

# ANALISIS PERPANJANGAN RUNWAY BANDAR UDARA INTERNASIONAL ADI SOEMARMO SOLO JAWA TENGAH

Any Suryanie <sup>1)</sup> dan Ir. Hary Moetriono MSc. <sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Teknik Sipil, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya, Jl. Semolowaru No 45 Surabaya  
Email : [Suryanieany@gmail.com](mailto:Suryanieany@gmail.com)

<sup>2)</sup>Teknik Sipil, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya, Jl. Semolowaru No 45 Surabaya  
Email : [hary\\_moetriono@yahoo.com](mailto:hary_moetriono@yahoo.com)

## ABSTRACT

*Solo City is one of the cities that has the largest airport in Central Java, namely Adi Soemarmo International Airport. Adi Soemarmo Airport has a runway length of 2600 m x 45 m. To make the city of Solo a hub in Java, where major cities outside Java, especially East and West Indonesia can land directly in Solo, Adi Soemarmo Airport requires development. Adi Soemarmo Solo Airport development is planned to add flight routes and international passengers (Source: <http://www.dephub.go.id>).*

*Based on the results of calculations that refer to the International Civil Aviation Organization (ICAO) standard with Boeing 777-300ER and 747-100 planes, a runway length of 3,700 m is needed. For runway capacity, the annual demand of 31,676 operations per year is smaller than the annual service volume of 210,000 operations per year so that the runway capacity has not been exceeded. To determine runway pavement thickness using planes with the largest single wheel load, namely B747-100 so that B-777-300ER is not used. For pavement thickness using Equivalent Aircraft Method from FAA with CBR Method Flexible Pavement B-747-100 graph calculation. Results:*

*a. The total pavement thickness is 31 in  $\approx$  89 cm.*

*b. Surface thickness (P-403 HMA) of 5 in  $\approx$  13 cm.*

*c. Base course thickness (P-304 Cement Treat Base) is 6 in  $\approx$  15 cm.*

*d. The thickness of the subbase course (P-154 sub-course) is 24 in  $\approx$  61 cm.*

*For the calculation of drainage, the result is a closed channel (pipe) with an inlet dimension of 0.25 m x 0.25 m with a distance between 50 m inlet.*

*Keywords: Runway Capacity, Flexural Pavement Thickness, Drainage*

## 1. PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Kota Solo merupakan salah satu kota yang memiliki bandar udara terbesar di Jawa Tengah yaitu Bandar Udara Internasional Adi Soemarmo. Bandara Adi Soemarmo memiliki panjang runway 2600 m x 45 m, luas apron 420 m x 135 m, dan parking stand yang dapat menampung 10 pesawat. Luas terminal 13.000 m<sup>2</sup> dengan kapasitas 1.525.013 penumpang per tahun, dan parkir mobil seluas 29.000 m<sup>2</sup> yang dapat menampung 330 kendaraan dan pesawat yang beroperasi terbesar adalah Airbus 330 yang membutuhkan panjang landasan pacu untuk take off sebesar 2300 m dan untuk landing sebesar 1800 m dengan kapasitas penumpang sebanyak 295 penumpang (Sumber : PT Angkasa Pura I, 2018).

Untuk menjadikan kota Solo sebagai pusat penghubung penerbangan di Jawa, dimana kota-kota besar di luar Jawa khususnya Indonesia bagian Timur dan Barat dapat mendarat langsung di Solo, maka Bandara Adi Soemarmo memerlukan pengembangan. Pengembangan Bandara Adi Soemarmo Solo direncanakan akan menambah rute penerbangan tujuan luar Jawa maupun internasional. Untuk mengimplementasikan hal tersebut maka banyak hal yang harus dilakukan yaitu, menambah kapasitas terminal yang luasnya 13.000 m<sup>2</sup> menjadi 26.000 m<sup>2</sup>. Runway diperpanjang yang awalnya 2600 m, bertahap menjadi 2800 m, dan kemudian menjadi 3000 m sehingga pesawat wide body (Sumber : <http://www.dephub.go.id>).

Dalam hal ini pesawat rencana yang digunakan yaitu Boeing 747-100 dan B777-300ER. Dimana pesawat Boeing 747-100 yang membutuhkan panjang landasan pacu untuk *take off* sebesar 3190 m dan untuk landing sebesar 1900 m dengan kapasitas penumpang sebesar 451 penumpang. Dimana pesawat Boeing 777 yang membutuhkan panjang landasan pacu untuk *take off* sebesar 3000 m dan untuk landing sebesar 1800 m dengan kapasitas penumpang sebesar 451 penumpang (Sumber : <http://elearning.iains.lu/aircraftperformance>).

### **Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang diatas, maka akan muncul beberapa masalah yang akan dibahas dalam Tugas Akhir ini, diantaranya sebagai berikut :

1. Bagaimana kapasitas tahunan *runway* Bandara Adi Soemarmo menurut ICAO?
2. Berapa hasil perhitungan tebal perkerasan pertambahan panjang *runway* di Bandara Adi Soemarmo dengan menggunakan Boeing 747-100 dan Boeing 777-300ER sebagai pesawat rencana?
3. Berapa hasil perhitungan drainase pertambahan panjang *runway* di Bandara Adi Soemarmo?

### **Tujuan Masalah**

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui kapasitas tahunan *runway* Bandara Adi Soemarmo menurut ICAO.
2. Mengetahui tebal perkerasan pertambahan panjang *runway* di Bandara Adi Soemarmo dengan menggunakan Boeing 747-100 dan Boeing 777-300ER sebagai pesawat rencana.
3. Mengetahui drainase pertambahan panjang *runway* di Bandara Adi Soemarmo.

## **2. TINJAUAN PUSTAKA**

### **Penerbangan**

Menurut Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 1 Tahun 2009 tentang Penerbangan, Penerbangan adalah satu kesatuan sistem yang terdiri atas pemanfaatan wilayah udara, pesawat udara, bandar udara, angkutan udara, navigasi penerbangan, keselamatan dan keamanan, lingkungan hidup, serta fasilitas penunjang dan fasilitas umum lainnya.

### **Bandar Udara**

Bandar Udara adalah Wilayah tertentu di darat atau air (termasuk bangunan, instalasi dan peralatan) yang dimaksudkan untuk digunakan, baik seluruhnya atau sebagian, untuk kedatangan, keberangkatan dan pergerakan darat pesawat (ICAO *Annex 14 Volume I*, 2013).

### **Perhitungan panjang *runway* menurut ICAO**

Apabila tidak tersedia manual karakteristik performa pesawat rencana, maka panjang *runway* dihitung dengan perhitungan ICAO. Panjang *runway* didapatkan dengan memperhitungkan faktor koreksi umum, yaitu sebagai berikut (Sartono,dkk, 2016) :

- a. Panjang *runway* dasar (*basic runway length*) ditentukan berdasarkan asumsi kondisi di suatu bandar udara, yaitu sebagai berikut :
  - Ketinggian bandar udara berada pada ketinggian muka air laut,
  - Temperatur di bandar udara adalah temperatur standar 15°C (59°F),
  - *Runway* rata/tidak memiliki kemiringan ke arah longitudinal,
  - Tidak ada angin yang berhembus di *runway*,
  - Pesawat berkapasitas muatan penuh,
  - Tidak ada angin yang berhembus ke tempat tujuan,
  - Temperatur penjelajahan pesawat adalah temperatur standar.
- b. Panjang *runway* yang diisyaratkan dapat ditentukan dengan menggunakan panjang *runway* dasar (*basic runway length*) dan mengalikan dengan angka koreksi untuk

setiap perubahan elevasi, temperatur dan *runway gradient* (kelandaian *runway*) di lokasi *runway* dibangun.

- Koreksi untuk elevasi

$$F_e = 1 + 0,07 \times \frac{h}{300} \quad (2.1)$$

dengan :

$F_e$  = koreksi untuk elevasi

$h$  = elevasi bandar udara (m)

- Koreksi untuk temperatur

$$F_t = 1 + 0,01 \times [T_t - (15 - 0,0065 \times h)] \quad (2.2)$$

dengan :

$F_t$  = koreksi untuk temperatur

$T_t$  = temperatur bandara/aerodrome ( $^{\circ}\text{C}$ )

$h$  = elevasi bandar udara (m)

- Koreksi untuk kelandaian (*gradient*)

$$F_g = 1 + 0,1 \times G \quad (2.3)$$

dengan :

$F_g$  = koreksi untuk kelandaian (*gradient*)

$G$  = *gradient* efektif *runway* (%)

Untuk panjang *runway* rancangan atau panjang *runway* aktual dapat ditentukan dengan rumus :

$$L_a = L_b \times F_e \times F_t \times F_g \quad (2.4)$$

dengan :

$L_a$  = panjang aktual *runway* (m)

$L_b$  = panjang *basic runway* (m)

$F_e$  = koreksi untuk elevasi

$F_t$  = koreksi untuk temperatur

$F_g$  = koreksi untuk *gradient* (kelandaian)

### ***Equivalent Aircraft Method***

Rumus yang digunakan untuk menentukan *Equivalent Aircraft Method* adalah (Horonjeff, R. dan McKevey, F. 1993):

$$\text{Log } R_1 = \text{Log } R_2 \times \left[ \frac{W_2}{W_1} \right]^{1/2} \quad (2.5)$$

Dimana :

$R_1$  = *Equivalent Annual Departure*

$R_2$  = Konversikan Tipe Roda pesawat yang akan dilayani ke Tipe Roda Pesawat Rencana

$W_1$  = beban satu roda pada main gear dengan menganggap beban pada main gear 95% dari MTOW pesawat rencana

$W_2$  = beban satu roda pada main gear dengan menganggap beban pada main gear 95% dari MTOW pesawat

### **Drainase Bandar Udara**

Metode rasional direkomendasikan untuk perhitungan limpasan dari permukaan bandara, terutama untuk area drainase kurang dari 200 hektar. Metode dinyatakan dengan persamaan (Ashford, dkk, 2011) :

$$Q = C I A \quad (2.6)$$

dengan :

$Q$  = limpasan (cfs)

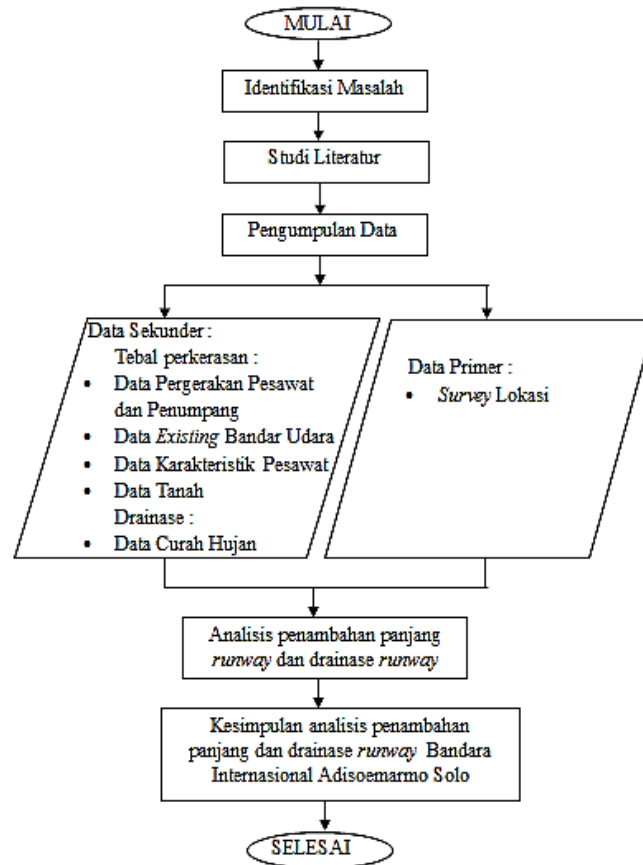
$C$  = limpasan koefisien

$I$  = intensitas curah hujan (dalam / jam untuk perkiraan waktu konsentrasi)

$A$  = luas drainase (hektar); area dapat ditentukan dari survei lapangan, peta topografi, atau foto udara.

### 3. METODE PENELITIAN

#### Diagram Alir



Gambar 3.1 Diagram Alir

#### Tinjauan Umum

##### 1. Lokasi Penelitian

Bandar Udara Internasional Adi Soemarmo Solo, Jl. Bandara Adisumarmo - Surakarta, Kec. Ngemplak, Kab. Boyolali, Jawa Tengah.



Gambar 3.3 Lokasi Bandar Udara Adi Soemarmo Solo  
(Google Earth, 2018)

##### 2. Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah data primer dan data sekunder yang diperoleh dari PT. Angkasa Pura I Solo dan PT. PP Tbk. data yang diambil antara lain :

###### a. Data Primer :

- Foto kondisi Bandar Udara Internasional Adi Soemarmo Solo

###### b. Data Sekunder :

- Data *Existing* Bandar Udara Internasional Adi Soemarmo Solo

- Data Pergerakan Pesawat dan Penumpang
- Data Karakteristik Pesawat Terbang
- Data Tanah

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### Kapasitas *Runway*

##### a. Menentukan VFR, IFR dan ASV

Menurut Keputusan Menteri NO. 44 Tahun 2002 dan Peraturan FAA AC: 150/5060-5 tentang *Airport Capacity and Delay*, dasar perhitungan yang dapat digunakan sebagai pengecekan kebutuhan *runway* apakah perlu dilakukan pengembangan ataukah tidak adalah kapasitas landas pacu tahunan.

Langkah – langkah perhitungan untuk mendapatkan angka kapasitas landas pacu tahunan adalah sebagai berikut:

1. Mengelompokkan jenis pesawat sesuai dengan berat lepas landas maksimum (MTOW), yang dimiliki pesawat.

**Tabel 4.1** Kelas pesawat berdasarkan MTOW

NO.	TYPE PESAWAT	KELAS PESAWAT
1	A 320	C
2	A 330	D
3	ATR 72	C
4	B 732	C
5	B 733	C
6	B 734	C
7	B 735	C
8	B 737	C
9	B 738	C
10	B 739	C

Sumber : (Haryanto, dkk, 2015)

2. Menghitung presentase jumlah tiap kelas pesawat.

Tipe kelas pesawat C = 90%.

Tipe kelas pesawat D = 10%.

3. Menghitung Mix ideks, dengan Rumus


$$MI = C + 3D$$

$$MI = 90 + (3 \times 10)$$

$$MI = 120$$

4. Mengeplotkan nilai mix index ke dalam Tabel Kapasitas Landas Pacu Tahunan yang ada di dalam Keputusan Menteri No. 44 Tahun 2002, sehingga didapatkan nilai kapasitas jam (*hourly capacity*) dan volume pelayanan tahunan ( *Annual Service Volume*, ASV).

**Tabel 4.2** Kapasitas landasan pacu per tahun di Bandar Udara Adisoemarmo

Konfigurasi	Diagram Konfigurasi Landas Pacu	Mix Index Persen (C+3D)	Kapasitas Jam (operasi per jam)		Annual Service Volume (operasi per tahun)
			VFR	IFR	
A Landas pacu tunggal		0 – 20	98	59	230.000
		21 – 50	74	57	195.000
		51 – 80	63	56	205.000
		81 - 120	55	53	210.000
		121 - 180	51	50	240.000

Sumber : (Keputusan Menteri No. 44 Tahun 2002)

Dengan nilai mix index = 120, maka diperoleh nilai:

- VFR = 55 operasi per jam
- IFR = 53 operasi per jam
- *Annual Service Volume* = 210.000 operasi per tahun

- b. Menentukan pergerakan pesawat yang ada (*annual demand*) di Bandar Udara Adisoemarmo.

**Tabel 4.3** Data arus lalu lintas angkutan udara Bandar Udara Adisoemarmo

NO.	TAHUN	PESAWAT		Jumlah
		DOMESTIK	INTERNASIONAL	
1	2014	23157	709	23866
2	2015	24586	827	25413
3	2016	28432	502	28934
4	2017	31676	804	32480

Sumber : (PT Angkasa Pura I, 2018)

Dengan Data arus lalu lintas angkutan udara Bandar Udara Adisoemarmo maka diambil yang terbesar yaitu pada tahun 2017 dengan jumlah 32.480 operasi per tahun.

- c. Membandingkan ASV hasil perhitungan dengan pergerakan pesawat yang ada (*annual demand*).

$$\begin{aligned} \text{Annual demand} &< \text{ASV} \\ 32.480 \text{ (pesawat/tahun)} &< 210.000 \text{ (pesawat/tahun)} \end{aligned}$$

Karena *annual demand* lebih kecil dari *annual service volume* maka kapasitas *runway* belum terlampaui.

**Perancangan Geometrik Runway dengan Pesawat Rencana**

- a. Panjang *runway* rencana dihitung dengan persamaan :

$$L_a = L_b \times F_e \times F_t \times F_g$$

- b. ARFL

$$L_b = 3.120 \text{ m}$$

- c. Koreksi untuk elevasi ( $F_e$ )

$$F_e = 1 + 0,07 \times \frac{h}{300}$$

$$F_e = 1 + 0,07 \times \frac{127,4}{300}$$

$$F_e = 1,029$$

d. Koreksi untuk temperatur ( $F_t$ )

$$F_t = 1 + 0,01 \times [Tt - (15 - 0,0065 \times h)]$$

$$F_t = 1 + 0,01 \times [28 - (15 - 0,0065 \times 127,4)]$$

$$F_t = 1,13$$

e. Koreksi untuk kelandaian (*gradient*)

$$F_g = 1 + 0,1 \times G$$

$$G = \frac{\text{ElevasiMaksimum} - \text{ElevasiMinimum}}{\text{PanjangRunway}} \times 100\%$$

$$G = \frac{127,4 - 115,8}{2600} \times 100\%$$

$$G = 0,0045$$

$$F_g = 1 + 0,1 \times 0,0045$$

$$F_g = 1,0004$$

f. Panjang *runway* Terkoreksi dengan pesawat rencana Boeing 777-300ER

$$L_a = L_b \times F_e \times F_t \times F_g$$

$$L_a = 3.120 \times 1,029 \times 1,13 \times 1,0004$$

$$L_a = 3.629,3 \text{ m} \approx 3.700 \text{ m}$$

**Tabel 4.4** Panjang *runway* Terkoreksi dengan pesawat rencana

Tipe Pesawat	Panjang <i>runway</i> terkoreksi La (m)
B777-300 ER	3700
B747-100	3600

Sumber : (Olahan Penulis)

Jadi panjang (L) *runway* tambahan.

$$L_{runway} \text{ eksisting} = 2.600 \text{ m}$$

L *runway* terkoreksi diambil dari *runway* terkoreksi maksimum dengan pesawat rencana yaitu Boeing 777-300ER = 3.700 m

$$\begin{aligned} L_{runway} \text{ tambahan} &= L_{runway} \text{ terkoreksi} - L_{runway} \text{ eksisting} \\ &= 3.700 - 2.600 \\ &= 1.100 \text{ m} \end{aligned}$$

### Perencanaan Tebal Perkerasan Penambahan Panjang *Runway*

Menghitung *Annual Forecasting Depature* untuk pesawat rencana, yaitu Boeing 777-300ER dan B747-100.

- Diketahui Boeing 777-300ER akan beroperasi 1 pesawat/ hari dalam 1 tahun (365 hari) jadi: Boeing 777-300ER = 1 pesawat/ hari x 365 hari = 365 pesawat/tahun.
- Diketahui Boeing 747-100 akan beroperasi 1 pesawat/ hari dalam 1 tahun (365 hari) jadi: Boeing 747-100 = 1 pesawat/ hari x 365 hari = 365 pesawat/tahun.

Mengkonversikan Tipe Roda pesawat yang akan dilayani ke Tipe Roda Pesawat Rencana (R2)

$$R_2 = \text{Annual Depature} \times \text{Multiply Depatures}$$

Pesawat A 320

$$R_2 = 2.252 \times 0,64 = 1.441,28 \text{ pesawat/tahun}$$

Menghitung beban satu roda pada main gear dengan menganggap beban pada main gear 95% dari MTOW pesawat (W<sub>2</sub>).

$$W_2 = \text{MTOW} \times 0,95 \times \frac{1}{n}$$

Pesawat A 320

$$W_2 = 73.900 \times 0,95 \times \frac{1}{2} = 35.102 \text{ kg.}$$

Menghitung beban satu roda pada main gear dengan menganggap beban pada main gear 95% dari MTOW pesawat rencana (W<sub>1</sub>).

$$W_2 = \text{MTOW} \times 0,95 \times \frac{1}{n}$$

Pesawat B 747-100

$$W_1 = 333.400 \times 0,95 \times \frac{1}{4} = 79.182,5 \text{ kg.}$$

Menghitung R<sub>1</sub> (*Equivalent Annual Departure*) terhadap pesawat rencana.

$$\text{Log } R_1 = \text{Log } R_2 \times \left[ \frac{W_2}{W_1} \right]^{\frac{1}{2}}$$

Pesawat A 320

$$\text{Log } R_1 = \text{Log } 1.441,28 \times \left[ \frac{35.102}{79.182,5} \right]^{\frac{1}{2}} = 2,10$$

$$R_1 = 125,89 \text{ pesawat/tahun}$$

**Tabel 4.5** Hasil perhitungan *Equivalent Annual Departure* terhadap pesawat rencana

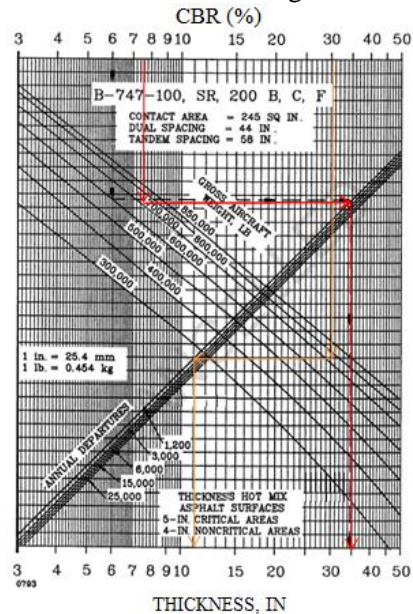
TYPE PESAWAT	R <sub>2</sub> (pesawat/tahun)	W(kg)	R <sub>1</sub> (pesawat/tahun)
A 320	1.1441,28	35.102	125,89
A 330	291	56.525	112,20
ATR 72	790,4	10.212,5	10,96
B 733	48	26.823,25	9,55
B 734	16	29.839,5	5,49
B 735	247,04	24.885	21,88
B 737	59,52	31.502	13,18
B 738	1.691,52	33.501,75	123,03
B 739	2.237,44	37.532,13	204,17
B777 300ER	569,4	55.654	204,17
B7747-100	-	79.182	365
JUMLAH	-	-	1.195,54 ≈ 1.200

Sumber : (Olahan Penulis)



Mengeplotkan Nilai CBR, *Equivalent Annual Departure*, MTOW kedalam Grafik *flexible pavement* untuk mendapatkan tebal perkerasan rencana.

CBR Perkerasan Total = 7,42 %  
 CBR Subbase (SKBI-2.3.26.1987) = 30%  
 R1 (*Equivalent Annual Departure*) = 1.200 pesawat/tahun  
 MTOW B747-100 = 333.400 kg = 735.147 lbs

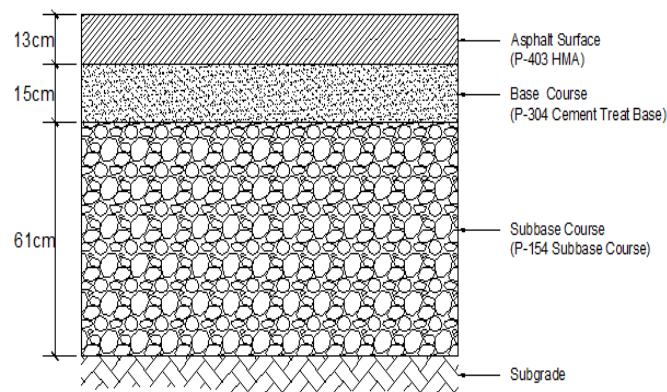


**Gambar 4.1** Grafik CBR *Method Flexible Pavement B-747-100* (FAA, 1995)

→ : Perkerasan Total → : Perkerasan *Subbase*

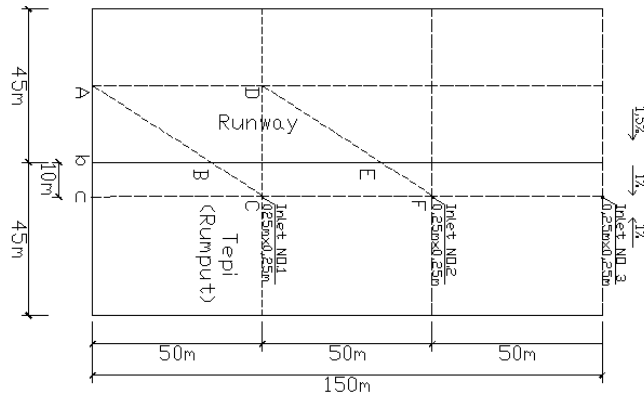
Jadi dari grafik 4.1 *CBR Method Flexible Pavement B-747-100* didapatkan hasil:

- Tebal perkerasan total sebesar 35 in  $\approx$  89 cm.
- Tebal *subbase course*  
 Dari grafik 4.1, dengan CBR *subbase* 30% diperoleh nilai sebesar 11 in. Angka ini berarti ketebalan *surface* dan *base* diatas lapisan *subbase*. Maka tebal *subbase* = 35 – 11 = 24 in  $\approx$  61 cm.
- Tebal permukaan (*surface course*)  
 Dari grafik 4.1, tertulis bahwa untuk lapisan *surface* untuk daerah kritis = 5 in, sedangkan untuk non kritis sebesar 4 in. Jadi lapisan *surface* adalah sebesar 5 in  $\approx$  13 cm.
- Tebal *base course*  
 Ketebalan *base course* adalah in 11 – 5 in = 6 in  $\approx$  15 cm.



**Gambar 4.2** Hasil *Flexible Pavement Runway* (olahan penulis)

## Perencanaan Drainase Penambahan Panjang Runway



**Gambar 4.3** Catchment Area  
(Olahan Penulis)

Desain Inlet No.1

1. Menentukan *Catchment Area* yang dikeringkan/didrain (A)

$$\text{Luas Total (A)} = \text{Luas Runway} + \text{Luas Rumput} = (22,5 \times 50) + (10 \times 50) = 1.625 \text{ m}^2$$

2. Menentukan Koefisien Limpasan

Diketahui :

$$\text{Koefisien Aspal} = 0,9$$

$$\text{Koefisien Rumput} = 0,3$$

$$C \text{ Total} = \frac{A1.C1 + A2.C2}{A_{total}} = \frac{1.125 \times 0,9 + 500 \times 0,3}{1.625} = 0,72$$

3. Menentukan Intensitas Curah Hujan (I)

Diketahui :

$$H1 \text{ (elevasi maksimum)} = 127,4 \text{ m}$$

$$H2 \text{ (elevasi maksimum)} = 115,8 \text{ m}$$

$$s_{runway} \text{ (Sartono, dkk, 2016)} = 1,5\% = 0,015$$

$$s_{rumput \text{ direncanakan}} = 1\% = 0,01$$

a. Menentukan Beda Tinggi (H)

$$H = H1 - H2 = 127,4 - 115,8 = 11,6 \text{ m}$$

b. Menentukan Kemiringan Saluran (S)

$$S = \frac{H}{L} = \frac{11,6}{3790} = 0,0031$$

c. Menentukan Kecepatan Aliran (V)

$$V = 72 \times S^{0,6}$$

$$= 72 \times 0,0031^{0,6} = 2,2327 \text{ km/jam} = 0,62 \text{ m/det} = 0,75 \text{ m/det (minimum)}$$

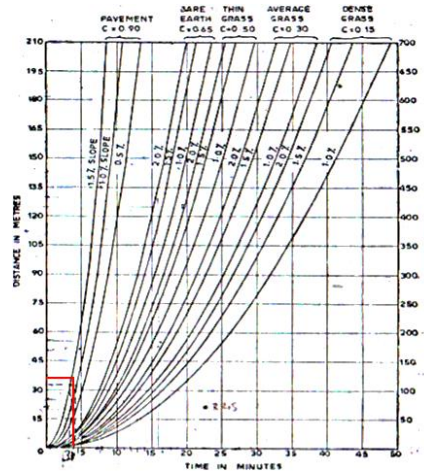
d. Menentukan Waktu Konsentrasi/Time of Concentration Saluran / waktu yang diperlukan untuk mengalirkan air hujan dari titik terjauh menuju suatu titik tertentu ditinjau pada daerah pengaliran (tc) dan waktu pengaliran dalam saluran (tf).

$$\text{Jarak, AC} = \sqrt{AD^2 + ac^2} = \sqrt{50^2 + 32,5^2} = 59,6 \text{ m} \approx 60 \text{ m}$$

$$\text{Jarak runway, AB} = \frac{AC}{ac} \times l = \frac{60}{32,5} \times 22,5 = 41,5 \text{ m}$$

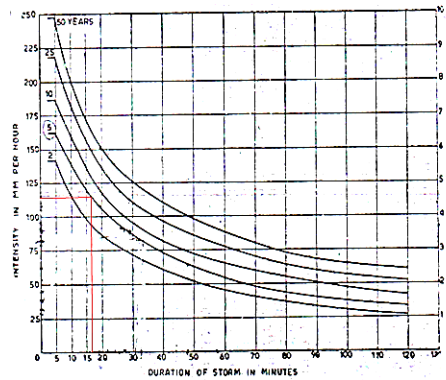
$$\text{Jarak rumput, BC} = AC - BC = 60 - 41,5 = 18,5 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak } Bb_1 &= 50 \times \frac{22,5}{32,5} = 34,6 \text{ m} \\ \text{Jarak } Cc_1 &= 50 \text{ m} \\ \text{Slope AB} &= \frac{(0,015 \times 22,5) + (0,015 \times 34,6)}{41,5} = 0,021\% \\ \text{Slope BC} &= \frac{(0,01 \times 10) + (0,01 \times 15,4)}{18,5} = 0,041\% \end{aligned}$$



**Gambar 4.4** Grafik *Inlet Time* (Khanna, dkk, 1999)

total *inlet time* =  $tc_1 + tc_2 = 4 + 12 = 16$  menit  
*flow time* (tf) untuk inlet N0.1 = 0



**Gambar 4.5** Grafik *Typical rainfall-duration* (Khanna, dkk, 1999)

Berdasarkan grafik *rainfall intensity-duration* selama 5 tahun maka didapatkan intensitas hujan sebesar 114 mm/ jam atau 0,0317 mm/detik.

4. Menentukan Debit Banjir (Q)

$$Q_5 = C.I.A = 0,72 \times 0,0317 \times 1,625 = 0,037 \text{ m}^3/\text{detik.}$$

5. Menentukan diamete pipa

$$\begin{aligned} Q &= A.V \\ 0,037 &= A.V \\ V &= 0,75 \text{ m/detik} \end{aligned}$$

$$A = 0,0493 \text{ m}^2 = \frac{\pi}{4} d^2$$

$$d^2 = \frac{0,0493}{0,7854}$$

$$d = \sqrt{0,0628} = 0,25 \text{ m} = 25 \text{ cm}$$

$$\text{Kecepatan aliran, } V = \frac{Q}{A} = \frac{0,037}{\frac{\pi}{4} \times 0,25^2} = 0,754 \text{ m/detik}$$

6. Menentukan slope pipa

Rumus Manning

$$V = \frac{R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}}}{n}$$

$$R = \frac{d}{4} = \frac{0,25}{4} = 0,0625 \text{ m}$$

n = 0,015 untuk *concrete pipe*

$$0,754 = \frac{0,0625^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}}}{0,015}$$

$$S^{\frac{1}{2}} = \frac{0,754 \times 0,015}{0,0625^{\frac{2}{3}}}$$

$$S = 0,00516$$

**Tabel 4.6** Hasil perhitungan Debit Banjir (Q<sub>5</sub>)

Inlet	tc(menit)	tf(menit)	I(mm/ jam)	d(meter)	Slope	Q <sub>5</sub> (m <sup>3</sup> / detik)
1	16	0	114	25	0,00516	0,037
2	17,1052	1,1052	112,5	25	0,02063	0,037
3	17,6578	0,5526	112	25	0,00456	0,0364

Sumber : (Olahan Penulis)

**5. KESIMPULAN DAN SARAN**

**Kesimpulan**

- Untuk kapasitas *runway* didapatkan hasil pergerakan pesawat yang ada (*annual demand*) sebesar 31.676 operasi per tahun lebih kecil dari volume pelayanan tahunan ( *Annual Service Volume, ASV*) sebesar 210.000 operasi per tahun sehingga kapasitas *runway* tersebut belum terlampaui. Sedangkan Berdasarkan dari hasil perhitungan yang mengacu pada standar *Internasional Civil Aviation Organization (ICAO)* dengan pesawat terbang rencana Boeing 747-100 dan Boeing 777-300ER maka dibutuhkan panjang landasan sebesar 3.600 m dan 3.700 m, dengan kondisi *runway* eksisting sebesar 2.600 m maka membutuhkan 1.100 m *runway* tambahan.
- Untuk menentukan tebal perkerasan *runway* menggunakan pesawat rencana dengan beban satu roda yang paling besar yaitu pesawat B747-100 sehingga B-777-300ER tidak digunakan. Berdasarkan dari hasil perhitungan grafik *CBR Method Flexible Pavement B-747-100* didapatkan hasil :  
 Tebal perkerasan total sebesar 31 in ≈ 89 cm.  
 Tebal permukaan/*surface course* (P-403 HMA) sebesar 5 in ≈ 13 cm.  
 Tebal *base course* (P-304 *Cement Treat Base*) sebesar 6 in ≈ 15 cm.  
 Tebal *subbase course* (P-154 *subbase course*) sebesar 24 in ≈ 61 cm.

- c. Untuk perhitungan drainase didapatkan hasil saluran tertutup lingkaran (pipa) dengan dimensi inlet sebesar 0,25 m x 0,25 m dengan jarak antar inlet 50 m.

**Saran**

Untuk perhitungan tebal perkerasan *runway* dapat menggunakan metode yang lebih teliti yaitu *Cumulative Damage Failure Method* (CDF) dan perlu dipertimbangkan untuk metode perhitungan *rigid pavement*.

**6. DAFTAR PUSTAKA**

Ashford, N.J., Mumayiz, S.A. & Wright, P.H. 2011. *Airport Engineering Planning Design and Development Of 21st Century Airports*. Canada : Wiley.

Basuki, H., 2008. *Merancang, Merencana Lapangan Terbang*. Bandung:Penerbit PT.Alumni.

BINA MARGA. No. 008/T/BNKT/1990. *Petunjuk Desain Drainase Permukaan Jalan*.

FAA. AC 150/5320-6D, *Airport pavement design and Evaluation*. 1995.

FAA. AC-150-5320-6E, *Airport pavement design and Evaluation*. 2009.

Horonjeff, et al., 2010. *Planning and Design of Airport*.Fifth Edition.Mc. Graw – Hil Inc.

Horonjeff, R. dan McKevey, F. 1993. *Perencanaan dan Perancangan Bandar Udara*. jilid ketiga. Jakarta : Penerbit Erlangga.

Haryanto, Imam dan Wiryanto. *Studi Kasus Perencanaan Sistem dan Teknik Transportasi Udara di Indonesia*. 2015. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.

[Http://www.dephub.go.id](http://www.dephub.go.id). 2018.

[Http://elearning.ians.lu/aircraftperformance](http://elearning.ians.lu/aircraftperformance). 2018.

Kamiana, I Made. 2011. *Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air*. Yogyakarta : Graha Ilmu.

Keputusan Menteri Perhubungan Nomor KM 44. 2002. *Tatanan Kebandarudaraan Nasional*.

Khanna, S.K., M.G. Arora, S. S. Jain.1999. *Airport Planning and Design*. Nem Chand Brothers.

Sartono, W., Dewanti dan Rahman, T. 2016. *Bandar Udara*. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.

SKBI -2.3.26. 1987. *Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya*.