# EVALUASI RIGID PAVEMENT APRON BANDARA KALIMARAU BERAU DENGAN METODE *FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION*

**Rahmat[1)] H. Mustakim[2)] Risfadiah[3)]**
Program Studi Teknik Sipil Universitas Balikpapan
Email : rhtrusli@gmail.com

## ABSTRAK

Perkerasan pada apron Bandara Kalimarau Berau sebelumnya menggunakan perkerasan lentur (*flexible pavement*). Mengingat fungsi apron sebagai tempat parkir pesawat dan sebagai tempat pengisian bahan bakar pesawat maka dibutuhkan peningkatan perkuatan struktur apron terhadap beban dan muatan pesawat yang lebih besar serta aman terhadap pengaruh panas blast jet dan limpahan minyak sehingga dilakukanlah rekonstruksi struktur perkerasan apron Bandara Kalimarau Berau menjadi perkerasan kaku (*rigid pavement*). Penulis merencanakan tebal perkerasan kaku (*Rigid Pavement)* pada apron Bandara Kalimarau menggunakan metode FAA (*Federal Aviation Administration*) tanpa tulangan dengan umur rencana 5 dan 10 tahun. Berdasarkan hasil perhitungan desain tebal struktur perkerasan kaku pada apron Bandara Kalimarau Berau menggunakan metode *Federal Aviation Administration* (FAA) yang dilakukan oleh penulis maka didapat data tebal perkerasan kaku (*rigid pavement*) dengan umur rencana 10 tahun sebesar 15 inci (38,10 cm) dan dengan umur rencana 5 tahun adalah sebesar 15 inci (38,10 cm). Tebal perkerasan yang sama pada umur rencana 5 tahun dan 10 tahun terjadi karena jumlah *Annual Departure Equivalent* pada umur 5 tahun dan 10 tahun pada pesawat rencana Airbus A300 masing-masing berjumlah lebih kecil dari 1200 (jumlah minimal *annual departure* pada kurva perencanaan tebal perkerasan untuk *dual wheel gear*). Sehingga apabila dimasukkan nilai *flexural strength*, nilai k dan nilai MTOW pada kurva perencanaan tebal perkerasan untuk 5 tahun dan 10 tahun akan menghasilkan tebal perkerasan yang sama yaitu 15 inci (38,10 cm).

**Kata Kunci :** Bandara, Apron, Perencanaan Perkerasan Kaku, Metode FAA (*Federal* ***Aviation Administration*****)**

*Apron Pavement Berau Kalimarau airport, previously flexible pavement (flexible pavement) was common.The fungtional of airport apron is the area of an airport where aircraft are parked, unload or loaded refueled or boarding, base on demand of loads from larger aircaraft and for safety reason from hot blast jet and oil spill. Increase the retrofitting of structures apron is required in Kalimarau Berau Airport. In this case reconstruction of the structure apron from flexible pavement becomes rigid pavement (rigid pavement).I was planning a thick rigid pavement (Rigid Pavement) on the apron Kalimarau Airport using the FAA (Federal Aviation Administration) metod without reinforcement for 5 and 10 years life time. Based on the results of the design calculations thick rigid pavement structure on the apron Kalimarau Berau airport using the Federal Aviation Administration (FAA) conducted by the author of the voluminous data obtained rigid pavement (rigid pavement) for 10 years lifetime by 15 inches (38.10 cm) and 5 years lifetime by 15 inches (38.10 cm).Thickness's design of pavement for 5 years and 10 yearsoccurred because the number of Annual Departure Equivalent at the age of 5 years and 10 years on the best plan of Airbus A300 respectively amounted to less than 1200 (a minimal amount of annual departure of the curve design pavement thickness for dual wheel gear). Therefore, when flexural strength value's inserted, the value of k and the value MTOW on pavement thickness design curves for 5 years and 10 years would produce the same pavement thickness is 15 inches (38.10 cm).*

***Keywords :*** *Service, Apron, Rigid Pavement Planning, Methods FAA (Federal Aviation Administrasion)*

## 1. PENDAHULUAN

Bandara Kelas II Kalimarau Berau merupakan salah satu bandara di kawasan yang sedang berkembang tepatnya bagian utara Provinsi Kalimantan Timur. Kebutuhan yang paling mendesak saat ini di Bandara Kalimarau Berau adalah pengembangan apron karena apron yang ada sekarang tidak mampu melayani kebutuhan atau permintaan operasi penerbangan, jumlah penumpang dan volume barang. Setiap harinya di bandara ini beroperasi empat jenis pesawat, yaitu ATR-42, ATR-72, B-737-500, dan Bombardier CRJ-1000. Kondisi apron Bandara Kalimarau hanya mampu untuk menampung 3 jenis pesawat yang parkir bersamaan dalam satu waktu.

Perkerasan pada apron Bandara Kalimarau Berau sebelumnya menggunakan perkerasan lentur (*flexible pavement*). Mengingat fungsi apron sebagai tempat parkir pesawat dan sebagai tempat pengisian bahan bakar pesawat maka dibutuhkan peningkatan perkuatan struktur apron terhadap beban dan muatan pesawat yang lebih besar serta aman terhadap pengaruh panas blast jet dan limpahan minyak sehingga dilakukanlah rekonstruksi struktur perkerasan apron Bandara Kalimarau Berau menjadi perkerasan kaku (*rigid pavement*).

Perencanaan perkerasan yang merupakan struktur utama pada konstruksi apron dituntut mampu untuk menerima dan memikul beban pesawat yang direncanakan dengan tepat. Pada saat ini perencanaan struktur perkerasan kaku pada apron Bandara Kalimarau Berau menggunakan Program *Airfield* karena dianggap bisa mendapatkan hasil yang cepat melalui perhitungan dengan metode ini. Sedangkan metode perkerasan kaku pada apron bandara yang umum digunakan selama ini adalah metode FAA karena kelebihannya yaitu metode ini dianggap lebih bisa menerima variasi pergerakan pesawat dan juga peningkatan jumlah pergerakan pesawat di masa yang akan datang maka hal inilah yang mendorong penulis untuk melakukan analisa ulang perencanaan tebal perkerasan kaku pada apron Bandara Kalimarau Berau menggunakan metode FAA (*Federal Aviation Administration*) tanpa tulangan dengan umur rencana 5 dan 10 tahun.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Bandara

Dalam Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 15 Tahun 1992, tanggal 25 Mei 1992, tentang Penerbangan dan Peraturan Pemerintah Nomor 71 Tahun 1996, tanggal 4 Desember 1996, tentang Kebandarudaraan, diperbaharui dengan Peraturan Pemerintah Nomor 70 Tahun 2001, tentang kebandarudaraan, yang dimaksud dengan Bandara Udara adalah lapangan terbang yang digunakan untuk mendarat dengan lepas landas pesawat udara, naik atau turun penumpang, dan atau bongkar muat kargo dan atau pos serta dilengkapi dengan fasilitas keselamatan penerbangan dan sebagai tempat perpindahan antar moda tansportasi. Pelabuhan udara, bandara atau bandara merupakan sebuah fasilitas tempat pesawat terbang dapat lepas landas dan mendarat. Bandara yang paling sederhana minimal memiliki sebuah landas pacu namun bandara-bandara besar biasanya dilengkapi berbagai fasilitas lain, baik untuk operator layanan penerbangan maupun bagi penggunanya.

Suatu bandara mencakup suatu kumpulan kegiatan yang luas yang mempunyai kebutuhan-kebutuhan yang berbeda dan terkadang saling bertentangan antara satu kegiatan dengan kegiatan lainnya. Misalnya kegiatan keamanan membatasi sedikit mungkin hubungan (pintu-pintu) antara sisi darat (*land side*) dan sisi udara (*air side*), sedangkan kegiatan pelayanan memerlukan sebanyak mungkin pintu terbuka dari sisi darat ke sisi udara agar pelayanan berjalan lancar. Kegiatan-kegiatan itu saling tergantung satu sama lainnya sehingga suatu kegiatan tunggal dapat membatasi kapasitas dari keseluruhan kegiatan. Agar usaha-usaha itu harus didasarkan kepada pedoman-pedoman yang dibuat berdasarkan pada rencana induk dan sistem bandara yang menyeluruh, baik berdasarkan peraturan FAA, ICAO(*Internasional Civil Aviation Organization*) ataupun Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 70 Tahun 2001 tentang Kebandarudaraan dan Kepmen

Perhubungan No. KM 44 Tahun 2002 Tentang Tatanan Kebandarudaraan Nasional.

Tata letak bandara secara umum terdiri dari tiga (3) daerah yang disebut sebagai sisi udara, sisi darat, dan terminal. Biasanya, sisi udara yang berada diluar stasiun keamanan penyaringan dan perimeter membatasi (pagar, dinding atau batas lainnya) dan termasuk *runway*, *taxiway*, apron, parkir pesawat dan area pementasan dan fasilitas lainnya yang berhubungan dengan pelayanan dan pemeliharaan pesawat.

Diluar terminal, sisi darat bandara adalah wilayah bandara dan bangunan yang baik penumpang yang berpergian dan orang-orang yang tidak berpergian harus memiliki akses terbatas. Biasanya, fasilitas sisi darat meliputi patron dan tempat parkir umum, jalan raya akses publik, fasilitas sewa mobil, taksi dan area transportasi darat, dan fasilitas hotel di-bandara. Terminal bandara adalah bangunan yang dirancang untuk mengakomodasi kegiatan operator pesawat penumpang. Bandara yang lebih besar sering memiliki lebih dari satu terminal. Dalam hal ini, istilah "terminal" biasanya merujuk pada bangunan utama atau kelompok bangunan tempat dijadwalkan pesawat komersial terjadi atau dari mana orang-orang yang telah melewati proses penyaringan keamanan yang akan melanjutkan ke fasilitas yang berada di tempat lain pada sisi udara tersebut.

## 2.2 Peramalan Pergerakan Keberangkatan (*Forecast Annual Departure*)

Rencana pengembangan suatu lapangan terbang tergantung pada tingkat peramalan untuk masa yang akan datang. Dalam proses peramalan, perlu ditentukan metode peramalan yang diharapkan mendekati kondisi riil di lapangan. Terdapat dua metode yang bisa digunakan yaitu metode regresi linier dan metode ARIMA.

## 2.3 Struktur Perkerasan Bandara

Struktur perkerasan dapat dikelompokkan ke dalam dua golongan, yaitu : struktur perkerasan lentur (*flexible*) dan struktur perkerasan kaku (*rigid)*. Pengelompokkan struktur perkerasan umumnya lebih didasarkan pada bahan perkerasan yang digunakan (Kosasih, 2004).

Perkerasan berfungsi sebagai tumpuan rata-rata pesawat, permukaan yang rata menghasilkan jalan pesawat yang nyaman, dari fungsinya maka harus dijamin bahwa tiap-tiap lapisan dari atas ke bawah cukup kekerasan dan ketebalannya sehingga tidak mengalami '*distress*'(perubahan karena tidak mampu menahan beban (Heru Basuki, 1986). Bandara yang besar pada umumnya menggunakan struktur perkerasan kaku untuk mengantisipasi beban lalu lintas pesawat udara yang relatif beragam baik jenis maupun beratnya. Perkerasan kaku biasanya dipilih untuk ujung landasan, pertemuan antara landas pacu dan taxiway, apron dan daerah-daerah lain yang dipakai untuk parkir pesawat atau daerah-daerah yang mendapat pengaruh panas blast jet dan limpahan minyak (Heru Basuki, 1986).

## 2.4 Karakteristik Pesawat Udara

Karakteristik pesawat udara merupakan data yang sangat diperlukan dalam merencanakan fasilitas dan desain perkerasan pada bandara. Karakteristik pesawat udara yang menjadi acuan dan pertimbangan desain suatu bandara meliputi beban pesawat udara, dimensi pesawat udara dan konfigurasi sumbu roda pesawat udara.

Beban pesawat diperlukan untuk menentukan tebal lapis keras pada *runway*, *taxiway* dan apron. Dimensi pesawat udara menentukan ukuran apron pesawat udara, lebar *runway*, taxiway dan jarak antara *runway* dan *taxiway*. Konfigurasi roda pesawat udara mempengaruhi penyaluran beban pesawat udara ke perkerasan. Berat pesawat udara didistribusikan ke perkerasan melalui roda depan atau roda hidung (*nose gear*) dan roda utama (*main gear*). *Main gear* menerima hampir seluruh beban pesawat udara, 95% beban pesawat udara dibebankan kepada *main gear* sedangkan sekitar 5% sisanya dibebankan kepada *nose gear* (ICAO, 1983).

Di dalam rancangan lalu-lintas pesawat, perkerasan harus melayani beragam macam pesawat yang mempunyai tipe roda pendaratan berbeda-beda dan berlainan beratnya. Pengaruh dari semua jenis model lalu-lintas harus dikonversikan ke dalam

pesawat rencana dengan menggunakan faktor konversi konfigurasi sumbu roda dari tiap jenis pesawat ke pesawat udara desain kritis rencana menggunakan nilai dari ICAO (*International Civil Aviation Organization*) yang dirangkum dalam Tabel 1.

Untuk menentukan tipe roda pendaratan utama pada masing-masing pesawat maka dapat dilihat pengelompokannya berdasarkan konfigurasi tipe roda pendaratan utama tiap jenis pesawat.

**Tabel 1** Faktor Ekivalen Konfigurasi sumbu roda

| **Konversi Konfigurasi Sumbu Roda Pesawat Udara** | | **Faktor Ekivalen *FES*** |
|---|---|---|
| **Dari** | **ke** | |
| Sumbu tunggal roda tunggal (S) | D<br>DT<br>DDT | 0.8<br>0.5<br>0.5 |
| Sumbu tunggal roda ganda (D) | S<br>DT<br>DDT | 1.3<br>0.6<br>0.6 |
| Sumbu tandem roda ganda (DT) | S<br>DT<br>DDT | 2.0<br>1.7<br>1.0 |
| Sumbu tandem roda ganda dobel (DDT) | D<br>DT | 1.7<br>1.0 |

Sumber : ICAO (1983)

### 2.5 Metode Desain Perkerasan Kaku Pada Bandara

Bandara yang besar pada umumnya menggunakan struktur perkerasan kaku untuk *mengantisipasi* beban lalu lintas pesawat udara yang relatif beragam baik jenis maupun beratnya (Kosasih, 2005).

Ujung *runway* (*blast pad*), *taxiway*, dan *apron* harus selalu di desain lebih tebal dari pada bagian tengah *runway*, atau dapat menggunakan struktur perkerasan kaku (*rigid pavement) karena tingginya konsentrasi pesawat udara yang melintas (Yoder, 1975).*

*Metode desain struktur perkerasan kaku landasan pesawat* udara yang umum dikenal antara lain adalah metode *Portland Cement Association* (*PCA*), metode *Federal Aviation Agency* (*FAA*), dan LCN (*Load Classification Number*) dan Program *Airfield*.

## 3. METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Pengumpulan Data

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah:

**a. Data Primer**

Data primer pada penelitian ini adalah jumlah dan jenis pesawat yang beroperasi setiap harinya pada Bandara Kalimarau Berau.

**b. Data Sekunder**

Data sekunder pada penelitian ini berupa:

1. Jumlah dan jenis pesawat yang beroperasi saat ini
2. Jumlah Pergerakan Pesawat selama kurun waktu 2 tahun terkhir yaitu tahun 2014 dan tahun 2015
3. Lay-out apron serta bandara secara keseluruhan
4. Data Tanah (CBR), Tebal *Lean Concrete* dan Beton yang Digunakan

### 3.2 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang dilakukan oleh penulis untuk mendapatkan dan mengumpulkan data adalah sebagai berikut:

1. Observasi lapangan langsung
2. Wawancara
3. Dokumentasi

### 3.3 Tahap Penelitian

1). Membuat ramalan keberangkatan tahunan dari tiap-tiap pesawat yang harus dilayani oleh apron bandara kalimarau berau. Karena Bandara kalimarau berau telah beroperasi beberapa tahun maka lapangan terbang yang telah beroperasi beberapa tahun maka ramalan dibuat dengan memproyeksikan kecenderungan lalu lintas yang ada ke masa depan dengan memasukkan pesawat jenis Airbus A300 sebagai pesawat terbesar yang diperkirakan 5 atau 10 tahun ke depan akan dilayani oleh apron bandara Kalimarau Berau.

2). Menentukan tipe roda pendaratan untuk setiap tipe pesawat.

3). Menghitung *Maximum Take Off Weight* (MTOW) dari setiap tipe pesawat.

4). Menentukan "Pesawat Rencana"
Menggunakan data-data *flexural strength*, harga k, MTOW dan ramalan *annual departure* sebagai bahan untuk menentukan tebal perkerasan dengan memakai kurva perencanaan perkerasan yang dibuat oleh FAA maka pesawat yang menghasilkan tebal perkerasan terbesar ditentukan sebagai pesawat rencana.

5). Mengkonversikan tipe roda pendaratan utama tiap tipe pesawat ke tipe roda pendaratan pesawat rencana. Dari sini di hitung *annual departure* yang dinyatakan dalam roda pendaratan pesawat rencana.

6). Menentukan beban roda pendaratan utama tiap tipe pesawat.

7). Menghitung *Total Equivalent Annual Departure*.

8). Menggunakan harga-harga : flexural strength, harga k, MTOW pesawat rencana dan *equivalent annual departure total* sebagai data untuk menghitung perkerasan rigid dengan kurva perencanaan perkerasan rigid yang sesuai dengan jenis pesawat rencana.

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Membuat ramalan "*Annual Departure*" Pesawat yang Akan Dilayani

Berdasarkan metode FAA yang digunakan sebagai metode perhitungan perencanaan tebal perkerasan bahwa bagi lapangan terbang yang telah beroperasi beberapa tahun, ramalan keberangkatan tahunan dibuat dengan memproyeksikan kecenderungan lalu lintas yang ada ke masa depan maka pihak Unit Pengelola Bandara Kalimarau Berau memperkirakan pesawat jenis Airbus A300 akan beroperasi di Bandara Kalimarau Berau untuk masa yang akan datang dan hal ini sebenarnya sudah didukung oleh panjang landasan saat ini di Bandara Kalimarau yaitu sepanjang 2250 m. Oleh karena itu, ditambahkan pesawat jenis Airbus A300 dalam membuat ramalan keberangkatan tahunan pesawat yang harus dilayani oleh Bandara Kalimarau Berau dalam kurun waktu 5 dan 10 tahun yang akan datang.

**Tabel 2** Keberangkatan tahunan

| Jenis Pesawat | Keberangkatan Tahunan (2014) | Keberangkatan Tahunan (2015) |
|---|---|---|
| ATR-42 | 1010 | 1125 |
| ATR-72 | 928 | 1055 |
| CRJ-1000 | 684 | 697 |
| B737-500 | 726 | 734 |

Sumber : UPBU Kalimarau Berau

**Pesawat jenis Airbus A300** diasumsikan memiliki tingkat ramalan keberangkatan tahunan 365 kali/pertahun yaitu keberangkatan minimal 1 kali sehari untuk umur rencana 5 tahun dan berlaku juga untuk umur rencana 10 tahun. Sedangkan keempat jenis pesawat lainnya yang saat ini sudah beroperasi di Bandara Kalimarau Berau, ramalan keberangkatan tahunannya dihitung dengan menggunakan metode regresi linier untuk mengetahui pertumbuhan pergerakan keberangkatan pesawat selama 5 dan 10 tahun ke depan.

Berikut adalah perhitungan ramalan keberangkatan tahunan pesawat yang dihitung dengan menggunakan metode regresi linier :

**a. Ramalan *Annual Departure* ATR-42**

**Tabel 3** Perhitungan regresi liner *Annual Departure* pesawat ATR-42

| X | y | x.y | $x^2$ |
|---|---|---|---|
| 2014 | 1010 | 2.034.110,00 | 4.056.196,00 |
| 2015 | 1125 | 2.034.110,00 | 4.056.196,00 |
| 4029 | 2135 | 4.301.015,00 | 8.116.421,00 |

Sumber : Hasil analisis

Dari Tabel 3 dapat dilihat bahwa nilai x diambil berdasarkan data tahun keberangkatan yang diperoleh yaitu 2 tahun terakhir, tahun 2014 dan tahun 2015. Lalu nilai y adalah data jumlah total keberangkatan tahunan pesawat Kalstar Aviation jenis ATR-42 pada tahun 2014 dan 2015.

$$\bar{y} = \frac{\sum y}{n} = \frac{2135}{2} = 1067{,}5$$

$$x = \frac{\sum x}{n} = \frac{4029}{2} = 2015$$

$$a_1 = \frac{n\sum x.y - \sum x.\sum y}{n\sum(x)^2} = \frac{(2 \times 4.301.015) - (4029 \times 2135)}{(2 \times 8.116.421) - (4029)^2} = 115{,}00$$

$$a_0 = \bar{y} - a_1.x = 1.067{,}5 - (115{,}00 \times 2015) = -230.600{,}00$$

Persamaan Regresi Linier :

$y = a_0 + a_1.x$ = -230.600,00 + 115 $x_i$

Deviasi Standar Total :

$$St = \sum_{i=1}^{n} (y - \bar{y})^2 = 6.612{,}50$$

$$Sy = \sqrt{\frac{St}{n-1}} = \sqrt{\frac{6.612{,}5}{2-1}} = 81{,}317$$

Kesalahan Taksiran Standar :

$$Sr = \sum_{i=1}^{n} (y - a_0 - a_1.x)^2 = 0$$

$$\frac{Sy}{x} = \sqrt{\frac{Sr}{n-1}} = \sqrt{\frac{0}{1}} = 0$$

Sehingga Sy/x < Sy = 0 < 81,37…….maka model regresi linier di atas dapat diterima.

Koefisian Korelasi :

$$R2 = \frac{St - Sr}{St} = \frac{6.612{,}5 - 0}{6.612{,}5} = 1{,}00$$

Langkah selanjutnya adalah mensubstitusi persamaan regresi untuk mendapatkan ramalan keberangkatan tahunan sesuai dengan umur rencana 5 dan 10 tahun ke depan yaitu tahun 2020 dan tahun 2025. Dengan mensubtitusi persamaan regresi :

$y = a_0 + a_1.x = -230.600 + 115x_i$

Maka dapat diramalkan untuk 5 dan 10 tahun rencana kedepan seperti Tabel 4.

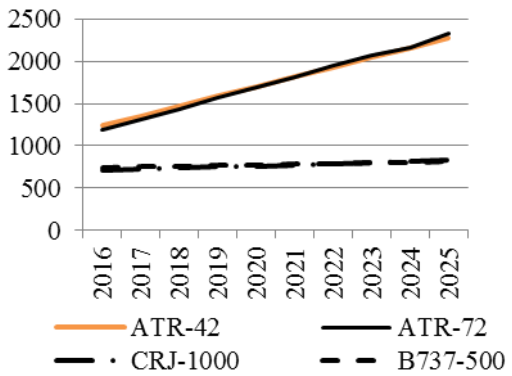
**Tabel 4** Pesawat ATR-42

| Tahun Ke- | Tahun | $y = a_0 + a_1.x = -230.600 + 115x_i$ |
|---|---|---|
| 1 | 2016 | 1240 |
| 2 | 2017 | 1355 |
| 3 | 2018 | 1470 |
| 4 | 2019 | 1585 |
| 5 | 2020 | 1700 |
| 6 | 2021 | 1815 |
| 7 | 2022 | 1930 |
| 8 | 2023 | 2045 |
| 9 | 2024 | 2160 |
| 10 | 2025 | 2275 |

Sumber : Hasil analisis

Berdasarkan perhitungan maka ramalan keberangkatan tahunan untuk pesawat Kalstar Aviation jenis ATR-42 pada tahun kelima (tahun 2020) adalah 1700 kali keberangkatan dan pada tahun kesepuluh (2025) adalah 2275 kali keberangkatan.

Dengan cara yang sama dibuat peramalan untuk ketiga jenis pesawat lainnya yang saat ini beroperasi di Bandara Kalimarau. Hasil peramalan untuk 5 dan 10 tahun kedepan berdasarkan metode regresi linier:




**Gambar 1** Hasil Peramalan Menggunakan Metode Regresi Linier

Ramalan keberangkatan tahunan untuk pesawat yang akan dilayani oleh Bandara Kalimarau Berau untuk kurun waktu 5 dan 10 tahun yang akan datang dapat dilihat dalam rangkuman tabel 5.

**Tabel 5** Ramalan keberangkatan tahunan 5 dan 10 tahun

| Jenis Pesawat | Forecast Annual Departure (Tahun 2020) | Forecast Annual Departure (Tahun 2025) |
|---|---|---|
| ATR-42 | 1700 | 2275 |
| ATR-72 | 1690 | 2325 |
| CRJ-1000 | 762 | 827 |
| B737-500 | 774 | 814 |
| A-300 | 365 | 365 |

Sumber : Hasil Perhitungan

### 4.2 Tipe Roda Pendaratan Untuk Setiap Tipe Pesawat

**Tabel 6** Tipe roda pendaratan

| Jenis Pesawat | Tipe Roda Pendaratan (Konfigurasi Sumbu Roda) |
|---|---|
| ATR-42 | Single Wheel |
| ATR-72 | Single Wheel |
| CRJ-1000 | Single Wheel |
| B737-500 | Single Wheel |
| Airbus A300 | Dual Wheel |

Sumber : Dasar Teori, Heru Basuki (1983)

### 4.3 *Maximum Take Off Weight* (MTOW) dari Setiap Tipe Pesawat

Berat maksimum lepas landas atau *Maximum Take Off Weight* dari setiap pesawat berbeda-beda, tergantung kepada jenis pesawat masing-masing. MTOW telah ditentukan berdasarkan jenis pesawat masing-masing dan dapat dilihat pada tabel karakteristik pesawat oleh FAA.

**Tabel 7** MTOW (*Maximum Take Off Weight*)

| Jenis Pesawat | MTOW (Kg) | MTOW (lbs) |
|---|---|---|
| ATR-42 | 16700 | 36817 |
| ATR-72 | 21500 | 47399 |
| CRJ-1000 | 40824 | 90000 |
| B737-500 | 60555 | 133500 |
| Airbus A300 | 165000 | 363760 |

Sumber : FAA

### 4.4 Pesawat Rencana

Menentukan pesawat rencana dengan langkah-langkah sebagai berikut :

a. Memperkirakan Nilai K dari subgrade
Karena nilai K dari subgrade atau subbase tidak tersedia maka nilai K didapat berdasarkan menggunakan perhitungan interpolasi skala log yang diplotkan pada nilai CBR lalu menarik garis vertikal sehingga menyinggung kurva dan menghasilkan nilai modulus reaksi tanah dasar gabungan sebesar **Nilai $k_0$** = 4 x $10^{-2}$ N/$mm^3$ = 4 x 33,57 pci **= 134,29 pci**

b. Menentukan flexural strength beton
Beton yang digunakan adalah **Beton K-400**, dengan data beton sebagai berikut :
fc' K-400 = 400 kg/$cm^2$
$= \frac{400}{10} \times 0{,}83\ Mpa$
= 33,2 Mpa
Atau = 33,2 x 145,038 Psi
= 4815,26 Psi
Modulus rupture (MR) beton = $K\sqrt{fc'}$,
dengan nilai K=10
Sehingga nilai flexural strength,
$= 10 \times \sqrt{4815{,}26} =$ **693,92 psi**

c. Dengan menggunakan data-data ramalan annual departure, MTOW, harga K dan *flexural strength* beton maka dapat ditentukan tebal perkerasan yang diperlukan dengan memakai kurva rencana yang sesuai dengan masing-masing tipe pesawat.

### 4.5 Mengkonversikan Tipe Roda Pendaratan (R2)

Mengkonversikan tipe roda pendaratan tiap tipe pesawat yang diramalkan harus dilayani ke pesawat rencana dengan mengunakan Tabel 8. Berdasarkan tabel tersebut maka kelima jenis tipe pesawat tersebut harus dikonversi dengan faktor ekivalen sumbu roda ke sumbu roda pendaratan utama **pesawat rencana (Airbus A300).** Selanjutnya di hitung annual departure yang dinyatakan dalam roda pendaratan pesawat rencana.

$R_2$ = Faktor Konversi (FES) x Keberangkatan Tahunan (*Annual Departure*)

**Tabel 8** Konversi tipe roda pendaratan ke tipe roda pendaratan pesawat rencana (5 Tahun)

| Jenis Pesawat | Konversi Konfigurasi Sumbu Roda Pesawat Udara | | FES | Annual Departure (2020) | (R2) |
|---|---|---|---|---|---|
| | Dari | Ke | | | |
| ATR-42 | Single Wheel | Dual Wheel | 0.8 | 1700 | 1360 |
| ATR-72 | Single Wheel | Dual Wheel | 0.8 | 1690 | 1352 |
| CRJ-1000 | Single Wheel | Dual Wheel | 0.8 | 762 | 610 |
| B737-500 | Single Wheel | Dual Wheel | 0.8 | 774 | 619 |
| A-300 | Dual Wheel | Dual Wheel | 1 | 365 | 365 |

Sumber : Hasil Perhitungan

**Tabel 9** Konversi tipe roda pendaratan ke tipe roda pendaratan pesawat rencana (10Tahun)

| Jenis Pesawat | Konversi Konfigurasi Sumbu Roda Pesawat Udara | | FES | Annual Departure (2025) | (R2) |
|---|---|---|---|---|---|
| | Dari | Ke | | | |
| ATR-42 | Single Wheel | Dual Wheel | 0.8 | 2275 | 1820 |
| ATR-72 | Single Wheel | Dual Wheel | 0.8 | 2325 | 1860 |
| CRJ-1000 | Single Wheel | Dual Wheel | 0.8 | 827 | 662 |
| B737-500 | Single Wheel | Dual Wheel | 0.8 | 814 | 651 |
| A-300 | Dual Wheel | Dual Wheel | 1 | 365 | 365 |

Sumber : Hasil Perhitungan

### *4.6 Wheel Load* Tiap Tipe Pesawat

$W^2$ untuk masing-masing tipe pesawat dual wheel dengan jumlah roda pendaratan 4 buah

$$W_2 = \frac{\text{MTOW x 95\%}}{4}$$

Berdasarkan rumus diatas maka dibuatlah perhitungan masing-masing jenis pesawat yang akan dilayani oleh perkerasan sebagai berikut:

1. Pesawat ATR-42
   $W_2$ = 8744,0375
2. Pesawat ATR-72
   $W_2$ = 11257,2625
3. Pesawat CRJ-1000
   $W_2$ = 21375
4. Pesawat B737-500
   $W_2$ = 31706,25
5. Pesawat Airbus A300
   $W_2$ = 43196,5

Berat roda pendaratan utama pada pesawat rencana ($W_1$) yaitu Airbus A300 dihitung dengan cara yang sama seperti di atas dan menghasilkan 43196,5 (43197) lbs.

Selanjutnya hasil perhitungan keseluruhan beban roda pendaratan utama masing-masing tipe pesawat dirangkum dan dapat dilihat pada Tabel 10.

**Tabel 10** Beban roda pendaratan utama

| Jenis Pesawat | MTOW (lbs) | Roda Pada Main Gear | % Beban Main Gear | Wheel Load (lbs) $W_2$ |
|---|---|---|---|---|
| ATR-42 | 36817 | 4 | 95 | 8744 |
| ATR-72 | 47399 | 4 | 95 | 11257 |
| CRJ-1000 | 90000 | 4 | 95 | 21375 |
| B737-500 | 133500 | 4 | 95 | 31706 |
| A-300 | 363760 | 8 | 95 | 43197 |

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari tabel 10 dapat kita lihat bahwa pesawat dengan beban roda pendaratan utama terbesar adalah pesawat jenis Airbus A300 dengan beban senilai 43197 lbs.

### 4.7 Equivalent Annual Departure Pesawat Rencana ($R_1$)

Ekivalen annual departure pesawat rencana ($R_1$) untuk umur rencana 5 tahun, dihitung berdasarkan rumus berikut:

$$Log\ R_1 = Log\ R_2 \left[\frac{W2}{W1}\right]^{½}$$

Menghitung $R_1$ (*Ekivalen Annual Departure*) terhadap pesawat rencana dengan persamaan di atas :

a. Pesawat ATR- 42
   $Log\ R_1 = 1{,}40981$
   $R_1 = 25{,}6927$
b. Pesawat ATR-72
   $Log\ R_1 = 1{,}5978$
   $R_1 = 39{,}60$
c. Pesawat CRJ 1000
   $Log\ R_1 = 1{,}959308848$
   $R_1 = 91{,}05605865$
d. Pesawat B737-500
   $Log\ R_1 = 2{,}391724907$
   $R_1 = 246{,}91629$
e. Pesawat Airbus A-300
   $Log\ R_1 = 2{,}562292864$
   $R_1 = 365$

Hasil R1 seperti yang tertera dalam tabel 11.

**Tabel 11** *Total Ekivalen Annual Departure* pesawat rencana tahun 2020

| Jenis Pesawat | (R2) | Wheel Load (lbs) W2 | Wheel Load (lbs) W1 | (R1) |
|---|---|---|---|---|
| ATR-42 | 1360 | 8744 | 43197 | 26 |
| ATR-72 | 1352 | 11257 | 43197 | 40 |
| CRJ-1000 | 609600 | 21375 | 43197 | 91 |
| B737-500 | 619200 | 31706 | 43197 | 246 |
| A-300 | 365 | 43197 | 43197 | 365 |
| *Total Ekivalen Annual Departure* ($R_1$) | | | | 768 |

Sumber : Hasil Perhitungan

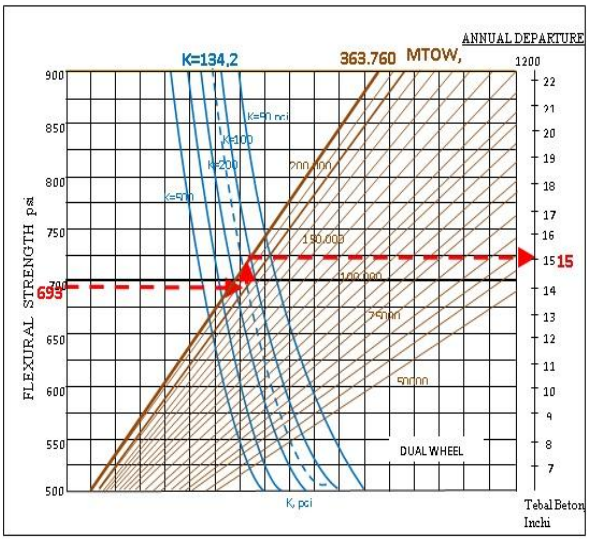
**Tabel 12** *Total Ekivalen Annual Departure* pesawat rencana tahun 2025

| Jenis Pesawat | ($R_2$) | Wheel Load (lbs) $W_2$ | Wheel Load (lbs) $W_1$ | ($R_1$) |
|---|---|---|---|---|
| ATR-42 | 1360 | 8744 | 43197 | 29 |
| ATR-72 | 1352 | 11257 | 43197 | 47 |
| CRJ-1000 | 609600 | 21375 | 43197 | 96 |
| B737-500 | 619200 | 31706 | 43197 | 257 |
| A-300 | 365 | 43197 | 43197 | 365 |
| Total Ekivalen Annual Departure (R1) | | | | 794 |

Sumber : Hasil Perhitungan

### 4.8 Tebal Perkerasan Rigid dengan Kurva

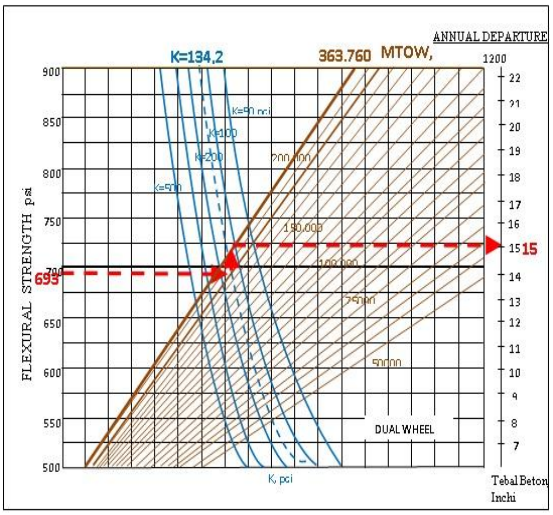
Dengan menggunakan data-data MTOW pesawat rencana yaitu **Airbus A300** dengan nilai **MTOW sebesar 363.760 lbs**, **flexural strength** beton **yaitu 693,92 psi**, harga **K = 369,32 pci** dan **nilai *Total Ekivalen Annual Departure* untuk umur rencana 5 tahun (2020) sebesar 768** maka dibuatlah perencanaan tebal perkerasan rigid dengan menggunakan kurva rencana yang sesuai yaitu kurva perencanaan perkerasan rigid untuk pesawat dengan jenis konfigurasi roda pendaratan utama dual wheel seperti berikut ini :




**Gambar 2** Kurva perencanaan perkerasan *rigid dual wheel gear* (pesawat A300) dengan umur rencana 5 tahun (2020)
Sumber : FAA

Pada Gambar 2, kurva perencanaan perkerassan rigid dual gear untuk jenis pesawat Airbus A300 dapat dilihat bahwa tegangan lentur adalah sebesar 693 Psi diplotkan sebelah kiri pada kurva desain untuk konfigurasi roda dual wheel. Selanjutnya ditarik garis mendatar sehingga menyinggung nilai k sebesar 134,2 pci, kemudian ditarik garis vertikal sehingga menyinggung nilai MTOW sebesar 363.760 lbs lalu ditarik lagi garis mendatar sampai menyinggung garis jumlah annual departure dan menghasilkan nilai tebal plat beton sebesar 15 in atau 38,1 (38) cm untuk umur rencana 5 tahun (2020).

Selanjutnya dengan cara yang sama yaitu dengan menggunakan data-data MTOW pesawat rencana (Airbus A300) dengan nilai **MTOW sebesar 363.760 lbs**, ***flexural strength* beton yaitu 693 psi**, **harga K = 369,32 pci dan nilai *Total Ekivalen Annual Departure* untuk umur rencana 10 tahun (2025) sebesar 794** maka dibuatlah perencanaan tebal perkerasan rigid dengan menggunakan Gambar 3.

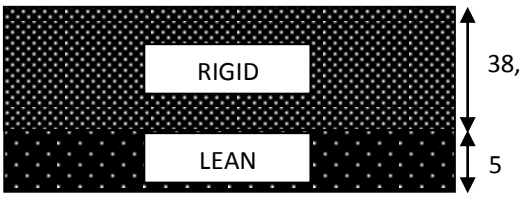



**Gambar 3** Kurva perencanaan perkerasan *rigid dual wheel gear* (Pesawat A300) dengan umur rencana 10 tahun (2025)
Sumber : FAA

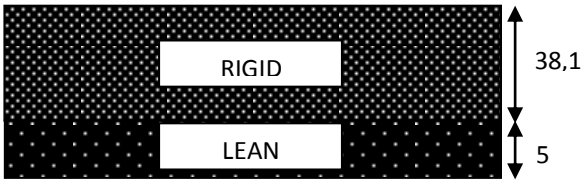
Pada Gambar 3, kurva perencanaan perkerasan *rigid dual gear* untuk jenis pesawat Airbus A300 dapat dilihat bahwa tegangan lentur adalah sebesar 693 Psi diplotkan sebelah kiri pada kurva desain untuk konfigurasi roda *dual wheel*. Selanjutnya ditarik garis mendatar sehingga menyinggung nilai k sebesar 134,2 pci, kemudian ditarik garis vertikal sehingga menyinggung nilai MTOW sebesar 363.760 lbs lalu ditarik lagi garis mendatar sampai menyinggung garis jumlah *annual departure* dan menghasilkan nilai tebal plat beton sebesar 15 in atau 38,1 (38) cm untuk umur rencana 10 tahun (2025).

Gambar 4 memperlihatkan struktur perkerasan kaku dengan tebal *lean concrete* 5 cm dan tebal perkerasan kaku untuk umur rencana 5 tahun dan umur rencana sepuluh tahun berdasarkan hasil perhitungan metode FAA (*Federal Aviation Administration*) adalah 38,1 cm

Berdasarkan hasil perhitungan desain tebal struktur perkerasan kaku pada apron Bandara Kalimarau Berau menggunakan metode *Federal Aviation Administration*(FAA) maka didapat data tebal perkerasan kaku (*rigid pavement*) **dengan umur rencana 5 tahun sebesar 15 inci (38,10 cm)** dan **dengan umur rencana 10 tahun adalah sebesar 15 inci (38,10 cm)**. Tebal perkerasan yang sama pada umur rencana 5 tahun dan 10 tahun terjadi karena jumlah *Annual Departure Equivalent* pada umur 5 tahun dan 10 tahun pada pesawat rencana Airbus A300 masing-masing berjumlah lebih kecil dari 1200 (jumlah minimal *annual departure* pada kurva perencanaan tebal perkerasan untuk dual wheel gear). Sehingga apabila dimasukkan nilai *flexural strength*, nilai k dan nilai MTOW pada kurva perencanaan tebal perkerasan untuk 5 tahun dan 10 tahun akan menghasilkan tebal perkerasan yang sama yaitu 15 inci (38,10 cm).




**Gambar 4** Tebal perkerasan *rigid pavement* umur rencana 5 tahun
Sumber : Hasil analisis




**Gambar IV.16** Tebal

**Gambar 5** Tebal perkerasan *rigid pavement* umur rencana 10 tahun
Sumber : Hasil analisis

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan desain tebal struktur perkerasan kaku pada apron Bandara Kalimarau Berau menggunakan metode *Federal* Aviation *Administration* (FAA) maka didapat data tebal perkerasan kaku (*rigid pavement*) dengan umur rencana 10 tahun sebesar 15 inci (38,10 cm) dan dengan umur rencana 5 tahun adalah sebesar 15 inci (38,10 cm). Tebal perkerasan yang sama pada umur rencana 5 tahun dan 10 tahun terjadi karena jumlah *Annual Departure Equivalent* untuk umur rencana 5 tahun dan 10 tahun pada pesawat rencana Airbus A300 masing-masing berjumlah lebih kecil dari 1200 (jumlah minimal *annual departure* pada kurva perencanaan tebal perkerasan untuk *dual wheel gear*). Sehingga untuk 5 tahun dan 10 tahun akan menghasilkan tebal perkerasan yang sama yaitu 15 inci (38,10 cm).

## DAFTAR PUSTAKA


Bhanot, *A Text Book on Highway Engineering and Airport*, Chand & Company LTD, New Delhi, 1983

D. Kosasih, Analisa Kerusakan Retak Lelah Pada Struktur Perkerasan Kaku Landasan Pesawat Udara Dengan Menggunakan Program Airfield, *Jurnal Teknik Sipil*, ITB, Bandung, 2005

E. J. Yoder dan M. W. Witczak, *Principles of Pavement Design*, Edisi Kedua, John Wileys & Sons Inc, New York, 1975

Federal Aviation Adminisstration, *Airport Design AC 150/5300-13A*, US. Departement Transportation

H. Basuki, *Merancang Merencana Lapangan Terbang*, Penerbit Alumni, Bandung, 1986.

H. Saodang, *Konstruksi Jalan Raya*, Penerbit Nova, Bandung, 2005

International Civil Aviation Organization, *Aerodome Standards*, Edisi Ketiga, 1999

Pieter Harry Agung Widodo, Analisis *Desain Tebal Struktur Perkerasan Kaku Dengan Metode PCA Dan FAA Pada Apron Bandar Udara Adi Sumarmo Surakarta*, Skripsi, Teknik Sipil UAJY, 2009

R. Horonjeff dan Francis X. Mckelvey, *Planning and Design of Airport*, Jilid I, Edisi Ketiga, terjemahan Budianto Susanto, Penerbit Erlangga, 1993.

Selfia J. Permana, *Studi Perencanaan Pengembangan Landas Pacu (Runway) dan Landas Hubung (Taxiway) Bandara Abdul Rachman Saleh Malang*, Skripsi, Teknik Sipil FTSP ITS, 2013.

S. Hendarsin, *Perencanaan Teknik Jalan Raya*, Penerbit Politeknik Negeri Bandung, Bandung, 2000.

Sandhyafitri, Teknik Lapangan Terbang I, *Jurnal Teknik Sipil*, Universitas Riau, Pekanbaru, 2005


= 693,92 psi