Figure A2.7	P-401 Overlay(s)	0,0 in.(2.5	0,0	Overlay to P-501, 2.5 to 1
Rigid Pavement Thickness	P-501	14,9 in.	14,9	
Third Point Flexural Strength	Flexural strength	650,0 psi		Foundation k- Maximum k- Below or Input k
Figure A2.6, default maximum k-value = 500 lb/in <sup>3</sup> , (135,7 MN/m <sup>3</sup> ) OR input k-value if greater.	P-401 and/or P-403	0,0 in.	5,0	280
	P-306	0,0 in.		
	P-304	5,0 in.		
	P-209	9,2 in.	9,2	180
Combined Top and Bottom Figure A2.5.	P-208 and/or P-211	0,0 in.		
	P-301	0,0 in.	0,0	No Unscratched
	P-154			
<b>COMFAA Inputs</b>	Subgrade k-value		20,50	280,00
k-value = 280,0 lb/in <sup>3</sup>				
Rigid Pavement t = 14,9 in.				
Flexural strength = 650,0 psi				
Recommended PCN Code: R/BW				

Gambar 12 Spreadsheet COMFAA

Dari hasil diatas dapat dilihat bahwa PCN telah melebihi ACN, dimana ACN B737-800 yaitu 51,7 , sementara PCN yaitu **58,3** , maka dapat disimpulkan nilai PCN memenuhi, karena  $PCN > ACN$ . Serta nilai CDF **0,4407**  $< 1$  maka dapat disimpulkan bahwa design pekerasan mampu menanggung beban lintas, dengan ketelabalan PCC *Surface* yaitu **14,9** inch .

Gambar 14 Hasil Perhitungan PCN

No. Aircraft Name	Gross Weight	Passenger	Tire	Annual	30-yr	40
1 B737-800	174.700	93,56	200,0	1.489	0.209	14,99
2 B737-800	134.000	92,24	194,0	1.091	0.408	11,97
3 D-40	80.224	98,00	80,0	2.774	14.960	7,14
4 GarudaGaran-CE-008	0.780	95,00	78,0	88	140	3,14

No. Aircraft Name	Gross Weight	Passenger	Tire	Annual	30-yr	40
1 B737-800	174.700	93,56	200,0	1.489	0.209	14,99
2 B737-800	134.000	92,24	194,0	1.091	0.408	11,97
3 D-40	80.224	98,00	80,0	2.774	14.960	7,14
4 GarudaGaran-CE-008	0.780	95,00	78,0	88	140	3,14

Gambar 13 Hasil Perhitungan PCN Perhitungan Nilai PCN Dengan Software COMFAA Dengan Hasil Perhitungan Program FAARFIELD

Hasil perhitungan tebal pekerasan yang dihitung menggunakan aplikasi FAARFIELD mengacu pada *Advisory Circular No: 150/5320-6F*. Didapatkan tebal pekerasan sebagai berikut:

### Hasil Perhitungan Struktur Pekerasan

Dapat dilihat perbandingan hasil struktur pekerasan *rigid* dari metode manual FAA, FAARFIELD, dan COMFAA pada table berikut ini:

Tabel 19 Perbandingan Struktur

Manual FAA dan COMFAA	FAARFIELD dan COMFAA
• Tebal <i>Slab</i> beton : <b>38 cm</b>	• Tebal <i>Slab</i> beton : <b>37 cm</b>
• Tebal <i>Subbase</i> : <b>24 cm</b>	• Tebal <i>Subbase</i> : <b>24 cm</b>
• Tebal <i>Stabilized base</i> : <b>13 cm</b>	• Tebal <i>Stabilized base</i> : <b>13 cm</b>
• Nilai <i>PCN</i> : <b>58,3</b>	• Nilai <i>PCN</i> : <b>54,8</b>
• Nilai <i>CDF</i> : <b>0,4407</b>	• Nilai <i>CDF</i> : <b>0,628</b>

### Perencanaan Marka

Berdasarkan keputusan Direktorat Jendral Perhubungan Udara yang tertuang dalam KM 21 Tahun 2005 yang berjudul marka dan rambu pada daerah pergerakan pesawat. Dijelaskan dalam peraturan tersebut marka adalah suatu tanda yang dituliskan atau digambarkan diatas permukaan daerah pergerakan pesawat dengan maksud untuk

# PROSIDING

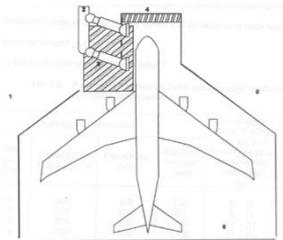
## SEMINAR NASIONAL INOVASI TEKNOLOGI PENERBANGAN (SNITP) TAHUN 2021

ISSN : 2548 – 8112 eISSN: 2622 – 8890

memberikan suatu petunjuk, menginformasikan suatu kondisi (gangguan/larangan) atau menggambarkan batas-batas. Marka di daerah pergerakan pesawat dituliskan atau digambarkan pada permukaan landasan pacu dan apron.

Di jelaskan dalam KM 21 Tahun 2005 marka pergerakan pesawat udara di daerah apron, meliputi :

1. Equipment Parking Area
2. Aviobridge
3. Aviobridge safety zone marking
4. No Parking Area
5. Equipment Staging Area
6. Apron Safety Line



Gambar 15 Rencana Marka Apron

### Rencana Anggaran Biaya

Setelah struktur dan desain apron diperoleh hasilnya maka dilanjutkan dengan pembuatan rencana anggaran biaya. Sesuai dengan volume maupun luasan yang telah diketahui pada pembahasan diatas. Hasil penyusunan RAB dapat dilihat pada table di bawah ini :

Tabel 20 Rencana Anggaran Biaya

ENGINEERING ESTIMATE (EE)					
Pekerjaan : Perluasan Apron					
Alamat / Kota : Bandar Udara Kalimantan					
Kabupaten : Berau					
Propinsi : Kalimantan Timur					
NO	URAIAN KEGIATAN	VOLUME	STN	HARGA SATUAN (Rp)	JUMLAH HARGA (Rp)
1	PEKERJAAN PENDAHULUAN				
1	Pengukuran	19.760,00	m3	5.660,75	111.856.380,48
2	Urugan Pemasatan Tanah Subgrade	19.760,00	m3	419.261,19	8.284.601.021,53
3	Galian Tanah	14.760,72	m3	345.174,05	5.095.017.459,03
4	Mobilisasi dan Demobilisasi alat	1,00	ls	109.500.000,00	109.500.000,00
5	Pekerjaan Begisting	8.280,38	m2	235.563,50	1.950.555.518,48
Sub Total Pek. I					15.551.530.379,52
REKAPITULASI					
Pekerjaan : Perluasan Apron					
Alamat / Kota : Bandar Udara Kalimantan					
Kabupaten : Berau					
Propinsi : Kalimantan Timur					
NO.	URAIAN PEKERJAAN	JUMLAH HARGA Rp			
I	PEKERJAAN PENDAHULUAN	15.551.530.379,52			
II	PEKERJAAN PERLUASAN APRON	37.706.458.219,71			
		<b>JUMLAH AKHIR (I s/d II)</b>			
		<b>53.257.988.599,23</b>			
		<b>JUMLAH</b>			
		<b>53.257.988.599,23</b>			
		<b>PPN 10 %</b>			
		<b>5.325.798.859,92</b>			
		<b>TOTAL AKHIR</b>			
		<b>58.583.787.459,15</b>			
		<b>DIBULATKAN</b>			
		<b>58.583.787.460,00</b>			
TERBILANG : LIMA PULUH DELAPAN MILIAR LIMA RATUS DELAPAN PULUH TIGA JUTA TUJUH RATUS DELAPAN PULUH TUJUH RIBU EMPAT RATUS ENAM PULUH .-					

### PENUTUP

#### Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari analisis dalam penulisan penelitian ini, didapatkan kesimpulan, yaitu:

1. Pada perhitungan peramalan/forecasting untuk apron di Bandar Udara Kalimantan untuk 10 tahun kedepan yaitu mendapatkan 12 *parking stand* untuk pesawat terkritis jenis B737-800 dengan apron yang memiliki panjang 485,6meter dan lebar 100 meter.
2. Perencanaan tebal perkerasan yang digunakan adalah hasil perhitungan menggunakan software FAARFIELD. Dan didapat hasil perhitungan tebal struktur perkerasan kaku yaitu untuk tebal base rencana 24 cm, *Stabilized Base* rencana 13 cm, dan tebal *surface* (slab beton) adalah 37 cm, dengan flexural

# PROSIDING

## SEMINAR NASIONAL INOVASI TEKNOLOGI PENERBANGAN (SNITP) TAHUN 2021

ISSN : 2548 – 8112 eISSN: 2622 – 8890

strength (kuat tarik) direncanakan senilai 650 psi. Didapat nilai PCN yaitu 54,8 dengan nilai CDF 0,628

- Untuk hasil dari metode manual FAA yaitu untuk tebal subbase rencana 24 cm, *Stabilized Base* 13 cm dan tebal *surface* (slab beton) adalah 38 cm dengan nilai CDF nya 0.4407 dan nilai PCN yang didapat yaitu 58.3.
- Untuk pekerjaan digunakan hasil dari perhitungan metode perhitungan manual FAA dengan total tebal pekerasn 75 cm. Terdiri dari tebal base 24 cm, *Stabilized base* 13 cm dan tebal *surface* 38 cm. Dan menggunakan ukuran slab beton 15x7 m mengikuti dengan kondisi eksisting.
- Untuk marka *apron* disesuaikan dengan luasan *apron* rencana
- Berdasarkan perhitungan RAB, maka anggaran yang diperlukan untuk melakukan pekerjaan konstruksi *rigid* pada *apron* dengan luas 485,6 m<sup>2</sup> yaitu Rp. 58.583.787.460,00

### Saran

Berdasarkan hasil kesimpulan, dapat dikemukakan saran sebagai berikut:

- Harga bahan konstruksi selalu berubah-ubah tiap tahunnya, oleh sebab itu perlu dipertimbangkan dalam perencanaan anggaran biaya pada perencanaan konstruksi perkerasan kaku pada apron ini.
- Perlu adanya penyelidikan tanah lebih lanjut
- Perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai perencanaan kembali untuk 5 tahun kedepan
- Diharapkan pada saat melakukan pekerjaan apron untuk tebal perkerasan tidak kurang dari hasil analisa tersebut dikarenakan aka mempengaruhi nilai PCN

### DAFTAR PUSTAKA

- Administration, F. A. (2016). *Advisory Circular: 150/5230-6d cancelled. Airport Pavement and Design Evaluation.*
- Departemen Perhubungan. (1985). *SKEP/100/IX/1985 Peraturan Tata Tertib Bandar Udara. Jakarta :Direktur Jendral Perhubungan Udara.* Jakarta: Direktorat Jendral Perhubungan Udara.
- Direktorat Jendral Perhubungan. (2019). *KP 326 Tahun 2019 Tentang Standar Teknis Dan Operasional Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil Bagian 139 (Manual OF Standard CASR – Part 139) Volume I Bandar Udara (Aerodrome).* Jakarta: Kementrian Perhubungan.
- Direktorat Jendral Perhubungan Udara. (2005). *No SKEP/347/XII/1999 tentang Standar Rancang Bangunan dan Rekayasa Fasilitas dan Peralatan Bandar Udara.* Jakarta: Kementrian Perhubungan.
- Direktorat Jendral Perhubungan Udara. (2005). *SKEP 77/VI/2005 Tentang Persyaratan Teknis Pengoperasian Fasilitas Teknik Bandar Udara.* Jakarta: Kementrian Perhubungan.
- Direktorat Jendral Perhubungan Udara. (2015). *KP 93 Tahun 2015 Pedoman Teknis Operasional Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil Bagian 139-24 (Advisory Circular CASR Part 139-24), Pedoman Perhitungan PCN (Pavement Classifiacion Number ) Pengerasan Prasarana Bandar Udara.* Jakarta: Kementrian Perhubungan.
- Internation Civil Aviatio Organization. (1987). *Doc 9184-An/902 Airport Planning Manual Part 1 Master Planning Secind Edition.* ICAO.

**PROSIDING**  
**SEMINAR NASIONAL INOVASI TEKNOLOGI PENERBANGAN (SNITP) TAHUN 2021**

ISSN : 2548 – 8112 eISSN: 2622 – 8890

- [8] International Civil Aviation Organization. (2013). *Annex 14 Aerodrome Sixth Edition*. Montreal: ICAO.
- [9] Menteri Perhubungan. (2005). *KM 21 Tahun 2005 Pemberlakuan Standar Nasional Ionesia (SNI) 03-7095-2005 Mengenai Marka Dan Rambu Pada Daerah Pergerakan Pesawat udara di Bandar Udara*. Jakarta: Menteri Perhubungan.