

BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Bandar Udara H. Hasan Aroeboesman merupakan Bandar Udara yang terletak di Kota Ende, Kabupaten Ende, Provinsi Nusa Tenggara Timur. Bandar Udara ini berada di kaki bukit Gunung Wongge dan Gunung Meja serta dikelilingi bukit dan pantai di sekitarnya. Bandar Udara ini mulai dibangun pada tahun 1974 dan sebelumnya bernama Bandar Udara Ippi karena letaknya yang berada di teluk Ippi. Bandar Udara ini dikelola oleh Unit Penyelenggara Bandar Udara H. Hasan Aroeboesman yang diawasi oleh Direktorat Jenderal Perhubungan.

4.1.1 Karakteristik Bandar Udara Eksisting

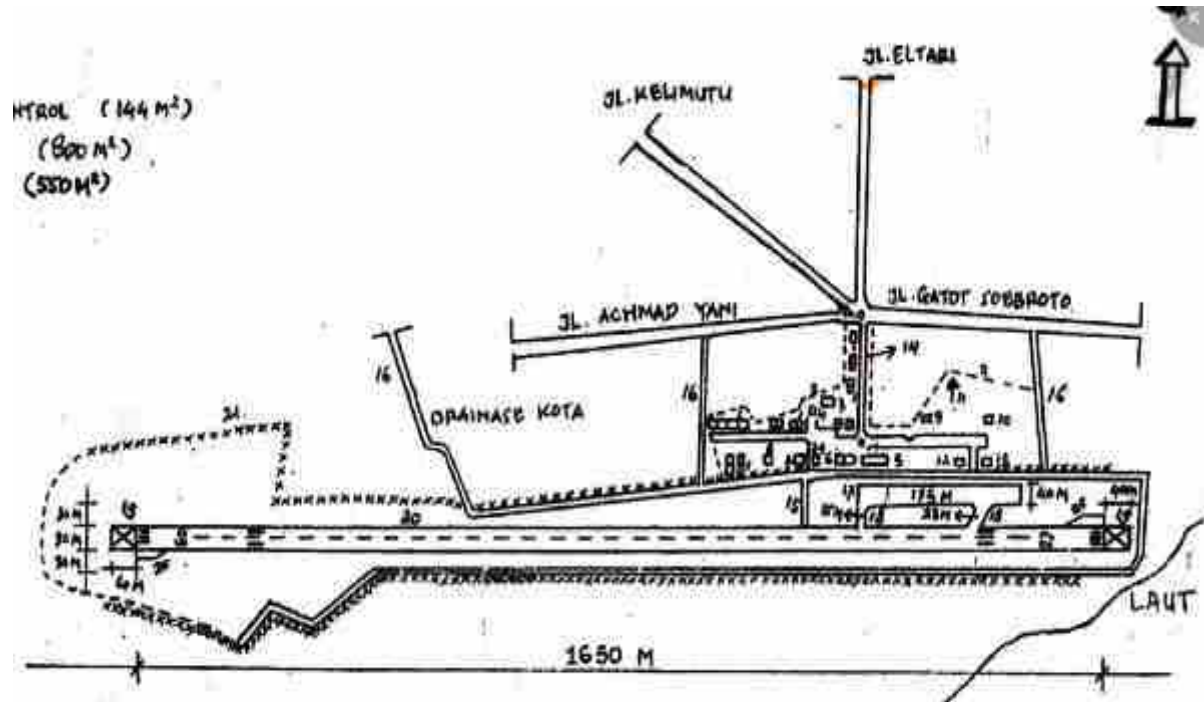


Gambar 4.1 Bandar Udara Haji Hasan Aroeboesman

Sumber : Dokumentasi

Bandar Udara yang dipakai pada penelitian kali ini adalah Bandar Udara H. Hasan Aroeboesman, yang berada di kota Ende, Kabupaten Ende, Nusa Tenggara Timur. Bandar Udara H. Hasan Aroeboesman merupakan Bandar udara tersibuk ketiga di Nusa Tenggara Timur setelah Bandar Udara El Tari dan Bandar Udara Komodo. Bandar Udara H. Hasan Aroeboesman memiliki satu terminal yang melayani penerbangan domestic. Fasilitas yang disediakan pada Bandar Udara H. Hasan Aroeboesman adalah layanan internet, TV, dll.

Disekitaran Bandar Udara ini terdapat lahan kosong dan juga perumahan warga. Bandar Udara ini melayani penerbangan pesawat berukuran kecil seperti ATR 72-600 dan Fokker 50. Pada tahun 2015, Bandar udara ini pernah didarati oleh jenis pesawat Embraer 195 yang merupakan jenis pesawat jet berbadan besar milik maskapai Kalstar.



Gambar 4.2 Layout Bandar Udara Haji Hasan Aroeboesman
Sumber : UPT Bandar Udara H. Hasan Aroeboesman

Tabel 4.1 Kondisi Eksisting Bandar Udara H. Hasan Aroeboesman

1.	Nama bandar udara	H. Hasan Aroeboesman
2.	Kota lokasi bandar udara berada	Ende Kab. Ende
3.	Propinsi	Nusa Tenggara Timur
4.	Lokasi Bandar Udara	Jl. Ahmad Yani, Kel. Tetandara, Kec. Ende Selatan
5.	Koordinat ARP dan lokasi pada AD	08 ⁰ 50' 53,3" LS 121 ⁰ 39'49,29" BT

6	Jam Operasi	07.00 S/D 17.00 WITA
7.	Kelas Bandara	II
8.	Pelayanan LLU	AFIS
9.	Arah dan jarak dari kota	±2 KM dari Pusat kota Ende
10.	Elevasi dari setiap threshold	Thr 27 Thr 09 10 feet 33 feet
11.	Elevasi / Referensi Temperature	15 feet / 27 ⁰ – 32 ⁰ C
12.	Kemampuan Operasi	30 F/C/Y/T
13.	Nama operator Bandar Udara	Unit Penyelenggara Bandar Udara
14.	Alamat	Jalan Ahmad Yani Kec. Ende Selatan Kab. Ende
15.	Telepone	(0381)21356
16.	Faksimil	(0381)22172
17.	E-mail	bandara_nd@yahoo.co.id
18.	CODE ICAO	WATE
19.	CODE IATA	ENE
20.	Jenis traffic yang diijinkan	VOR (VHF Omnidirectional Range)
21.	Jenis landasan pacu	Non Instrument
22.	RTT Sisi Udara	Ada
23.	RTT Sisi Darat	Ada
24.	Luas Tanah	220.174 m ²

25.	Nama Kepala Kantor	FUADANI, ST.,MM
26.	Fasilitas Landasan :	
	a. Runway Number	27 – 09
	b. Dimesi	1650 m x 30 m
	c. Konstruksi	Hotmix
	d. Kemampuan	66.000 lbs
	e. PCN	30 FCXT
27.	Shoulder	
	a. Dimensi	2 x 1750 m x 30 m
	b. Konstruksi	Grass
28.	Stopway	
	a. Runway 27	40 m x 30 m
	b. Runway 09	60 m x 30 m
29.	Taxiway	
	- Taxiway A	
	a. Dimensi	30 m x 15 m
	b. Konstruksi	Hotmix
	c. PCN	30 FCXT
	- Taxiway B	
	a. Dimensi	35 m x 32 m
	b. Konstruksi	Hotmix

	c. PCN	30 FCXT
	- Taxiway C	
	a. Dimensi	29 m x 28.9 m
	b. Konstruksi	Hotmix
	c. PCN	34 FCXT
30.	Runway Strip	
	a. Dimensi	1900 m x 150 m
31.	Apron	
	a. Dimensi	225 m x 40 m
	b. Konstruksi	Hotmix
	c. PCN	30 FCXT
32.	Turning Area	
	a. Dimensi	1500 m x 2 m
	b. Konstruksi	Hotmix
	c. PCN	34 FCXT

Sumber : Unit Penyelenggara Bandar Udara H. Hasan Aroeboesman

4.2 Analisa Perkiraan Lalu Lintas Udara

Perencanaan dilakukan untuk mengakomodasi kebutuhan pemenuhan di masa yang akan datang berkaitan dengan pertumbuhan penumpang yang cukup signifikan. Untuk itu diperlukan suatu analisis untuk memperkirakan pertumbuhan penumpang pada masa yang akan datang dalam jangka waktu 11 tahun sebagai acuan dalam perencanaan.

4.2.1 Metode Proyeksi

Proyeksi lalu lintas udara dilakukan untuk memprediksi volume penumpang dan barang yang akan dilayani oleh Bandar udara tersebut pada tahun yang akan direncanakan. Proyeksi

lalu lintas udara bergantung terhadap beberapa variabel seperti jumlah penduduk, volume kargo, jumlah wisatawan dan keadaan sosial lainnya.

Pada penelitian ini, data perencanaan diperoleh dengan mengambil data yang telah ada untuk selanjutnya dianalisis untuk mengetahui tren yang terjadi di masa lalu.

Data-data yang digunakan sebagai berikut :

- Jumlah penumpang
- Volume kargo
- Jumlah penduduk
- Jumlah Wisatawan
- Jumlah Hotel
- Produk Domestik Regional Bruto

Data-data yang digunakan didapat dari Badan Pusat Statistik (BPS) pada beberapa tahun terakhir yaitu dari tahun 2012 sampai tahun 2017. Analisis data dilakukan dengan membuat korelasi antara data jumlah penumpang dan kargo dengan jumlah penduduk, jumlah wisatawan, jumlah hotel, dan PDRB. Hubungan korelasi ini kemudian dinyatakan dalam suatu persamaan regresi.

4.2.2 Proyeksi Pergerakan Penumpang dan Kargo

Dalam proyeksi pergerakan penumpang dan kargo ini digunakan metode regresi multilinear, metode aritmatik, dan metode geometrik dengan menggunakan aplikasi SPSS 16.0. Hasil perhitungan yang didapat dari ketiga metode tersebut kemudian dianalisis untuk mendapatkan metode perhitungan yang terbaik dalam proyeksi pergerakan penumpang dan kargo yang digunakan dalam perencanaan optimalisasi Bandar Udara tersebut.

4.2.2.1 Metode Regresi Multilinear

Regresi multilinear merupakan sebuah metode untuk memprediksi sebuah nilai target berdasarkan beberapa variable masukan, dimana nilai dari suatu variable rekayasa tergantung dari beberapa faktor. Asumsi-asumsi dasar yang digunakan adalah sebagai berikut :

- Nilai rata-rata Y merupakan fungsi linear dari $x_1, x_2, \dots, x_m$.
- $x_1, x_2, \dots, x_m$ yang diketahui adalah konstan atau berbanding lurus terhadap fungsi yang diketahui.

Maka analisis regresi menentukan taksiran $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_m$ berdasarkan himpunan data pengamatan dapat ditulis sebagai :

$$E(Y | X = x_1, x_2, \dots, x_m) = \alpha + \beta_1(x_1) + \dots + \beta_m(x_m) \dots \dots \dots (2.8)$$

Tabel 4.2 Variabel Terikat dan Variabel Bebas Pendukung

Penumpang	Kargo	Penduduk	Wisatawan	PDRB	Hotel
y_1	y_2	x_1	x_2	x_3	x_4

Sumber : Tugas Besar Rekayasa Lapangan Terbang

Faktor jumlah penduduk, jumlah wisatawan, jumlah hotel, dan PDRB diproyeksikan secara linear dengan menggunakan aplikasi SPSS 16.0. Dalam perencanaan ini diambil tingkat pertumbuhan moderat. Selain itu dilakukan pula perhitungan prediksi lalu lintas pada jam puncak selama masa pelayanan bandara untuk desain apron dan terminal penumpang. Prediksi lalu lintas pada pergerakan jam puncak hanya memperhitungkan jumlah penumpang yang terjadi menurut rute yang dilayani pada masing-masing tahap perencanaan.

Tabel 4.3 Data Tahun 2012-2017

TAHUN	PENUMPANG	KARGO	PENDUDUK	WISATAWAN	PDRB	HOTEL
2012	142.828	118.027	265.304	34.198	3.312.753.000	30
2013	147.669	185.535	266.909	26.396	3.712.666.300	33
2014	154.934	104.608	268.314	45.933	4.140.972.600	34
2015	155.190	192.447	269.724	62.957	4.578.454.400	40
2016	189.681	318.936	270.886	81.318	4.984.021.300	42
2017	201.670	135.697	272.084	91.000	5.457.833.400	45

Sumber : Unit Penyelenggara Bandar Udara H. Hasan Aroeboesman dan BPS Kabupaten Ende

Dari data yang ada diatas dilakukan proyeksi untuk mengetahui jumlah penduduk, jumlah wisatawan, jumlah hotel, dan PDRB sampai 11 tahun hingga tahun 2028. Selanjutnya dengan menggunakan metode regresi multilinear dilakukan proyeksi penumpang dan kargo hingga tahun 2028 sesuai dengan tahun rencana yang dimaksud. Sebelum dilakukan perhitungan proyeksi, terlebih dahulu dilakukan perhitungan angka pertumbuhan tiap tahunnya dengan menggunakan rumus :

$$I_n = \frac{P_n - P_{n-1}}{P_n} \dots\dots\dots(2.9)$$

Dimana P merupakan jumlah penduduk atau wisatawan atau PDRB atau hotel.

Tabel 4.4 Pertumbuhan Penduduk, Wisatawan, PDRB, dan Hotel tahun 2012-2017

TAHUN	PENDUDUK	WISATAWAN	PDRB	HOTEL
2012-2013	0,01	-0,30	0,11	0,12
2013-2014	0,01	0,43	0,10	0,06
2014-2015	0,01	0,27	0,10	0,18
2015-2016	0,00	0,23	0,08	0,07
2016-2017	0,00	0,11	0,09	0,09
i rata-rata	0,01	0,15	0,09	0,10

Sumber : Hasil Perhitungan

Untuk melakukan proyeksi dari tahun 2018-2028 dilakukan dengan menggunakan rumus :

$$P_t = P_0 (1 + i)^n \dots \dots \dots (2.10)$$

Dimana :

P_t = Nilai Proyeksi pada tahun yang direncanakan

P_0 = Data tahun sebelumnya

i = Rata- rata pertumbuhan tiap variabel

Dalam perhitungan ini n digunakan per tahun maka nilai $n = 1$ tahun

Tabel 4.5 Proyeksi Penduduk, Wisatawan, PDRB dan Hotel tahun 2018-2028

TAHUN	PENDUDUK	WISATAWAN	PDRB	HOTEL
2018	273.455	104.331	5.976.203.351,25	45
2019	274.832	119.614	5.981.879.384,23	50
2020	276.217	137.137	6.550.021.776,56	55
2021	277.608	157.226	7.172.124.765,09	61
2022	279.007	180.258	7.853.313.378,29	67
2023	280.412	206.664	8.599.199.405,71	74
2024	281.825	236.939	9.415.927.629,17	81
2025	283.245	271.648	10.310.226.444,91	90
2026	284.672	311.442	11.289.463.293,66	99

2027	286.106	357.066	12.361.705.355,36	109
2028	287.547	409.373	13.535.786.008,39	121

Sumber : Hasil Perhitungan

Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan pada analisis regresi multilinear sebelum memperoleh proyeksi jumlah penumpang dan volume kargo di masa depan :

- Mengetahui hubungan antara masing-masing variabel. Pada analisis ini, korelasi antara variabel bebas tidak diperhitungkan. Jika terdapat korelasi bernilai negative, maka variabel bebas tersebut dianggap tidak memiliki hubungan dengan variabel terikat yang ditentukan.
- Mencari nilai koefisien untuk masing-masing variabel bebas pada fungsi untuk menentukan nilai variabel terikat (penumpang dan kargo). Variabel yang dimasukkan ke dalam fungsi adalah variabel yang nilai korelasinya positif.
- Menentukan formula untuk menentukan besarnya variabel terikat dengan menggunakan koefisien dan konstanta yang diperoleh saat menentukan nilai regresi.
- Memproyeksikan besar variabel-variabel bebas yang digunakan. Pada proyeksi ini diasumsikan besar pertumbuhan adalah rata-rata dari angka pertumbuhan tiap tahun.

4.2.2.1.1 Proyeksi Jumlah Penumpang

Proyeksi penumpang dihitung dari tahun 2018-2028 yaitu dari masa perencanaan sampai masa layannya bandara tersebut. Proyeksi jumlah penumpang dilakukan dengan mencari model persamaan sesuai dengan korelasi antara jumlah penumpang sebagai variabel terikat dengan jumlah penduduk, jumlah wisatawan, PDRB, dan jumlah hotel sebagai variabel bebas.

Tabel 4.6 Korelasi antara Penumpang, Penduduk, Wisatawan, PDRB, dan Hotel

	Penumpang	Penduduk	Wisatawan	PDRB	Hotel
Penumpang	1				
Penduduk	0,90563	1			
Wisatawan	0,93344	0,94787	1		
PDRB	0,92814	0,99712	0,96244	1	
Hotel	0,90331	0,98365	0,95759	0,98675	1

Sumber : Hasil Perhitungan

Korelasi diatas diperoleh dengan menggunakan data dari tahun 2012-2017. Dari tabel diatas dapat dilihat nilai R^2 menunjukkan korelasi antar variabel. Korelasi terbaik adalah korelasi dengan nilai R^2 terbesar. Terlihat bahwa korelasi yang baik antara penumpang dengan penduduk, wisatawan, PDRB, dan hotel sehingga dapat dipakai untuk menentukan proyeksi penumpang. Persamaan regresi dapat diperoleh dengan menggunakan aplikasi SPSS 16.0, sehingga diperoleh hasil sebagai berikut :

Tabel 4.7 Hasil Regresi Koefisien Penumpang

	Koefisien
Intercept	8217523,439
Penduduk	-31,97304179
Wisatawan	0,063816601
PDRB	0,000142673
Hotel	-2194,389924

Sumber : SPSS 16.0

Sehingga diperoleh persamaan jumlah penumpang yaitu :

$$\text{Volume Penumpang} = -31,9730417854428 * (\text{Penduduk}) + 0,0638166014166905 * (\text{wisatawan}) + 0,00014267335590951 * (\text{PDRB}) - 2194,38992398603 * (\text{Hotel}) + 8217523,43854339$$

Persamaan diatas digunakan untuk memproyeksi jumlah penumpang pada tahun rencana 2018-2028 seperti terlihat pada tabel berikut :

Tabel 4.8 Proyeksi Jumlah Penumpang

NO	Tahun	Penduduk	Wisatawan	PDRB	Hotel	Penumpang
1	2018	273.455	104.331	5.976.203.351,25	45	234.404
2	2019	274.832	119.614	5.981.879.384,23	50	181.914
3	2020	276.217	137.137	6.550.021.776,56	55	208.540
4	2021	277.608	157.226	7.172.124.765,09	61	241.643
5	2022	279.007	180.258	7.853.313.378,29	67	281.856
6	2023	280.412	206.664	8.599.199.405,71	74	329.875
7	2024	281.825	236.939	9.415.927.629,17	81	386.461
8	2025	283.245	271.648	10.310.226.444,91	90	452.447
9	2026	284.672	311.442	11.289.463.293,66	99	528.749
10	2027	286.106	357.066	12.361.705.355,36	109	616.367
11	2028	287.547	409.373	13.535.786.008,39	121	716.399

Sumber : Hasil Perhitungan

4.2.2.1.2 Proyeksi Volume Kargo

Data yang diperoleh sebelumnya untuk jumlah penduduk, jumlah wisatawan, PDRB, hotel, dan volume kargo adalah sebagai berikut :

Tabel 4.9 Data Kargo Tahun 2012-2017

TAHUN	KARGO	PENDUDUK	WISATAWAN	PDRB	HOTEL
2012	118.027	265.304	34.198	3.312.753.000	30
2013	185.535	266.909	26.396	3.712.666.300	33
2014	104.608	268.314	45.933	4.140.972.600	34
2015	192.447	269.724	62.957	4.578.454.400	40
2016	318.936	270.886	81.318	4.984.021.300	42
2017	135.697	272.084	91.000	5.457.833.400	45

Sumber : Unit Penyelenggara Bandar Udara H. Hasan Aroeboesman dan BPS Kabupaten Ende

Tahap-tahap dalam proyeksi data kargo sama seperti pada proyeksi jumlah penumpang. Hal pertama yang dilakukan adalah mencari nilai korelasi antara kargo, penduduk, wisatawan, PDRB, dan Hotel.

Tabel 4.10 Korelasi antara Kargo, Penduduk, Wisatawan, PDRB, dan Hotel

	Kargo	Penduduk	Wisatawan	PDRB	Hotel
Kargo	1				
Penduduk	0,40286	1			
Wisatawan	0,39495	0,94787	1		
PDRB	0,37736	0,99712	0,96244	1	
Hotel	0,44509	0,98365	0,95759	0,98675	1

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari tabel diatas terlihat bahwa semua variabel yaitu penduduk, wisatawan, PDRB, dan hotel berpengaruh terhadap volume kargo. Hasil analisis regresi yang didapat dengan variabel terikat volume kargo adalah sebagai berikut :

Tabel 4.11 Hasil Regresi Koefisien Kargo

	Koefisien
Intercept	-59864178,96
Penduduk	235,2577017
Wisatawan	4,190979765
PDRB	-0,001069221
Hotel	32520,24085

Sumber : SPSS 16.0

Sehingga diperoleh bentuk persamaan kargo yaitu :

$$\text{Volume Kargo} = 235,2577017 * (\text{Penduduk}) + 4,190979765 * (\text{Wisatawan}) - 0,001069221 * (\text{PDRB}) + 32520,24085 * (\text{Hotel}) - 59864178,96$$

Dengan demikian dapat diperoleh proyeksi kargo untuk tahun 2018-2028 yaitu sebagai berikut :

Tabel 4.12 Proyeksi Volume Kargo

No	Tahun	Penduduk	Wisatawan	PDRB	Hotel	Kargo
		(Jiwa)	(Jiwa)	(Rupiah)	(Unit)	(kg)
1	2018	273.455	104.331	5.976.203.351,25	45	-13.709,13
2	2019	274.832	119.614	5.981.879.384,23	50	519.956,07
3	2020	276.217	137.137	6.550.021.776,56	55	478.861,41
4	2021	277.608	157.226	7.172.124.765,09	61	409.705,00
5	2022	279.007	180.258	7.853.313.378,29	67	310.367,70
6	2023	280.412	206.664	8.599.199.405,71	74	178.623,90
7	2024	281.825	236.939	9.415.927.629,17	81	12.144,82
8	2025	283.245	271.648	10.310.226.444,91	90	-191.496,07
9	2026	284.672	311.442	11.289.463.293,66	99	-434.814,87
10	2027	286.106	357.066	12.361.705.355,36	109	-720.405,87
11	2028	287.547	409.373	13.535.786.008,39	121	-1.050.926,22

Sumber : Hasil Perhitungan

4.2.2.2 Metode Aritmatik

Proyeksi dengan metode aritmatik ini mengasumsikan bahwa jumlah proyeksi pada masa depan akan bertambah dengan jumlah yang tetap konstan tiap tahun. Metode aritmatik ini merupakan teknik proyeksi yang paling sederhana dari semua model trend. Dalam metode ini digunakan garis lurus hubungan antara populasi dan waktu. Formula yang digunakan pada metode proyeksi aritmatik adalah :

$$P_n = P_0 + n \cdot r \dots\dots\dots(2.11)$$

$$r = \frac{P_n - P_0}{n} \dots\dots\dots(2.12)$$

Dimana :

P_n = Jumlah penumpang yang diproyeksi pada tahun rencana

P_0 = Jumlah penumpang pada tahun awal

r = Laju pertumbuhan penumpang dalam 1 tahun

n = Jumlah tahun / banyak tahun penelitian

Sebelum dilakukan proyeksi, dicari terlebih dahulu laju pertumbuhan setiap variabel dalam tiap 1 tahun. Pertumbuhan setiap variabel dalam tiap 1 tahun dapat dilihat sebagai berikut :

Tabel 4.13 Nilai r

TAHUN	PENDUDUK	WISATAWAN	PDRB	HOTEL
2012-2013	1.605,00	-7.802,00	399.913.300,00	3,00
2013-2014	1.405,00	19.537,00	428.306.300,00	1,00
2014-2015	1.410,00	17.024,00	437.481.800,00	6,00
2015-2016	1.162,00	18.361,00	405.566.900,00	2,00
2016-2017	1.198,00	9.682,00	473.812.100,00	3,00
r rata-rata	1.356,00	11.360,40	429.016.080,00	3,00

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.14 Proyeksi Penduduk, Wisatawan, PDRB, dan Hotel Tahun 2018-2028

TAHUN	PENDUDUK	WISATAWAN	PDRB	HOTEL
2018	273.440	102.360	5.886.849.480,00	48
2019	274.796	113.721	6.315.865.560,00	51
2020	276.152	125.081	6.744.881.640,00	54
2021	277.508	136.442	7.173.897.720,00	57
2022	278.864	147.802	7.602.913.800,00	60
2023	280.220	159.162	8.031.929.880,00	63
2024	281.576	170.523	8.460.945.960,00	66
2025	282.932	181.883	8.889.962.040,00	69
2026	284.288	193.244	9.318.978.120,00	72
2027	285.644	204.604	9.747.994.200,00	75
2028	287.000	215.964	10.177.010.280,00	78

Sumber : Hasil Perhitungan

4.2.2.2.1 Proyeksi Jumlah Penumpang

Pada perhitungan proyeksi jumlah penumpang tahun rencana, digunakan model persamaan sesuai dengan korelasi antar variabel terikat dan variabel bebas. Dimana setiap variabel yang bernilai positif dapat digunakan untuk menentukan proyeksi penumpang. Berikut merupakan nilai korelasi antar variabel :

Tabel 4.15 Korelasi antar Penumpang, Penduduk, Wisatawan, PDRB, dan Hotel

	Penumpang	Penduduk	Wisatawan	PDRB	Hotel
Penumpang	1				
Penduduk	0,90563	1			
Wisatawan	0,93344	0,94787	1		
PDRB	0,92814	0,99712	0,96244	1	
Hotel	0,90331	0,98365	0,95759	0,98675	1

Sumber : Hasil Perhitungan

Persamaan regresi dicari dengan menggunakan aplikasi SPSS 16.0, sehingga diperoleh hasil persamaan sebagai berikut :

Tabel 4.16 Hasil Regresi Koefisien Penumpang

	Koefisien
Intercept	8217523,439
Penduduk	-31,97304179
Wisatawan	0,063816601
PDRB	0,000142673
Hotel	-2194,389924

Sumber : SPSS 16.0

Selanjutnya diperoleh persamaan jumlah penumpang yaitu :

$$\text{Volume Penumpang} = -31,97304179 * (\text{Penduduk}) + 0,063816601 * (\text{wisatawan}) + 0,000142673 * (\text{PDRB}) - 2194,389924 * (\text{Hotel}) + 8217523,439$$

Persamaan diatas kemudian digunakan untuk memproyeksi jumlah penumpang pada tahun 2018-2028 yaitu sebagai berikut :

Tabel 4.17 Proyeksi Jumlah Penumpang

NO	Tahun	Penduduk	Wisatawan	PDRB	Hotel	Penumpang
1	2018	273.440	102.360	5.886.849.480,00	48	215.911
2	2019	274.796	113.721	6.315.865.560,00	51	227.906
3	2020	276.152	125.081	6.744.881.640,00	54	239.902
4	2021	277.508	136.442	7.173.897.720,00	57	251.897
5	2022	278.864	147.802	7.602.913.800,00	60	263.892
6	2023	280.220	159.162	8.031.929.880,00	63	275.888
7	2024	281.576	170.523	8.460.945.960,00	66	287.883
8	2025	282.932	181.883	8.889.962.040,00	69	299.879
9	2026	284.288	193.244	9.318.978.120,00	72	311.874
10	2027	285.644	204.604	9.747.994.200,00	75	323.869
11	2028	287.000	215.964	10.177.010.280,00	78	335.865

Sumber : Hasil Perhitungan

4.2.2.2.2 Proyeksi Volume Kargo

Perhitungan proyeksi jumlah kargo menggunakan formula yang sama seperti pada perhitungan proyeksi jumlah penumpang. Data-data yang digunakan yaitu jumlah penduduk, wisatawan, PDRB, dan hotel.

Tabel 4.18 Data Kargo Tahun 2012-2017

TAHUN	KARGO	PENDUDUK	WISATAWAN	PDRB	HOTEL
2012	118.027	265.304	34.198	3.312.753.000	30
2013	185.535	266.909	26.396	3.712.666.300	33
2014	104.608	268.314	45.933	4.140.972.600	34
2015	192.447	269.724	62.957	4.578.454.400	40

2016	318.936	270.886	81.318	4.984.021.300	42
2017	135.697	272.084	91.000	5.457.833.400	45

Sumber : Unit Penyelenggara Bandar Udara H. Hasan Aroeboesman dan BPS Kabupaten Ende

Selanjutnya dicari nilai korelasi antar variabel yaitu jumlah penduduk, wisatawan, PDRB, dan hotel. Nilai korelasi ini sangat menentukan dalam mencari nilai persamaan regresi. Berikut merupakan nilai korelasi antar variabel :

Tabel 4.19 Korelasi antar Kargo, Penduduk, Wisatawan, PDRB, dan Hotel

	Kargo	Penduduk	Wisatawan	PDRB	Hotel
Kargo	1				
Penduduk	0,40286	1			
Wisatawan	0,39495	0,94787	1		
PDRB	0,37736	0,99712	0,96244	1	
Hotel	0,44509	0,98365	0,95759	0,98675	1

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari nilai korelasi yang didapat semua variabel bernilai positif sehingga semua variabel dapat digunakan untuk mencari nilai persamaan regresi. Berikut merupakan hasil persamaan regresi menggunakan aplikasi SPSS 16.0 :

Tabel 4.20 Hasil Regresi Koefisien Kargo

	Koefisien
Intercept	-59864178,96
Penduduk	235,2577017
Wisatawan	4,190979765
PDRB	-0,001069221
Hotel	32520,24085

Sumber : SPSS 16.0

Selanjutnya diperoleh persamaan volume kargo yaitu

$$\text{Volume Kargo} = 235,2577017 * (\text{Penduduk}) + 4,190979765 * (\text{Wisatawan}) -$$

$$0,001069221 * (\text{PDRB}) + 32520,24085 * (\text{Hotel}) - 59864178,96$$

Persamaan diatas kemudian dapat digunakan untuk memproyeksi volume kargo pada tahun 2018-2028 yaitu sebagai berikut :

Tabel 4.21 Proyeksi Volume Kargo

No	Tahun	Penduduk	Wisatawan	PDRB	Hotel	Kargo
		(Jiwa)	(Jiwa)	(Rupiah)	(Unit)	(kg)
1	2018	273.440	102.360	5.886.849.480,00	48	160.305,83
2	2019	274.796	113.721	6.315.865.560,00	51	165.774,20
3	2020	276.152	125.081	6.744.881.640,00	54	171.242,57
4	2021	277.508	136.442	7.173.897.720,00	57	176.710,94
5	2022	278.864	147.802	7.602.913.800,00	60	182.179,31
6	2023	280.220	159.162	8.031.929.880,00	63	187.647,68
7	2024	281.576	170.523	8.460.945.960,00	66	193.116,05
8	2025	282.932	181.883	8.889.962.040,00	69	198.584,42
9	2026	284.288	193.244	9.318.978.120,00	72	204.052,79
10	2027	285.644	204.604	9.747.994.200,00	75	209.521,17
11	2028	287.000	215.964	10.177.010.280,00	78	214.989,54

Sumber : Hasil Perhitungan

4.2.2.3 Metode Geometrik

Untuk kebutuhan proyeksi jumlah penumpang dan volume kargo, metode geometrik ini digunakan apabila data menunjukkan peningkatan yang pesat dari waktu ke waktu. Asumsi dalam model ini adalah data akan bertambah / berkurang pada suatu tingkat pertumbuhan yang tetap. Menurut Klosterman (1990), proyeksi dengan tingkat pertumbuhan yang tetap ini umumnya dapat diterapkan pada wilayah, dimana pada tahun-tahun awal observasi pertambahan absolute penduduknya sedikit dan menjadi semakin banyak pada tahun-tahun akhir. Model geometrik memiliki persamaan umum :

$$P_n = P_o \times (1 + r)^n \dots\dots\dots(2.15)$$

$$r = \left(\frac{P_n}{P_o}\right)^{\frac{1}{n}} - 1 \dots\dots\dots(2.16)$$

Dimana :

P_n = Proyeksi pada tahun tertentu

P_o = Data pada awal tahun

1 = Konstanta

r = Angka pertumbuhan

n = Rentang tahun

Berikut merupakan hasil perhitungan pertumbuhan tiap tahun :

Tabel 4.22 Nilai r

TAHUN	PENDUDUK	WISATAWAN	PDRB	HOTEL
2012-2013	0,01	-0,23	0,12	0,10
2013-2014	0,01	0,74	0,12	0,03
2014-2015	0,01	0,37	0,11	0,18
2015-2016	0,00	0,29	0,09	0,05
2016-2017	0,00	0,12	0,10	0,07
i rata-rata	0,01	0,26	0,11	0,09

Sumber : Hasil Perhitungan

Setelah didapat nilai r, kemudian dapat dihitung proyeksi penduduk, wisatawan, PDRB, dan hotel yaitu sebagai berikut :

Tabel 4.23 Proyeksi Penduduk, Wisatawan, PDRB, dan Hotel Tahun 2018-2028

TAHUN	PENDUDUK	WISATAWAN	PDRB	HOTEL
2018	273.461	114.539	6.031.318.316,20	49
2019	274.844	144.166	6.665.062.482,73	53
2020	276.235	181.458	7.365.397.674,24	58
2021	277.633	228.395	8.139.320.980,15	63
2022	279.038	287.474	8.994.564.712,99	68
2023	280.449	361.834	9.939.673.662,39	74
2024	281.868	455.429	10.984.090.466,57	80
2025	283.295	573.234	12.138.249.954,25	87
2026	284.728	721.511	13.413.683.399,66	94
2027	286.169	908.144	14.823.133.732,17	102
2028	287.617	1.143.052	16.380.682.851,62	111

Sumber : Hasil Perhitungan

4.2.2.3.1 Proyeksi Jumlah Penumpang

Pada perhitungan proyeksi jumlah penumpang tahun rencana, digunakan model persamaan sesuai dengan korelasi antar variabel terikat dan variabel bebas. Dimana setiap variabel yang bernilai positif dapat digunakan untuk menentukan proyeksi penumpang. Berikut merupakan nilai korelasi antar variabel :

Tabel 4.24 Korelasi antar Penumpang, Penduduk, Wisatawan, PDRB, dan Hotel

	Penumpang	Penduduk	Wisatawan	PDRB	Hotel
Penumpang	1				
Penduduk	0,90563	1			
Wisatawan	0,93344	0,94787	1		
PDRB	0,92814	0,99712	0,96244	1	
Hotel	0,90331	0,98365	0,95759	0,98675	1

Sumber : Hasil Perhitungan

Persamaan regresi dicari dengan menggunakan aplikasi SPSS 16.0, sehingga diperoleh hasil persamaan sebagai berikut :

Tabel 4.25 Hasil Regresi Koefisien Penumpang

	Koef
Intercept	8217523,439
Penduduk	-31,97304179
Wisatawan	0,063816601
PDRB	0,000142673
Hotel	-2194,389924

Sumber : SPSS 16.0

Sehingga diperoleh persamaan jumlah penumpang yaitu :

$$\text{Volume Penumpang} = -31,97304179 * (\text{Penduduk}) + 0,063816601 * (\text{wisatawan}) + 0,000142673 * (\text{PDRB}) - 2194,389924 * (\text{Hotel}) + 8217523,439$$

Persamaan diatas digunakan untuk memproyeksi jumlah penumpang pada tahun rencana 2018-2028 seperti terlihat pada tabel berikut :

Tabel 4.26 Proyeksi Jumlah Penumpang Tahun 2018-2028

NO	Tahun	Penduduk	Wisatawan	PDRB	Hotel	Penumpang
1	2018	273.461	114.539	6.031.318.316,20	49	234.764
2	2019	274.844	144.166	6.665.062.482,73	53	273.652
3	2020	276.235	181.458	7.365.397.674,24	58	321.519
4	2021	277.633	228.395	8.139.320.980,15	63	379.423
5	2022	279.038	287.474	8.994.564.712,99	68	448.550
6	2023	280.449	361.834	9.939.673.662,39	74	530.241
7	2024	281.868	455.429	10.984.090.466,57	80	626.007
8	2025	283.295	573.234	12.138.249.954,25	87	737.561
9	2026	284.728	721.511	13.413.683.399,66	94	866.843
10	2027	286.169	908.144	14.823.133.732,17	102	1.016.064

11	2028	287.617	1.143.052	16.380.682.851,62	111	1.187.745
----	------	---------	-----------	-------------------	-----	-----------

Sumber : Hasil Perhitungan

4.2.2.3.2 Proyeksi Volume Kargo

Perhitungan proyeksi jumlah kargo menggunakan formula yang sama seperti pada perhitungan proyeksi jumlah penumpang. Data-data yang digunakan yaitu jumlah penduduk, wisatawan, PDRB, dan hotel.

Tabel 4.27 Data Kargo

TAHUN	KARGO	PENDUDUK	WISATAWAN	PDRB	HOTEL
2012	118.027	265.304	34.198	3.312.753.000	30
2013	185.535	266.909	26.396	3.712.666.300	33
2014	104.608	268.314	45.933	4.140.972.600	34
2015	192.447	269.724	62.957	4.578.454.400	40
2016	318.936	270.886	81.318	4.984.021.300	42
2017	135.697	272.084	91.000	5.457.833.400	45

Sumber : Unit Penyelenggara Bandar Udara H. Hasan Aroeboesman dan BPS Kabupaten Ende

Selanjutnya dicari nilai korelasi antar variabel yaitu jumlah penduduk, wisatawan, PDRB, dan hotel. Nilai korelasi ini sangat menentukan dalam mencari nilai persamaan regresi. Berikut merupakan nilai korelasi antar variabel :

Tabel 4.28 Korelasi antar Kargo, Penduduk, Wisatawan, PDRB, dan Hotel

	Kargo	Penduduk	Wisatawan	PDRB	Hotel
Kargo	1				
Penduduk	0,40286	1			
Wisatawan	0,39495	0,94787	1		
PDRB	0,37736	0,99712	0,96244	1	
Hotel	0,44509	0,98365	0,95759	0,98675	1

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari nilai korelasi yang didapat semua variabel bernilai positif sehingga semua variabel dapat digunakan untuk mencari nilai persamaan regresi. Berikut merupakan hasil persamaan regresi menggunakan aplikasi SPSS 16.0 :

Tabel 4.29 Hasil Regresi Koefisien Kargo

	Koef
Intercept	-59864178,96
Penduduk	235,2577017
Wisatawan	4,190979765
PDRB	-0,001069221
Hotel	32520,24085

Sumber : SPSS 16.0

Selanjutnya diperoleh persamaan volume kargo yaitu

Volume Kargo = 235,2577017 * (Penduduk) + 4,190979765 * (Wisatawan) –

0,001069221 * (PDRB) + 32520,24085 * (Hotel) – 59864178,96

Persamaan diatas kemudian dapat digunakan untuk memproyeksi volume kargo pada tahun 2018-2028 yaitu sebagai berikut :

Tabel 4.30 Proyeksi Jumlah Kargo

No	Tahun	Penduduk	Wisatawan	PDRB	Hotel	Kargo
		(Jiwa)	(Jiwa)	(Rupiah)	(Unit)	(kg)
1	2018	273.461	114.539	6.031.318.316,20	45	-28.408,38
2	2019	274.844	144.166	6.037.655.757,87	53	668.486,43
3	2020	276.235	181.458	7.365.397.674,24	58	-119.996,85
4	2021	277.633	228.395	8.139.320.980,15	63	-261.593,56
5	2022	279.038	287.474	8.994.564.712,99	68	-423.858,90
6	2023	280.449	361.834	9.939.673.662,39	74	-601.582,62
7	2024	281.868	455.429	10.984.090.466,57	80	-787.009,08
8	2025	283.295	573.234	12.138.249.954,25	87	-969.048,92
9	2026	284.728	721.511	13.413.683.399,66	94	-1.132.272,64
10	2027	286.169	908.144	14.823.133.732,17	102	-1.255.628,46
11	2028	287.617	1.143.052	16.380.682.851,62	111	-1.310.811,36

Sumber : Hasil Perhitungan

4.2.3 Pemilihan Metode

Dari ketiga metode yang telah dikerjakan, ditentukan satu metode yang paling mewakili pola pertumbuhan penduduk pada suatu wilayah perencanaan. Untuk menentukan metode yang paling mewakili, diperlukan perhitungan faktor korelasi dan standar deviasi.

Perhitungan faktor korelasi dan standar deviasi dapat dilakukan dengan menganalisa dan membandingkan data yang tersedia dengan data-data dari perhitungan metode proyeksi yang digunakan. Faktor korelasi dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$r^2 = \frac{(P_n - P_r)^2 - (P_n - P)^2}{(P_n - P_r)^2} \dots\dots\dots(2.18)$$

Dimana :

r^2 = Faktor korelasi

P_n = Jumlah Penduduk Pada Tahun ke-n

P_r = Rata-rata jumlah penduduk dari data yang diketahui

P = Estimasi jumlah penduduk berdasarkan perhitungan metode yang dilakukan.

Kriteria korelasi adalah sebagai berikut:

1. $r < 0$, kedua data memiliki korelasi kuat dan memiliki hubungan positif yang berbanding lurus satu sama lain.
2. $r = 0$, kedua data tidak berkorelasi
3. $r > 0$, kedua data memiliki korelasi kuat dan memiliki hubungan positif yang berbanding lurus satu sama lain.

Tabel 4.31 Perhitungan nilai r

	r	R
Aritmatik	0,82197804	0,90663
Geometrik	0,816421389	0,90356
multi linear	0,818017717	0,904443

Sumber : Hasil Perhitungan

Sedangkan persamaan standar deviasi dirumuskan persamaan matematis berikut:

$$STD = \left[\frac{\sum (P_n - P)^2 - (\sum (P_n - P)^2 / n)}{n} \right]^{1/2} \dots\dots\dots(2.19)$$

Dimana :

STD = Standar deviasi dari data yang diketahui

n = Jumlah data yang diketahui

Tabel 4.32 Nilai Standar Deviasi

	$(P_n - P)^2$	$(P_n - P)^2/n$	STD
Aritmatik	1.838.736	306.456	226
Geometrik	1.896.129	316.021,5	229,5
multi linear	1.879.641	313.273,5	228,5

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.33 Nilai r^2 dan Standar Deviasi untuk Setiap Metode

	Aritmatik	Geometrik	Multi Linear
r^2	0,906630046	0,903560396	0,904443319
R	0,82197804	0,816421389	0,818017717
STD	226	229,5	228,5

Sumber : Hasil Perhitungan

Berdasarkan tabel 4.33 dapat ditentukan bahwa metode yang paling tepat dan paling mewakili untuk digunakan sebagai metode proyeksi penumpang dan kargo adalah metode aritmatik. Hal ini dikarenakan metode ini memiliki nilai faktor korelasi yang mendekati 1. Meskipun nilai standar deviasi metode geometric dan multilinear lebih besar dengan metode aritmatik namun perbedaannya kecil. Selain itu dari data tahunan awal yang diperoleh, data-data tersebut memiliki grafik yang tidak stabil dalam artian nilai setiap tahunan setiap variable tidak tetap meningkat maupun menurun. Jadi metode yang paling menggambarkan kondisi penumpang dan kargo untuk 11 tahun mendatang adalah metode aritmatik.

4.3 Modulasi Pergerakan Pesawat

Hasil proyeksi penumpang dan kargo selanjutnya digunakan untuk meramalkan pergerakan pesawat dalam lalu lintas harian maupun lalu lintas pada jam puncak. Lalu lintas tahunan digunakan untuk menghitung volume jam puncak pada tahun 2018, 2023, dan 2028. Lalu lintas harian diperoleh dari data jumlah penumpang atau kargo tahunan dibagi 365 hari. Jumlah pesawat yang beroperasi diperoleh dari iterasi. Kapasitas pesawat dikalikan dengan load faktor sebesar 75 %.

Tabel 4.34 Pesawat Yang Beroperasi di Bandar Udara H. Hasan Aroeboesman

No.	Maskapai	Tipe Pesawat	Rute Pesawat	Frekuensi (per minggu)
1.	Garuda Indonesia	ATR 72-600	Kupang-Ende- Labuan Bajo-Denpasar	14
2.	Wings Air	ATR 72-600	Ende-Tambolaka- Kupang	14
3.	Wings Air	ATR 72-600	Kupang-Ende- Labuan Bajo-Denpasar	14
4.	Transnusa	Fokker 50	Kupang-Ende	14

Sumber : Unit Penyelenggara Bandar Udara H. Hasan Aroeboesman

Tabel 4.35 Kapasitas Penumpang Pesawat

Jenis Pesawat	Kapasitas penumpang	Kapasitas * LF
ATR 72-600	72	54
Fokker 50	48	36
LF = Load Factor = 0,75		

Sumber : Hasil Perhitungan

Perhitungan dilakukan dengan menggunakan rumus :

$$\text{Volume penumpang mingguan} = \frac{\text{volume penumpang tahunan skenario moderat}}{52} \quad (2.20)$$

$$\text{Total pergerakan 1 minggu} = (LF \times \text{kapasitas penumpang}) \times \text{jumlah pergerakan pesawat.} \quad (2.21)$$

Total pergerakan pesawat dalam 1 hari diperoleh dengan menggunakan iterasi antara jumlah dari load factor * kapasitas pesawat * jumlah setiap jenis pesawat. Iterasi dilakukan sampai total pergerakan $\geq$ volume penumpang harian.

$$\text{Koefisien jam puncak} = \frac{1,38}{\sqrt{\text{total pergerakan pesawat dalam 1 minggu}}} \dots\dots\dots(2.22)$$

Tabel 4.36 Koefisien Jam Puncak Penumpang Mingguan

Tahun	Pergerakan penumpang tahunan	Pergerakan penumpang mingguan	Pergerakan pesawat		Total Pergerakan	Total Pergerakan Pesawat	Koefisien Jam Puncak
			ATR 72-600	Fokker 50			
			54	36			
2018	215.911	4.152	52	40	4.248	92	0,14
2023	275.888	5.306	70	44	5.364	114	0,13
2028	335.865	6.459	84	56	6.552	140	0,12

Sumber : Hasil Perhitungan

$$\text{Volume jam puncak} = \text{koefisien jam puncak} \times \text{volume penumpang mingguan} \dots\dots\dots(2.23)$$

$$\text{Total pergerakan pesawat per jam} = \frac{\text{volume jam puncak}}{\text{load factor} \times \text{kapasitas penumpang}} \dots\dots\dots(2.24)$$

Tabel 4.37 Pergerakan Pesawat Pada Jam Puncak Penumpang

Tahun	Volume penumpang jam puncak	Pergerakan pesawat		Total Pergerakan	Total Pergerakan Pesawat
		ATR 72-600	Fokker 50		
		54	36		
2018	597	9	4	630	13
2023	686	11	4	738	15
2028	753	12	4	792	16

Sumber : Hasil Perhitungan

Selain menggunakan pesawat eksisting yaitu ATR 72-600 dan Fokker 50, rencana lain adalah dengan menggunakan pesawat rencana yaitu Embraer 195. Berikut perhitungannya yaitu sebagai berikut :

Tabel 4.38 Kapasitas Penumpang Pesawat

Jenis Pesawat	Kapasitas penumpang	Kapasitas * LF
ATR 72-600	72	54
Fokker 50	48	36
Embraer 195	116	87

Sumber : Hasil Perhitungan

Perhitungan dilakukan dengan menggunakan rumus :

$$\text{Volume penumpang mingguan} = \frac{\text{volume penumpang tahunan skenario moderat}}{52} \quad (2.20)$$

$$\text{Total pergerakan 1 minggu} = (LF \times \text{kapasitas penumpang}) \times \text{jumlah pergerakan pesawat.} \quad (2.21)$$

Total pergerakan pesawat dalam 1 hari diperoleh dengan menggunakan iterasi antara jumlah dari load factor * kapasitas pesawat * jumlah setiap jenis pesawat. Iterasi dilakukan sampai total pergerakan $\geq$ volume penumpang mingguan.

$$\text{Koefisien jam puncak} = \frac{1,38}{\sqrt{\text{total pergerakan pesawat dalam 1 minggu}}} \dots\dots\dots (2.22)$$

Tabel 4.39 Koefisien Jam Puncak Penumpang Mingguan

Tahun	Pergerakan penumpang tahunan	Pergerakan penumpang mingguan	Pergerakan pesawat			Total Pergerakan	Total Pergerakan Pesawat	Koefisien Jam Puncak
			ATR 72-600	Fokker 50	Embraer 195			
			54	36	87			
2018	215.911	4.152	26	24	22	4.182	72	0,16
2023	275.888	5.306	34	30	28	5.352	92	0,14
2028	335.865	6.459	42	36	34	6.522	112	0,13

Sumber : Hasil Perhitungan

Volume jam puncak = koefisien jam puncak x volume penumpang mingguan.....(2.23)

Total pergerakan pesawat per jam = $\frac{\text{volume jam puncak}}{\text{load factor} \times \text{kapasitas penumpang}}$ (2.24)

Tabel 4.40 Total Pergerakan Pesawat Pada Jam Puncak Penumpang

Tahun	Volume penumpang jam puncak	Pergerakan pesawat			Total Pergerakan	Total Pergerakan Pesawat
		ATR 72-600	Fokker 50	Embraer 195		
		54	36	87		
2018	675	6	5	2	678	13
2023	763	7	4	3	783	14
2028	842	6	3	5	867	14

Sumber : Hasil Perhitungan

4.4 Pembahasan

4.4.1 Kondisi Lingkungan

Tabel 4.41 Kondisi Lingkungan Bandar Udara H. Hasan Aroeboesman

I.	Kondisi	Keterangan
1.	Temperatur rata-rata	Min : 27 ⁰ C
		Rata-rata : 29,5 ⁰ C
		Max : 32 ⁰ C
2.	Elevasi Runway (rata-rata)	+ 15 feet
3.	<i>Slope Runway</i>	1 %
4.	Arah Runway	27 – 09
5.	Kecepatan angin	5 – 10 knots
6.	<i>Airport References Code</i>	3 C
7.	Luas Lahan	220.174 m ²

Sumber : Unit Penyelenggara Bandar Udara H. Hasan Aroeboesman

4.4.2 Luas Lahan Yang Dapat Dikembangkan

Luas lahan yang dimiliki Bandara H. Hasan Aroeboesman hingga saat ini adalah 220.174 m². Untuk luas lahan yang masih dapat dikembangkan Bandar udara ini dalam perencanaan ini yaitu sebagai berikut :

Bagian Sebelah Barat (Runway 09)	: 50 m x 208 m
Bagian Sebelah Utara	: 1.280 m x 55 m
Bagian Sebelah Utara (samping apron)	: 265 m x 80 m
Bagian Sebelah Selatan	: 1.700 m x 65 m
Bagian Sebelah Timur (Runway 27)	: 50 m x 190 m



Gambar 4.3 Luas Lahan Yang Dapat Dikembangkan Bagian Barat Bandara (Runway 09)
Sumber : Dokumentasi



Gambar 4.4 Luas Lahan Yang Dapat Dikembangkan Bagian Utara Bandara
Sumber : Dokumentasi



Gambar 4.5 Luas Lahan Yang Dapat Dikembangkan Bagian Utara (samping *apron*) Bandara
Sumber : Dokumentasi



Gambar 4.6 Luas Lahan Yang Dapat Dikembangkan Bagian Selatan Bandara
Sumber : Dokumentasi



Gambar 4.7 Luas Lahan Yang Dapat Dikembangkan Bagian Timur Bandara (*Runway 27*)
Sumber : Dokumentasi



Gambar 4.8 Luas Lahan Yang Dapat Dikembangkan Bagian Timur Bandara (*Runway 27*)
Sumber : Dokumentasi

Dalam perencanaan optimalisasi Bandar Udara H. Hasan Aroeboeman ini diperlukan lahan yang besar. Untuk penambahan dimensi apron masih terdapat lahan di sebelah utara bandara (samping apron), sedangkan untuk penambahan dimensi landasan pacu (runway) diperlukan lahan yang cukup besar. Oleh karena itu pembebasan lahan yang dilakukan pemerintah daerah dilakukan untuk mempercepat perpanjangan landasan pacu tersebut.

4.4.3 Landasan Pacu (*Runway*)

Dalam perencanaan fasilitas sisi udara digunakan pesawat Embraer 195 sebagai asumsi pesawat yang akan beroperasi di Bandar Udara H. Hasan Aroeboesman pada tahun rencana. Untuk perencanaan panjang landasan pacu digunakan pesawat kritis sebagai acuan untuk optimalisasi bandara dan pesawat Embraer 195 merupakan pesawat kritis tersebut.

Tabel 4.42 Karakteristik Pesawat Kritis

Karakteristik Pesawat	
Model Pesawat	Embraer 195
Panjang (m)	38,6
Lebar Sayap (m)	28,7
<i>OMGWS (Outer Main Gear Wheel Span)</i> (m)	7,3
<i>MTOW (Maximum Take-Off Weight)</i> (kg)	52.290
<i>ARFL (Aerodrome Reference Field Length)</i> (m)	1.432
<i>TP (Tyre Pressure)</i> (kPa)	828
Kapasitas Penumpang	116
<i>ARC (Aerodrome Reference Code)</i>	3 C

Sumber : Design Standards For Licensed Aerodromes

Sedangkan data karakteristik landasan pacu Bandar Udara H. Hasan Aroeboesman sebagai berikut :

Tabel 4.43 Karakteristik *Runway*

Karakteristik <i>Runway</i>	
Arah <i>runway</i>	27 – 09
Panjang <i>runway</i> (m)	1.650
Elevasi <i>runway</i> (m)	4,6
Suhu (°C)	29,5
<i>Slope runway</i> (%)	1

Sumber : Unit Penyelenggara Bandar Udara H. Hasan Aroeboesman

4.4.3.1 Panjang *Runway*

Dari kedua data karakteristik tersebut, selanjutnya dapat dilakukan perhitungan untuk dapat menentukan perencanaan panjang *runway*. Untuk mendapatkan panjang *runway* yang aktual diperlukan beberapa koreksi terhadap faktor elevasi, temperatur, dan *slope* (kelandaian) *runway*. Sebelum kita melakukan koreksi, terlebih dahulu harus dicari nilai ARFL. ARFL adalah panjang landasan minimum bagi pesawat untuk *take-off* pada keadaan standar yaitu pada kondisi MTOW, ketinggian nol terhadap permukaan air laut, kondisi atmosfer standar, keadaan tanpa angin, dan kemiringan *runway* nol. Nilai ARFL didapat dari pabrik pembuat pesawat. Adapun ARFL pesawat Embraer 195 adalah 1.432 m. Perhitungan koreksi terhadap *runway* berdasarkan data ARFL dan data karakteristik runway adalah sebagai berikut :

- Koreksi terhadap Elevasi (KE)

$$: KE = \left[ARFL \times 7\% \times \frac{elevasirunway}{300} \right] + ARFL \dots\dots\dots(2.2)$$

$$KE = \left[1432 \times 7\% \times \frac{4,6}{300} \right] + 1432 = 1.433,54 \text{ m}$$

- Koreksi terhadap Elevasi dan Temperatur (KET)

$$KET = KE \times (temperatur - (15 - 0,0065h)) \times 1\% + KE \dots\dots\dots(2.1)$$

$$KET = 1433,54 \times (29,5 - (15 - 0,0065 \times 4,6)) \times 1\% + 1433,54 = 1.641,83 \text{ m}$$

- Koreksi terhadap Elevasi, Temperatur dan Slope (KETS)

$$KETS = [KET \times Slope \times 10\%] + KET \dots\dots\dots(2.3)$$

$$KETS = [1641,83 \times 1\% \times 10\%] + 1641,83 = 1.643,47 \text{ m}$$

Dengan mempertimbangkan faktor keamanan dan kemudahan pengerjaan maka panjang *runway* aktual atau yang juga dikenal dengan TORA (*Take-off Run Available*) adalah 1.645 m. Panjang *runway* eksisting Bandar Udara H. Hasan Aroeboesman saat ini adalah 1.650 m, sehingga tidak diperlukan penambahan panjang *runway* untuk pesawat rencana Embraer 195.

4.4.3.2 Lebar *Runway*

Pada desain *runway* Bandar udara H. Hasan Aroeboesman, pesawat kritis yang digunakan adalah jenis Embraer 195. Sesuai dengan karakteristik pesawat pada tabel 4.42, ARC pesawat kritis adalah 3 C. Dari tabel 4.44 dapat diketahui lebar *runway* untuk ARC pesawat 3 C adalah 30 m.

Tabel 4.44 Lebar *Runway*

Kode Angka	Kode Huruf					
	A	B	C	D	E	F
1	18	18	23	-	-	-
2	23	23	30	-	-	-
3	30	30	30	45	-	-
4	-	-	45	45	45	60

Sumber : Basuki, H. 1986

4.4.3.3 Bahu Landasan Pacu (*Runway Shoulder*)

Runway shoulder adalah suatu bidang tertentu sepanjang tepi kiri dan kanan landasan yang berbatasan dengan perkerasan struktural yang dipergunakan sebagai penahan erosi akibat semburan jet, melayani peralatan perawatan landasan, dan juga memperkecil resiko kerusakan pada pesawat terbang bila pesawat tersebut harus keluar landasan pacu, *Runway shoulder* harus dirancang dengan kekuatan yang cukup agar mampu menahan pesawat yang tergelincir tanpa mengakibatkan kerusakan struktural pada pesawat.

Berdasarkan rekomendasi ICAO Annex-14 Aerodromes :

- *Runway shoulder* harus disediakan untuk *runway* dengan kode huruf D atau E, dan lebar *runway* lebih kecil dari 60 m

- *Runway shoulder* harus disediakan untuk *runway* dengan kode huruf F.

Sesuai data lebar dan kode landasan pacu diatas yaitu 30 m dan kode huruf C, maka untuk peningkatan landasan pacu Bandar udara H. Hasan Aroeboesman tidak memerlukan bahu landasan.

4.4.3.4 *Runway Strips*

Runway strips merupakan area yang membentang mulai dari sebelum threshold, yang berguna untuk mengurangi resiko kecelakaan pada pesawat apabila pesawat melenceng dari landasan serta untuk melindungi pesawat.

Berdasarkan ICAO Annex 14-Aerodromes diperoleh data untuk jenis pesawat Embraer 195 yang mempunyai kode angka 3 yaitu sebagai berikut :

- a. Panjang *runway strips* = 60 m
- b. Lebar *runway strips* = 150 m (dari garis tengah)
- c. *Longitudinal slope* = 1,5 %
- d. *Transversal slope* = 2,5 %

4.4.3.5 Area Keamanan Ujung Landasan (*Runway End Safety Area*)

Runway End Safety Area merupakan suatu area yang simetris, merupakan perpanjangan dari sumbu landasan dan berbatasan dengan strips yang berguna untuk mengurangi resiko kecelakaan pesawat. Dari ICAO didapat :

- Panjang : Area keamanan ujung landasan dibuat dengan panjang secukupnya tetap paling kurang 90 m
- Lebar : Jika memungkinkan sebaiknya sama dengan lebar *runway strips*
- *Longitudinal slope* : Sebaiknya tidak melebihi kemiringan menurun lebih dari 5 %, serta segradual mungkin, hindari kemiringan tajam dan tiba-tiba
- *Transversal slope* : Kemiringan menaik maupun menurun tidak melebihi 5 %, serta segradual mungkin.

Dengan demikian diperoleh :

Panjang RESA = 90 m

Lebar RESA = 60 m

Longitudinal slope = 5 %

Transversal slope = 5 %

4.4.3.6 *Stopway*

Stopway adalah area berbentuk empat persegi panjang di atas tanah yang berada di akhir *Take Off Run Available (TORA)*. *Stopway* digunakan untuk memberi tempat berhenti pesawat yang gagal lepas landas. Perkerasan *stopway* harus cukup kuat untuk menahan beban pesawat yang gagal lepas landas tanpa mengakibatkan kerusakan pada pesawat tersebut. Kemiringan *stopway* disesuaikan dengan persyaratan landasan yaitu :

- Pembatasan kemiringan 0,8 % pada seperempat awal dan akhir landasan tidak berlaku
- Kemiringan *stopway* diukur dari ujung landasan sebesar 0,3 % tiap 30 m bagi landasan dengan kode angka 3 atau 4.

Berdasarkan ICAO Annex 14 – Aerodromes diperoleh data sebagai berikut :

- Panjang *stopway* = 60 m
- Lebar *stopway* = 30 m (sama seperti *runway*)
- *Longitudinal slope* = 1 %

4.4.3.7 *Clearway*

Clearway merupakan panjang landasan tambahan pada ujung *runway* yang memungkinkan pesawat dapat lepas landas pada ketinggian tertentu tanpa mendapat gangguan. Letak *clearway* dilokasikan pada akhir daerah *take-off run available (TORA)*. Berdasarkan ICAO Annex 14 –Aerodromes maka didapat :

- Panjang *clearway* tidak melebihi setengah dari *take-off run available (TORA)*. Dalam perencanaan ini panjang *clearway* diambil 90 m
- Lebar *clearway* minimum dalam ketentuan adalah 75 m masing-masing sisinya. Dalam perencanaan ini lebar *clearway* masing-masing sisi 75 m, sehingga total lebar *clearway* yaitu $2 \times 75 \text{ m} = 150 \text{ m}$
- Kemiringan *clearway* diambil nilai 1,25 %

4.4.3.8 *Declared Distance*

Declared distance adalah jarak yang diinformasikan kepada pilot berkenaan dengan keterbatasan suatu landasan untuk melayani berbagai manuver dari pesawat yang landing dan *take-off* pada landasan tersebut. Berikut *declared distance* meliputi :

- Take-Off Run Available (TORA)* didapat yaitu 1.645 m
- Take-Off Distance Available (TODA)*, TODA adalah panjang TORA ditambah dengan panjang *clearway*. Kemudian didapat panjang TODA yaitu $1645 \text{ m} + 90 \text{ m} = 1.735 \text{ m}$

- c. *Accelerate Stop Distance Available* (ASDA) yaitu panjang TORA ditambah dengan panjang *stopway*. *Stopway* tidak selalu ada pada suatu *runway* karena pengadaannya tergantung kondisi sekitar. Ditentukan bahwa panjang *stopway* adalah 60 m. Ini adalah panjang landasan yang tersedia bagi pesawat yang membatalkan *take-off* karena kerusakan mesin.

$$ASDA = 1645 + 60 = 1.705 \text{ m}$$

- d. *Landing Distance Available* (LDA) yaitu panjang *runway* yang dibutuhkan pesawat untuk *landing*. Panjang LDA ini sama dengan panjang ARFL setelah dikoreksi terhadap elevasi. Berdasarkan perhitungan didapat bahwa panjang LDA = 1.433,54 m, untuk kemudahan pengerjaan lapangan maka diambil LDA = 1.435 m

4.4.3.9 Take-Off Distance

Take-Off distance merupakan jarak yang diperlukan pesawat untuk *take-off* sampai mencapai ketinggian aman yaitu setinggi 10,7 m (35 feet) dari permukaan landasan. Untuk menentukan *take-off distance* diperlukan 2 kondisi yang harus diperhatikan :

- a. *Engine failure case* mempunyai panjang yang sama dengan Take-Off Distance Available (TODA) yaitu 1.735 m
- b. *Normal Take-Off Case* pada saat semua mesin bekerja secara normal, untuk perhitungan diambil 1,15 kali ASDA yaitu $1,15 \times 1705 = 1.960,75 \text{ m} = 1.961 \text{ m}$

4.4.4 Landasan Hubung (*Taxiway*)

Taxiway merupakan jalur yang menghubungkan antara *runway* dan *apron* dengan fungsi utama adalah sebagai jalan keluar masuk pesawat dari *runway* ke bangunan terminal dan sebaliknya yang dipersiapkan dimana pesawat dapat bergerak di permukaan bumi dari satu tempat ke tempat lain di lapangan terbang. *Taxiway* diatur sedemikian hingga pesawat yang baru mendarat tidak mengganggu pesawat lain yang siap menuju ujung lepas landas. Sistem landasan hubung meliputi landasan hubung masuk (*entrance taxiway*) dan landasan hubung ke luar (*exit taxiway*).

Di bandar udara yang sibuk dimana lalu lintas keberangkatan dan kedatangan pesawat yang tinggi diperkirakan bergerak sama banyak dari dua arah, maka harus dibuat *parallel taxiway* terhadap landasan untuk satu arah. Rutenya dipilih dari jarak terpendek dari bangunan terminal menuju ujung landasan yang dipakai untuk awal lepas landas. Sistem *taxiway* harus dirancang sedemikian rupa sehingga dapat mengatasi keterbatasan pergerakan pesawat dari dan ke *runway* serta *apron*. Pada tingkat penggunaan *runway* yang rendah, sistem *taxiway*

dapat melayani arus pergerakan pesawat dengan baik. Tetapi jika penggunaan *runway* meningkat, maka kapasitas sistem *taxiway* pun harus ditingkatkan. Pada saat kedatangan maupun keberangkatan pesawat pada jarak pemisah minimum, sistem *taxiway* harus mampu melayani pesawat keluar dan masuk *runway* secepatnya.

4.4.4.1 Lebar dan Kemiringan Taxiway

Penentuan lebar *taxiway* ditentukan oleh kode huruf dan *wheelbase*. Diketahui pesawat rencana yang telah dibahas adalah Embraer 195 dan berdasarkan klasifikasi kode ARC tersebut memiliki kode huruf C. Berdasarkan Annex 14-Aerodromes didapat bahwa :

- a. Lebar landasan hubung = 15 m

Tabel 4.45 Lebar Taxiway

Kode Huruf	Lebar (m)	Keterangan
A	7,5	-
B	10,5	-
C	15	Untuk pesawat terbang dengan jarak antar as roda depan dengan as roda pendaratan <18 m
	18	Untuk pesawat terbang dengan jarak antar as roda depan dengan as roda pendaratan >18 m
D	18	Untuk pesawat terbang dengan jarak antar as roda depan dengan as roda pendaratan <9 m
	23	Untuk pesawat terbang dengan jarak antar as roda depan dengan as roda pendaratan >9 m
E	23	-
F	25	-

Sumber : Horonjeff, R (1988)

- b. Kemiringan longitudinal *taxiway* = 1,5 %
c. Kemiringan transversal *taxiway* = 1,5 %

4.4.4.2 Tikungan Pada *Taxiway*

Tikungan pada *taxiway* merupakan garis yang terletak tepat di tengah *taxiway* yang sedang berbelok. Jarak dari titik pusat rotasi belokan dengan lengkung *taxiway* ialah jari-jari belokan tersebut. Perubahan arah dalam *taxiway* harus diusahakan sekecil mungkin dan desain dari *taxiway curves* harus sedemikian rupa sehingga sehingga ketika pesawat sedang membelok, jarak bebas minimum dari roda utama terluar pesawat ke tepi *taxiway* tidak kurang dari batas yang telah ditentukan.

Menurut ICAO Annex 14-Aerodromes didapat jarak bebas minimum dari sisi terluar roda utama dengan perkerasan *taxiway* adalah 3 meter. Bila *taxiway curves* tak dapat dihindari, radius kelokan harus disesuaikan dengan kemampuan manuver pesawat dan kecepatan pesawat ketika berbelok harus dibatasi agar kecepatan rencana *taxiway* dapat terpenuhi.

4.4.4.3 Jarak Minimum Pemisah *Taxiway*

Jarak minimum pemisah *taxiway* adalah jarak minimum pemisah antara garis tengah *taxiway* dengan *runway*, antara garis tengah *taxiway* paralel satu sama lain, ataupun antara garis tengah *taxiway* dengan objek lain. Jarak minimum pemisah *taxiway* pada dasarnya dihitung berdasarkan lebar sayap (*wingspan*), deviasi lateral (*lateral deviation*), dan penambahan (*increment*).

Tabel 4.46 Minimum Separation Distance Between Taxiway and Taxiway or Object

Between	Formula	A	B	C	D	E
Taxiway center line (apron taxi-way center line) and taxi-way center line	Wing Span (Y)	15	24	36	52	60
	+ 2x maximum lateral deviation (X)	3	4.5	6	9	9
	+ increment (Z)	3	3	4.5	7.5	7.5
	= Separation Distance (V)	21	31.5	46.5	68.5	76.5
Taxiway center line and object	Wing Span (Y)	7.5	12	18	26	30
	+ 2x maximum lateral deviation (X)	1.5	2.25	3	4.5	4.5
	+ increment (Z)	4.5	5.25	7.5	12	12
	= Separation Distance (V)	13.5	19.5	28.5	42.5	46.5
Apron taxiway	Wing Span (Y)	7.5	12	18	26	30
center line and object	+ 2x maximum lateral deviation (X)	1.5	2.25	3	4.5	4.5
	+ increment (Z)	4.5	5.25	7.5	12	12
	= Separation Distance (V)	13.5	19.5	28.5	42.5	46.5
Aircraft stand taxilane center line and object	Wing Span (Y)	7.5	12	18	26	30
	+ 2x maximum lateral deviation (X)	1.5	1.5	2	2.5	2.5
	+ increment (Z)	3	3	4.5	7.5	7.5
	= Separation Distance (V)	12	16.5	24.5	36	40
all dimensions in meter						

Sumber : ICAO Annex 14 Aerodromes

Deviasi lateral adalah jarak antara garis tengah pesawat dengan garis tengah *taxiway* sebagai hasil dari ketidaktepatan pesawat berjalan di atas garis tengah *taxiway*. *Increment* adalah faktor keamanan yang ditambahkan dengan tujuan memberikan ruang ekstra bagi pesawat yang sedang *taxiing*. Nilai *increment* untuk pesawat yang lebih besar diberi lebih besar pula karena keputusan yang harus diambil pilot dalam menentukan jarak bebas semakin bertambah sulit seiring dengan bertambah besarnya ukuran *wingspan* dan bertambah besarnya momentum yang dihasilkan oleh pesawat lebih besar sehingga dapat menyebabkan meluncur ke tepi *taxiway*.

Berdasarkan ICAO Annex 14 Aerodromes diperoleh data sebagai berikut :

- Jarak minimum antara garis tengah *taxiway apron* dan garis tengah *taxiway* = 46,5 m
- Jarak antara garis tengah *taxiway* dengan suatu objek = 28,5 m
- Jarak antara garis tengah *apron* dengan objek = 28,5 m
- Jarak antara garis tengah *aircraft stand taxilane* dengan suatu objek = 24,5 m

Jarak antara garis tengah *runway* dan *taxiway* dengan sistem operasi *non-precision approach runway* dalam desain ini kode ARC 3 C direncanakan 168 m. Jarak minimum pemisah antara *runway* dan *taxiway* didasarkan pada lebar *trips* dan *wingspan*. Jarak pemisah minimum yang diperoleh yaitu :

$$S = 0,5 (SW + WS) = 0,5 (150 + 28,7) = 89,35 \text{ m} = 90 \text{ m}$$

4.4.4.4 Taxiway Shoulders and Strips

Taxiway shoulder adalah area yang ditambahkan pada tepi perkerasan *taxiway*. Kegunaan utama dari *taxiway shoulder* untuk mencegah kerusakan mesin pesawat dari batuan atau benda lain yang tersedot oleh dan ke dalam mesin pesawat tersebut dan juga ditujukan untuk mencegah terjadinya erosi pada tepi perkerasan. *Taxiway shoulder* harus ditambahkan untuk *taxiway* dengan kode huruf C, D, E, atau F. *Taxiway* perlu dilengkapi bahu pada kedua sisinya, sehingga lebar *taxiway* ditambah bahu untuk kode huruf C yaitu tidak kurang dari 25 m.

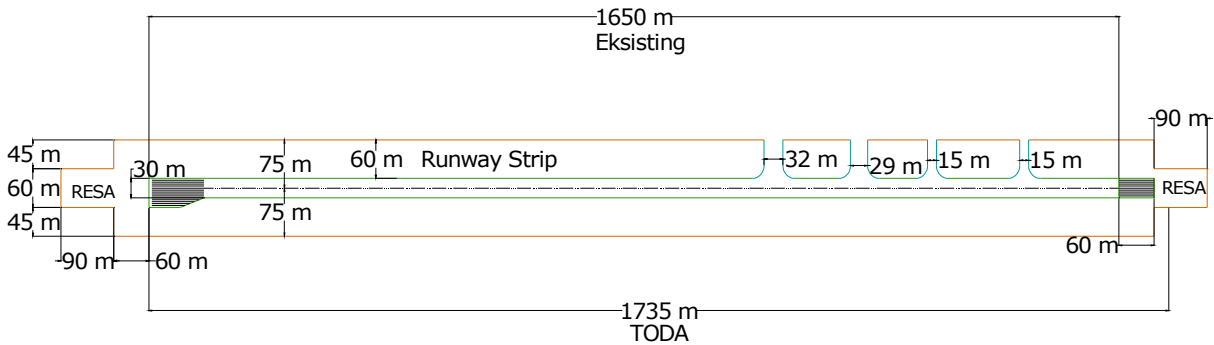
Taxiway strip adalah area termasuk *taxiway* yang ditujukan untuk melindungi pesawat yang beroperasi pada *taxiway* dan untuk mengurangi resiko kerusakan pesawat akibat tergelincir dari *taxiway*. Jarak *taxiway strip* ke *centre line taxiway* untuk desain ini adalah 28,5 m , sehingga dapat dihitung lebar *taxiway strip* adalah $2 \times 28,5 \text{ m} = 57 \text{ m}$.

4.4.4.5 Kemiringan Taxiway (Taxiway Slope)

Untuk kode huruf C kemiringan longitudinal pada *taxiway* tidak lebih dari 1,5 % dan *transversal slope* pada *taxiway* tidak lebih dari 1,5 %.

4.4.5 Gambaran Runway dan Taxiway Rencana

Dari hasil perhitungan landasan pacu dan landasan hubung didapatkan gambaran perencanaan yaitu sebagai berikut :



Gambar 4.9 Layout *Runway* dan *Taxiway*
Sumber : Autocad File

4.4.6 Desain Tebal Perkerasan Metode FAA

1. Menentukan Pesawat Rencana

Dalam perencanaan ini dipilih jenis pesawat rencana yaitu Embraer 195 yang didapat dari hasil proyeksi penumpang pada tahun rencana.

2. Menentukan *Dual Gear Departure* (R_2)

Setiap pesawat mempunyai beragam tipe roda pendaratan pesawat. R_2 merupakan jumlah keberangkatan pesawat tahunan dikalikan dengan faktor konversi roda pendaratan pesawat. Dari data sebelumnya didapat pergerakan pesawat rencana tahunan yaitu 1.768 pergerakan pesawat dan faktor konversi pesawat Embraer 195 yaitu sebagai berikut :

Tabel 4.47 Faktor Konversi Roda Pendaratan

Konversi Dari	Ke	Faktor Pengali
Single Wheel	Dual Wheel	0,80
Single Wheel	Dual Tandem	0,50
Dual Wheel	Dual Tandem	0,60
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

Sumber : Basuki, H

$$\begin{aligned}
 R_2 &= \text{Pergerakan pesawat tahunan} \times \text{Faktor konversi roda pendaratan.} \quad (2.25) \\
 R_2 &= 1.768 \times 0,80 \\
 &= 1.414,4
 \end{aligned}$$

3. Menghitung Beban Roda Setiap Pesawat atau *Wheel Load* (W_2)

Pada saat lepas landas maupun pendaratan setiap pesawat sangat bertumpu pada roda belakang. Roda belakang yang direncanakan harus benar-benar mampu menahan seluruh beban pesawat yang beroperasi. Untuk menghitung W_2 dapat digunakan persamaan :

$$W_2 = P \times \text{MTOW} \times \frac{1}{n} \quad \dots\dots\dots (2.26)$$

Dimana :

W_2 = Beban roda pendaratan utama pesawat

P = Persentase beban yang diterima roda pendaratan (0,95)

MTOW = Berat maksimum pesawat pada saat lepas landas

n = Jumlah roda pendaratan utama

Sehingga didapat hasil yaitu :

$$\begin{aligned}
 W_2 &= 0,95 \times 52.290 \times \frac{1}{4} \\
 &= 12.418,88
 \end{aligned}$$

4. Menghitung Beban Roda Pesawat Rencana atau *Wheel Load Design* (W_1)

Perhitungan W_1 sama dengan perhitungan W_2 hanya ditambahkan pada jumlah roda pendaratan pesawat atau jumlah n yang digunakan adalah jumlah roda keseluruhan pesawat yang digunakan. Sehingga didapat hasil perhitungan yaitu :

$$\begin{aligned}
 W_1 &= 0,95 \times 52.290 \times \frac{1}{6} \quad \dots\dots\dots (2.27) \\
 &= 8.279,25
 \end{aligned}$$

5. Menghitung Equivalent Annual Departure Tahunan Pesawat Rencana (R_1)

Untuk menghitung kedatangan tahunan ekivalen pesawat dapat digunakan menggunakan rumus yaitu :

$$\text{Log } R_1 = \text{Log } R_2 \left[\frac{W_2}{W_1} \right]^{\frac{1}{2}} \quad \dots\dots\dots (2.28)$$

Dimana :

R_1 = Kedatangan ekivalen tahunan pesawat rencana

R_2 = Kedatangan tahunan pesawat konfigurasi roda pendaratan rencana

W1 = Beban roda pesawat rencana

W2 = Beban roda pendaratan pesawat

Sehingga didapat hasil perhitungan yaitu :

$$\text{Log } R1 = \text{Log } 1414,4 \left[\frac{12418,88}{8279,25} \right]^{\frac{1}{2}}$$

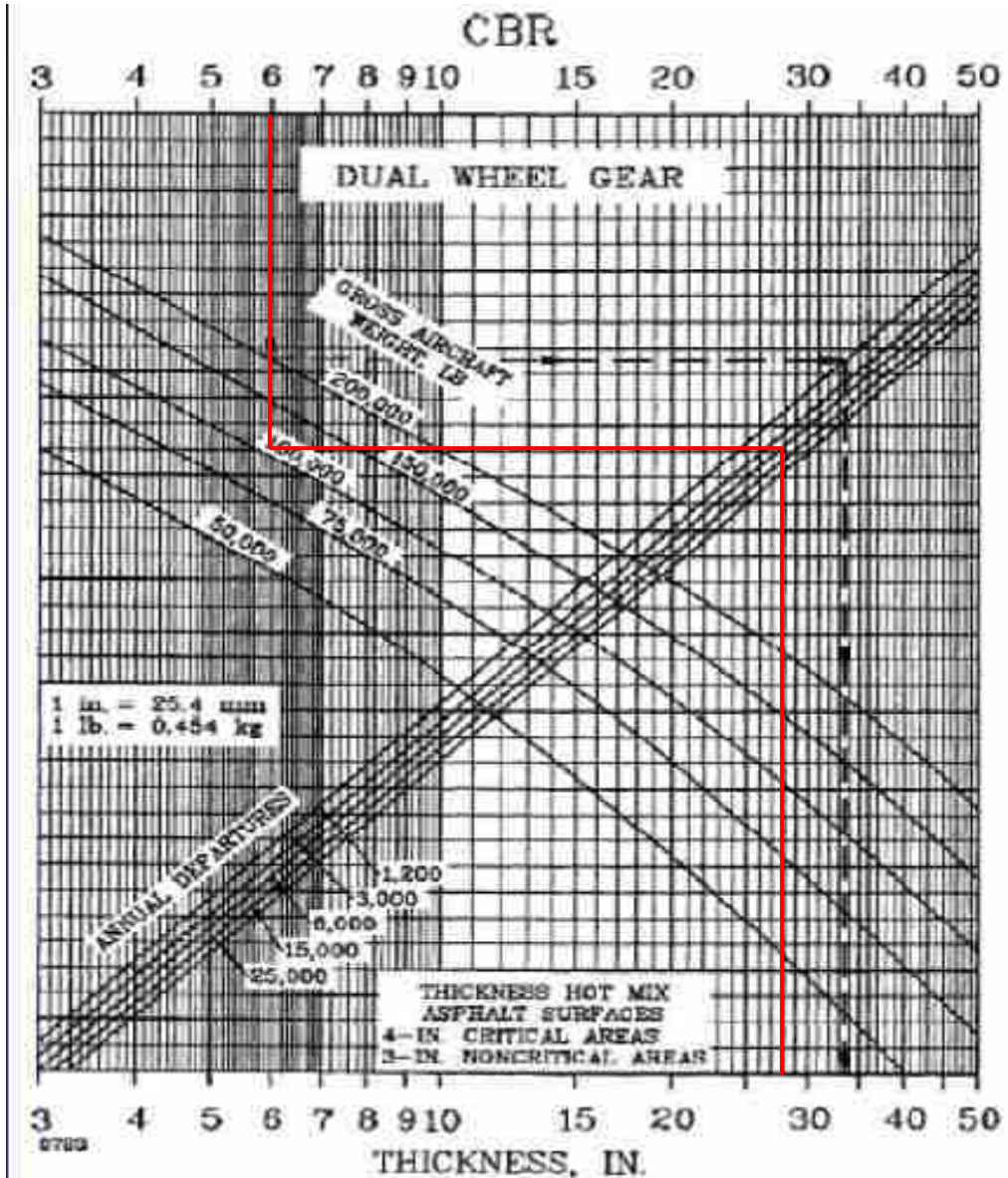
$$\text{Log } R1 = 3,8586$$

$$R1 = 10^{3,8586}$$

$$R1 = 7.221,04$$

6. Menghitung Tebal Perkerasan

Perhitungan tebal perkerasan metode FAA dilakukan dengan memplot data. Dengan cara memasukkan data CBR *subgrade* 6 %, nilai *equivalent annual departure* sebesar 7.221,04 dan nilai MTOW pesawat rencana yaitu 52.290 kg atau 115.280 lbs. Dari hasil plot grafik didapat total tebal perkerasan lentur CBR subgrade 6 % adalah 28 inchi.



Gambar 4.10 Grafik Tebal Perkerasan Lentur Metode FAA

Sumber : FAA AC 150/5320-6D

- Menentukan tebal lapis permukaan (*surface course*)

Pada grafik metode perkerasan lentur metode CBR ditentukan tebal lapisan permukaan yaitu 3 inchi (tebal minimum), bahan yang digunakan adalah aspal beton (AC) dan Asphalt Treated Base (ATB). Tebal lapis permukaan = $(1,7 / 0,95) \times 3$ inchi = 5,36 inchi = 5 inchi = 13 cm = 15 cm (dibulatkan untuk keamanan dalam pelaksanaan) dengan masing-masing

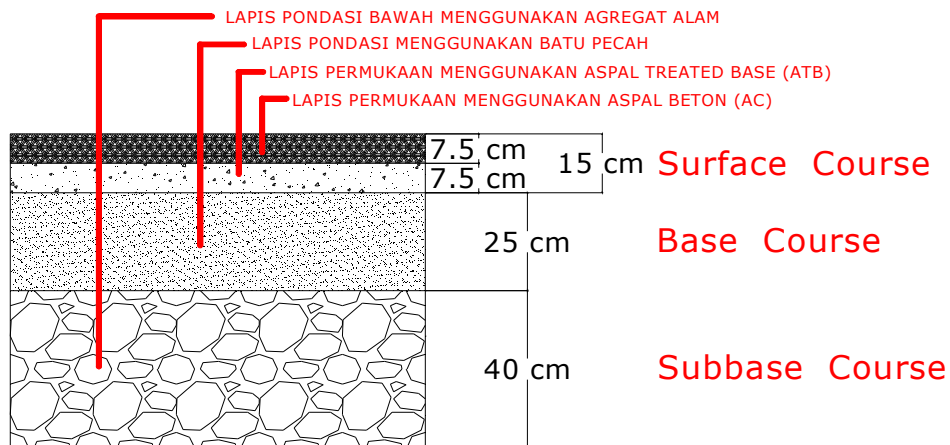
tebalnya aspal beton (AC) = 7,5 cm dan Asphalt Treated Base (ATB) = 7,5 cm.

- Menentukan tebal lapisan pondasi (*base course*)

Tebal lapisan pondasi diambil tebal minimum yaitu 6 inchi dengan menggunakan material batu pecah. Tebal lapisan pondasi = $(1,4 / 0,95) \times 6$ inchi = 8,84 inchi = 9 inchi = 23 cm = 25 cm (dibulatkan untuk keamanan dalam pelaksanaan)

- Menentukan tebal lapisan pondasi bawah (*subbase course*)

Tebal lapisan pondasi bawah direncanakan dengan menggunakan material dari batu alam. Tebal lapisan pondasi bawah didapat dari :
 tebal perkerasan total – (tebal lapis permukaan + tebal lapis pondasi)
 = 28 inchi – (5,36 inchi + 8,84 inchi)
 = 13,8 inchi = 14 inchi = 35,56 cm = 40 cm (dibulatkan untuk keamanan dalam pelaksanaan)



Gambar 4.11 Potongan Melintang Desain Lapisan Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*) Runway Metode FAA (*Federal Aviation Administration*) dengan CBR subgrade 6%

Sumber : Auto Cad File

4.4.7 Desain Tebal Perkerasan Metode LCN

1. Menghitung nilai ESWL (*Equivalent Single Wheel Load*)

Sebelum menghitung nilai ESWL, dihitung terlebih dahulu nilai *gear loads*, kontak area ban, dan *reduction factor*. Berikut adalah perhitungan menggunakan tipe pesawat Embraer 195 :

- Menghitung nilai *gear loads*

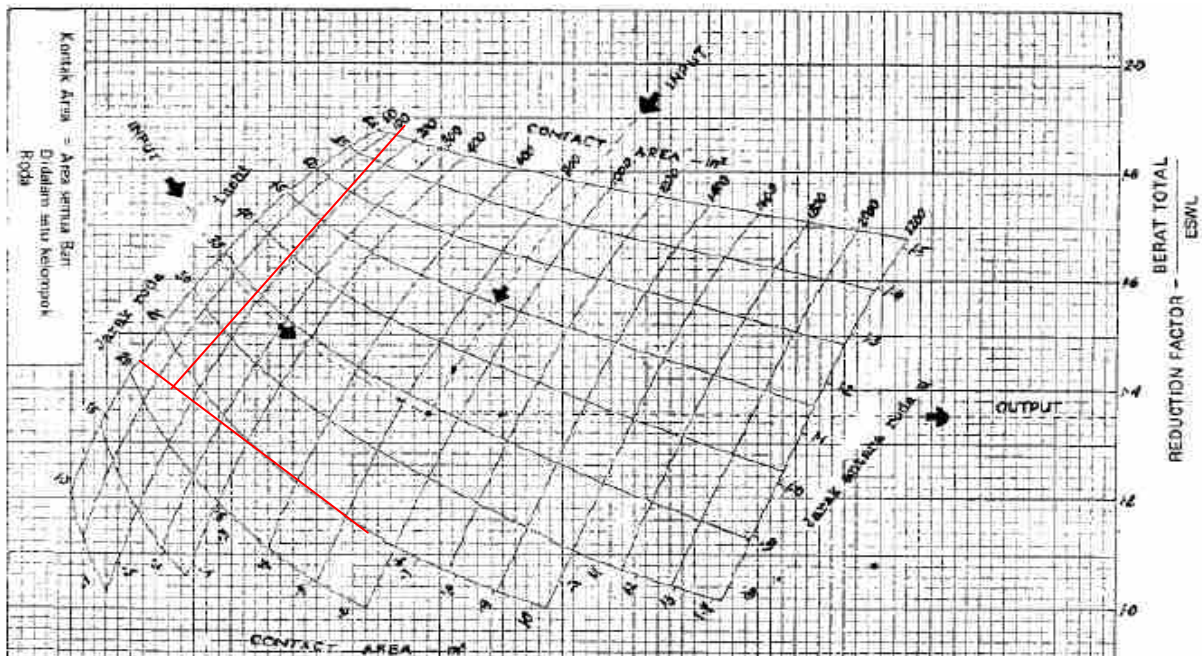
$$\begin{aligned} \text{Gear loads} &= 95 \% \times \frac{MTOW}{\text{Jumlah Roda Pendaratan}} \dots\dots\dots(2.30) \\ &= 95 \% \times \frac{115280}{4} \\ &= 27.379 \text{ lbs} \end{aligned}$$

- Menghitung kontak area ban

$$\begin{aligned} \text{Kontak area ban} &= \frac{\text{Gear loads}}{\text{Tekanan Roda}} \dots\dots\dots(2.31) \\ &= \frac{27379}{180} \\ &= 152,11 \text{ inchi}^2 \end{aligned}$$

- Menentukan nilai RF (*Reduction Factor*)

Jarak roda pesawat Embraer 195 adalah 23,39 inchi. Sesuai grafik maka didapatkan nilai RF untuk Embraer 195 adalah 1,40.



Gambar 4.12 Grafik *Reduction Factor*

Sumber : Merancang dan Merencana Lapangan Terbang (Heru Basuki, 1986)

- Menentukan nilai ESWL

$$ESWL = \frac{Gear\ loads}{RF} \dots\dots\dots(2.32)$$

$$= \frac{27379}{1,40}$$

$$= 19.556 \text{ lbs}$$

Tabel 4.48 Perhitungan Nilai ESWL Pesawat Terbang

Jenis Pesawat	Main Landing Configuration	MTOW (lbs)	Jumlah Roda	Tekanan Roda (Psi)	Gear Loads (lbs)	Kontak Area Ban (inchi ²)	Jarak Bersih antar roda	RF	ESWL
ATR 72-600	Dual Wheel	48.510	4	55	11.521	209,47	20,08	1,29	8.931
Fokker 50	Dual Wheel	43.990	4	55	10.448	189,96	20,08	0,95	10.998
Embraer 195	Dual Wheel	115.280	4	180	27.379	152,11	23,39	1,40	19.556

Sumber : Hasil Perhitungan

2. Pehitungan metode LCN

Sebelum menghitung tebal perkerasan lentur metode LCN, data-data pendukung harus diketahui terlebih dahulu untuk mempermudah perhitungan. Berikut merupakan data-data yang dibutuhkan yaitu :

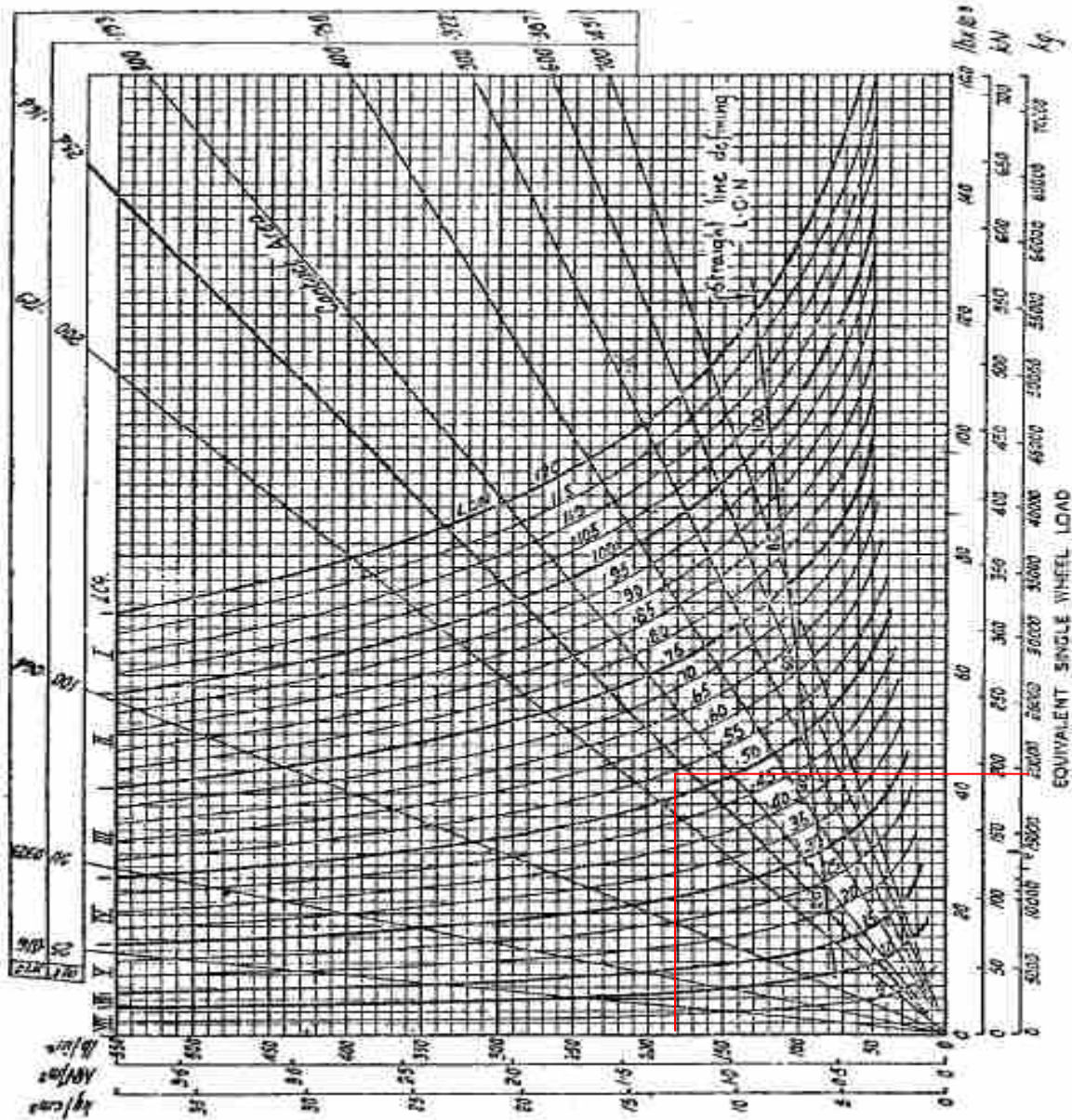
Tabel 4.49 Perhitungan Tebal Perkerasan Lentur Menggunakan Metode LCN

Jenis Pesawat	Main Landing Configuration	MTOW (lbs)	Jumlah Roda	Tekanan Roda (Psi)	Gear Loads (lbs)	Kontak Area Ban (inchi ²)	Jarak Bersih antar roda	RF	ESWL
ATR 72-600	Dual Wheel	48.510	4	55	11.521	209,47	20,08	1,29	8.931
Fokker 50	Dual Wheel	43.990	4	55	10.448	189,96	20,08	0,95	10.998
Embraer 195	Dual Wheel	115.280	4	180	27.379	152,11	23,39	1,40	19.556
Nilai Maksimal				180	Nilai Maksimal				19.556

Sumber : Hasil Perhitungan

3. Menentukan nilai LCN *Runway*

LCN (*Load Classification Number*) adalah suatu sistem pengklasifikasian tebal perkerasan lentur runway berdasarkan nomor. Nilai LCN didapatkan dari dua perhitungan yaitu nilai LCN *runway* dan LCN pesawat. Pada prinsipnya, nilai LCN *runway* harus lebih besar dari LCN yang disyaratkan perusahaan pembuat pesawat terbang. Untuk mendapatkan nilai LCN *runway* harus memplotkan grafik antara nilai ESWL dan tekanan roda. Berikut merupakan grafik LCN *runway* :



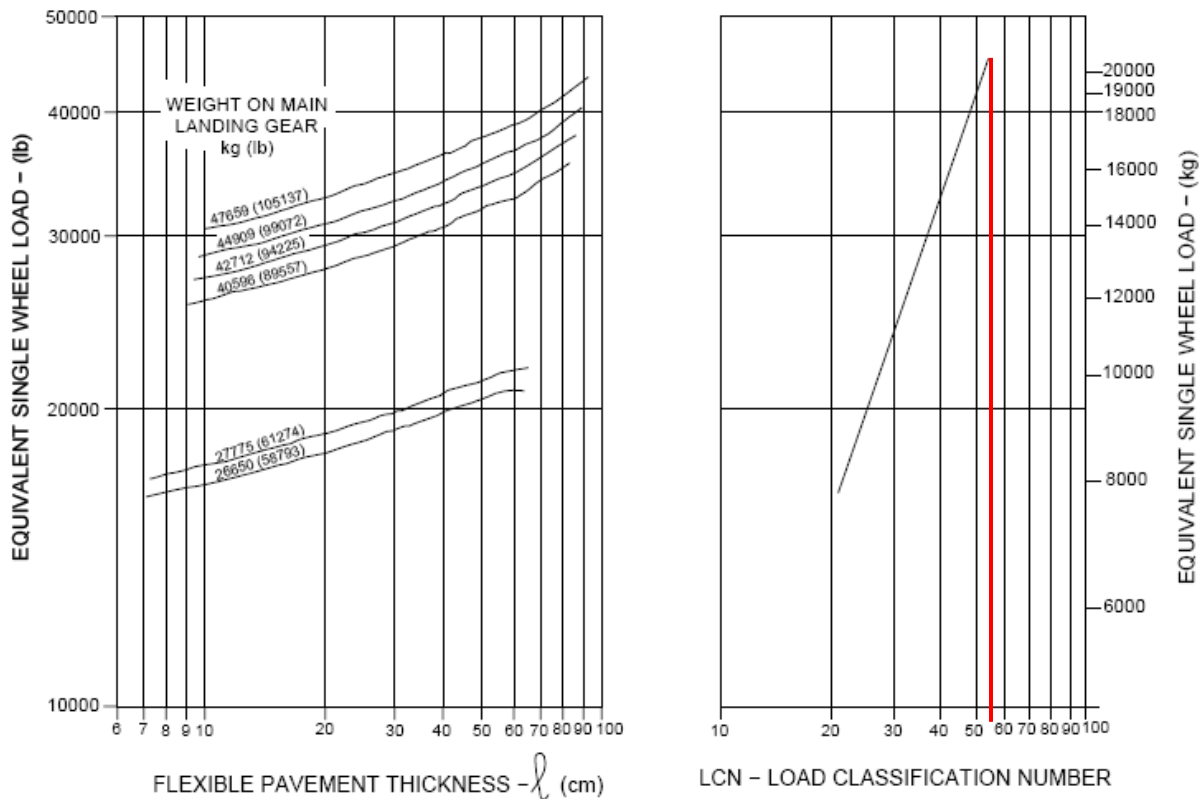
Gambar 4.13 Grafik Nilai LCN Runway

Sumber : Merancang dan Merencana Lapangan Terbang (Heru Basuki, 1986)

Berdasarkan grafik diatas diperoleh nilai LCN runway yaitu 50. Sesuai dengan angka keamanan yang ditentukan, maka nilai LCN runway yang telah didapat dikalikan dengan angka keamanan 1,5, sehingga nilai LCN runway akhir didapat yaitu 75.

4. Menentukan Nilai LCN pesawat

LCN pesawat merupakan nilai LCN yang didapatkan dari penggunaan grafik yang bersumber dari perusahaan pembuat pesawat. Nilai LCN pesawat yang didapatkan harus lebih kecil dibandingkan nilai LCN *runway*. Hal itu dibuat agar *runway* dapat melayani penerbangan pesawat dengan efektif. Berikut merupakan grafik LCN pesawat :



Gambar 4.14 Grafik Nilai LCN Pesawat
Sumber : Embraer 195 Airport Planning Manual July 2006

Dari grafik diatas didapat bahwa nilai LCN pesawat Embraer 195 yaitu 55. Nilai LCN tersebut tergolong aman karena tidak melebihi nilai LCN *runway* yaitu 75.

5. Menghitung Nilai LCG *Runway*

Setelah mendapatkan nilai LCN, langkah selanjutnya adalah mencari nilai LCG (*Load Classification Group*). Nilai LCG juga akan menentukan kategori dan tebal perkerasan lentur. LCN range yang ada pada tabel akan berguna untuk mengetahui batas atas dan batas bawah nilai LCN pada masing-masing

kelompok, sehingga nilai LCN dapat diperkirakan dengan baik. Berikut merupakan tabel yang menunjukkan hubungan LCN dan LCG :

Tabel 4.50 Tabel Hubungan LCN dan LCG

LCG	LCN <i>Range</i>
I	101-120
II	76-100
III	51-75
IV	31-50
V	16-30
VI	11-15
VII	10 ke bawah

Sumber : Planning and Design of Airports 5th Edition

Berdasarkan tabel tersebut, nilai LCN runway 75 memiliki nilai LCG III. Semakin kecil nilai LCG maka semakin besar pula nilai LCN.

6. Menentukan Tebal Perkerasan Lentur Metode LCN

Dalam penentuan tebal perkerasan, digunakan batas teratas LCG, lalu memplotkannya dalam grafik dengan data-data yang diketahui $K = 300$ Pci dan *flexural strength* 350 Psi. Dari Gambar 4.15 didapatkan bahwa tebal perkerasan termasuk ke dalam chart 1, Kolom C, nomor 5. Sesuai dengan teori yang berarti tebal perkerasan memiliki lapisan permukaan (surface) sebesar 100 mm yang terdiri dari Aspal beton (AC) sebesar 50 mm dan Asphalt Treated Base (ATB) sebesar 50 mm, base course sebesar 500 mm, dan subbase sebesar 100 mm.

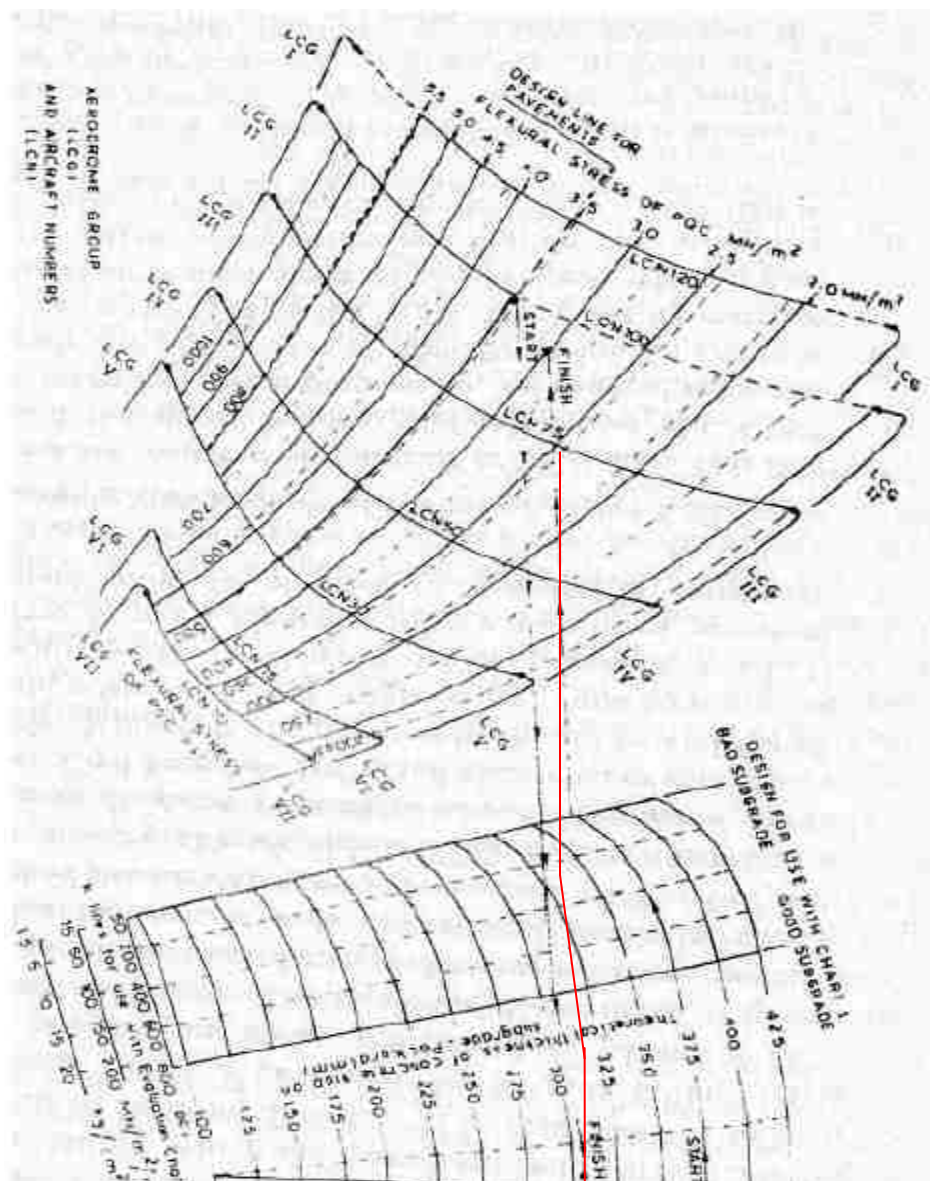


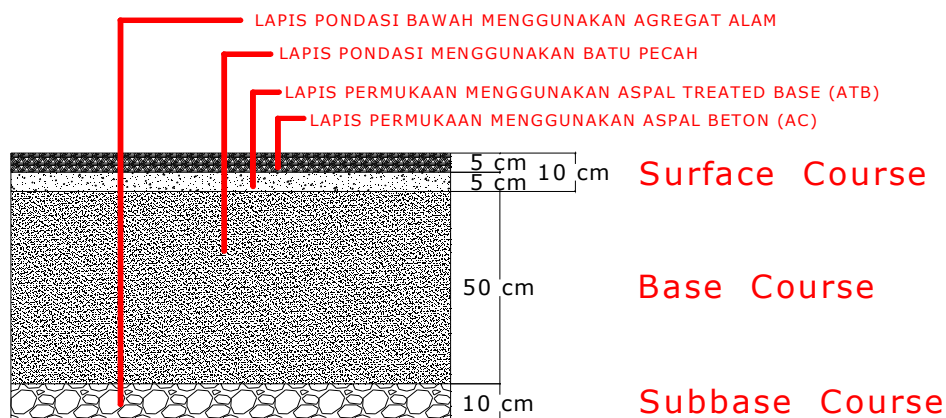
CHART 1 *				CHART 2 *			
A	B	C		A	B	C	
1	1	1		1	1	1	
2	2	2		2	2	2	
3	3	3		3	3	3	
4	4	4		4	4	4	
5	5	5		5	5	5	
6	6	6		6	6	6	
7	7	7		7	7	7	
8	8	8		8	8	8	
9	9	9		9	9	9	
10	10	10		10	10	10	
11	11	11		11	11	11	
12	12	12		12	12	12	
13	13	13		13	13	13	

Gambar 4.15 Grafik Tebal Perkerasan Metode LCN
 Sumber : Merancang dan Merencana Lapangan Terbang (Heru Basuki, 1986)

CHART 1 Recommended Aircraft Pavements				CHART 2 For Evaluation only of Existing Pavements			
S. No.	A	B	C	S. No.	A	B	C
1	425 100	100 250 100	100 700 100	1	500 100	100 425 100	100 1175 100
2	425 100	100 240 100	100 550 100	2	475 100	100 400 100	100 1100 100
3	400 100	100 220 100	100 500 100	3	450 100	100 375 100	100 1025 100
4	375 100	100 200 100	100 550 100	4	425 100	100 350 100	100 950 100
5	350 100	100 180 100	100 500 100	5	400 100	100 325 100	100 875 100
6	325 100	100 160 100	100 450 100	6	375 100	100 300 100	100 800 100
7	300 100	100 140 100	100 400 100	7	350 100	100 275 100	100 725 100
8	275 100	100 120 100	100 350 100	8	325 100	100 250 100	100 650 100
9	250 100	100 100 100	100 300 100	9	300 100	100 225 100	100 575 100
10	225 100	100 100 100	100 250 100	10	275 100	100 200 100	100 500 100
11	200 100	100 100 100	100 200 100	11	250 100	100 175 100	100 425 100
12	175 100	100 100 100	100 150 100	12	225 100	100 150 100	100 350 100
13	150 100	100 100 100	100 100 100	13	200 100	100 150 100	100 300 100

Gambar 4.16 Nilai Tebal Perkerasan Metode LCN

Sumber : Merancang dan Merencana Lapangan Terbang (Heru Basuki, 1986)



Gambar 4.17 Potongan Melintang Desain Lapisan Perkerasan Lentur Runway Metode LCN (Load Classification Number) dengan CBR subgrade 6 %

Sumber : Auto Cad File

4.4.8 Landasan Parkir Pesawat (Apron)

Tabel 4.51 Karakteristik Pesawat Rencana

Jenis Pesawat	Embraer 195
Bentang Sayap (m)	28,7
Panjang Pesawat (m)	38,6
Wheelbase (m)	14,64
Wheeltrack (m)	5,94
Maximum Structural Take Off Weight (kg)	52.290
Muatan Penumpang	110-116
Panjang Landasan Pacu (m)	1.432

Sumber : Aircraft Information Boeing

4.4.8.1 Menentukan Jumlah Gate Position

Jumlah gate position eksisting Bandar Udara H. Hasan Aroeboesman adalah 3 buah. Untuk mengetahui jumlah gate position Bandar Udara tersebut pada tahun 2028 dilakukan dengan metode perbandingan jumlah pergerakan pesawat yang ditinjau dengan jumlah pergerakan pesawat dan jumlah gate position yang digunakan di tahun 2017. Berikut adalah perhitungannya :

Data -data

- Jumlah penggunaan gate position eksisting = 3 buah
- Volume jam puncak (V) = 14 pergerakan pesawat
- Waktu okupansi (T) = 0,5 jam
- Faktor penggunaan (μ) = 0,55

Waktu okupansi merupakan waktu terlama yang diizinkan bagi pesawat untuk berhenti apron

Jumlah gate position dihitung dengan rumus :

$$G = \frac{V \times T}{\mu} \dots\dots\dots(2.4)$$

Jumlah gate position yang dibutuhkan :

$$G = \frac{V \times T}{\mu} = \frac{14 \times 0,5}{0,55} \\ = 12,72 \text{ gate} = 13 \text{ gate}$$

Diketahui data pesawat rencana yaitu :

Wingspan (Ws) = 28,7 m

Wheeltrack (Wt) = 5,94 m

Forward Roll (FR) = 4,01 m

Wingtip clearance = 4,2 m

Turning Radius :

$$\begin{aligned} \text{TR} &= \frac{1}{2} (\text{Ws} + \text{Wt}) + \text{FR} \\ &= \frac{1}{2} (28,7 + 5,94) + 4,01 \\ &= 21,33 \text{ m} = 22 \text{ meter} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Diameter (D)} &= (2 \times \text{TR}) + \text{Wingtip Clearance} \\ &= (2 \times 22) + 4,2 \\ &= 48,2 \text{ m} = 48,5 \text{ m} \end{aligned}$$

4.4.8.2 Sistem Parkir Pesawat

Terdapat beberapa jenis terminal *apron* yang penentuannya sangat bergantung pada besarnya kapasitas pesawat dan penumpang serta jenis jasa yang akan di layani. Adapun beberapa jenis konfigurasi sistem parkir pesawat antara lain:

- Konfigurasi *Frontal/Linier*

Apron adalah konfigurasi frontal cocok untuk bangunan terminal dengan 4 pintu atau kurang. Jika bangunan terminal membutuhkan lebih dari empat pintu, maka sirkulasi penumpang menjadi sulit.

- Konfigurasi *Pier*

Konfigurasi ini dilakukan jika terminal mempunyai pintu atau lebih karena lebih ekonomis. Ada beberapa sistem *pier* yaitu sistem pier tunggal, ganda dan *multi-pier*, penentuan tipe sistem pier didasarkan pada jumlah pintu (*gate*) yang dibutuhkan. Jika jumlah pintu yang dibutuhkan 8 sampai 12 pintu, maka konfigurasi *pier* tunggal lebih memadai, sedangkan untuk jumlah *gate* 8 sampai 20 digunakan konfigurasi *pier* ganda. Untuk *gate* lebih dari 20 digunakan sistem konfigurasi *multi-pier*.

- Konfigurasi *Satelit*

Digunakan untuk memungkinkan adanya ruang *apron* yang bebas dari gangguan dan memungkinkan pola parkir pesawat yang rapat. Sistem ini menyebabkan jarak antara pintu pesawat ke *ticket counter* menjadi lebih jauh dan tidak begitu efisien dilihat dari banyak pintu yang dapat dialokasikan.

- Konfigurasi *Apron Terbuka*

Merupakan sistem dimana pesawat di parkir di depan terminal dengan lebih dari dua barisan parkir. Hubungan antara pesawat dengan gedung terminal dilakukan dengan berjalan atau dengan kendaraan tertutup. Keuntungannya, jarak *taxing* dan *runway* ke *apron* menjadi berkurang.

Dari penjelasan diatas dan dari hasil perhitungan gate position, maka disimpulkan bahwa konfigurasi yang digunakan dalam perencanaan ini adalah konfigurasi *pier* tunggal sesuai dengan kondisi eksisting Bandar udara H. Hasan Aroeboesman.

4.4.8.3 Dimensi Apron

Dalam melakukan desain apron terdapat beberapa hal yang harus diperhatikan karena hal-hal ini menjadi dasar acuan perhitungan dimensi apron. Hal utama yng paling diperlukan adalah karakteristik pesawat rencana. Dalam hal ini digunakan Embraer 195 sebagai pesawat rencana dengan kelas 3 C.

Perhitungan luas apron yang digunakan berdasarkan rumus FAA yaitu sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Luas Apron} &= \text{Panjang Apron} \times \text{Lebar apron} \\ &= (G \times (W + (0,1 \times W) + Cw)) \times (L + Cb + Asv + P) \dots \dots \dots (2.5) \end{aligned}$$

Dimana :

L = Panjang Badan Pesawat

W = Bentang Sayap Pesawat

Cb = Area bebas antar ujung pesawat dengan gedung terminal

Cw = Area bebas antar ujung sayap pesawat

Asv = Area bebas untuk mobil servis pesawat

P = Area traktor sebagai alat bantu *push out* pesawat

Tabel 4.52 Area Bebas Pesawat

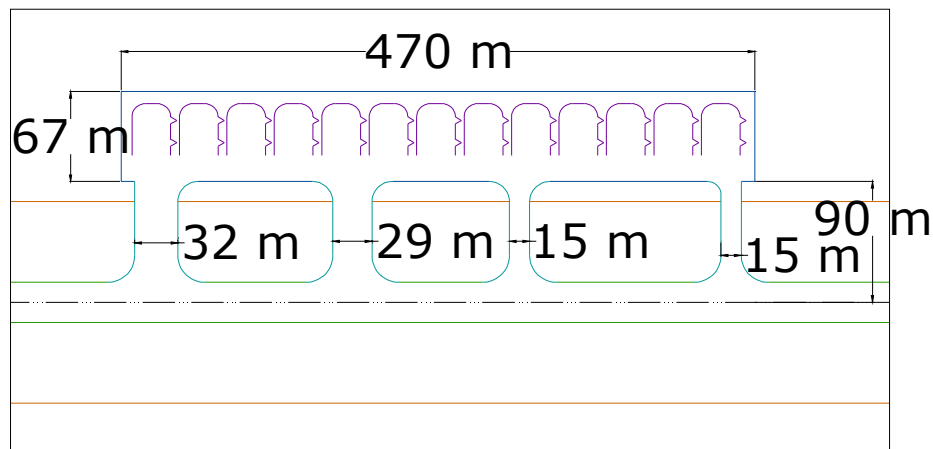
Cb	Cw	Asv	P
15	4,5	3,7	9,2

Sumber : Google

Perhitungan Luas Apron :

$$\begin{aligned}\text{Luas Apron} &= (G \times (W + (0,1 \times W) + Cw)) \times (L + Cb + Asv + P) \\ &= (13 \times (28,7 + (0,1 \times 28,7) + 4,5)) \times (38,6 + 15 + 3,7 + 9,2) \\ &= (468,91 \text{ m}) \times (66,5 \text{ m}) = 470 \text{ m} \times 67 \text{ m}\end{aligned}$$

Luas apron eksisting Bandar udara H. Hasan Aroeboesman yaitu 225 m x 40 m. Dari hasil perhitungan perencanaan dimensi apron tahun 2028 adalah 470 m x 67 m. Dari hasil perhitungan yang didapat tersebut lebih besar dari kondisi eksisting, maka untuk perencanaan tetap dipakai dimensi apron 470 m x 67 m.



Gambar 4.18 Sketsa Desain Perencanaan Apron
Sumber : Autocad File

4.4.9 Desain Tebal Perkerasan Apron

Untuk menentukan tebal perkerasan apron menggunakan metode *rigid pavement*. Perkerasan ini terdiri dari lapisan permukaan berupa slab beton dan lapisan subbase. Berikut merupakan perhitungan tebal perkerasan apron :

Faktor pengali untuk keberangkatan = 0,80

Average annual departure = 5.824 pergerakan pesawat tahun 2028

- Mencari nilai *Equivalen Dual Wheel* menggunakan persamaan :

$$\begin{aligned} R_2 &= \text{Faktor pengali untuk keberangkatan} \times \text{Annual Departure} \dots\dots\dots(2.34) \\ &= 0,80 \times 5824 \\ &= 4.659,2 \end{aligned}$$

- Mencari nilai *Wheel Load* (W_2) dengan menggunakan persamaan :

$$\begin{aligned} W_2 &= \text{MTOW} \times \frac{0,95}{\text{Jumlah Roda Belakang}} \dots\dots\dots(2.35) \\ W_2 &= 115280 \times \frac{0,95}{4} \\ &= 27.379 \text{ lbs} \end{aligned}$$

- Mencari nilai W_1 dengan persamaan berikut :

$$W_1 = 95 \% \times \text{MTOW} \times \frac{1}{n} \dots\dots\dots(2.36)$$

Dimana : n = Jumlah Roda Pendaratan

$$\begin{aligned} W_1 &= 95 \% \times 115280 \times \frac{1}{6} \\ &= 18.252,67 \text{ lbs} \end{aligned}$$

- Mencari nilai *Equivalen Annual Departure* menggunakan persamaan :

$$\begin{aligned} \text{Log } R_1 &= \text{Log } R_2 \times (W_2 / W_1)^{0,5} \dots\dots\dots(2.37) \\ &= \text{Log } 4659,2 \times (27379 / 18252,67)^{0,5} \\ R_1 &= 5.706,33 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan nilai *Equivalen Annual Departure* yaitu 5.706,33 dengan pesawat rencana Embraer 195. Karakteristik pesawat Embraer 195 yang digunakan sebagai perhitungan tebal perkerasan memiliki *Gross Weight Dual Wheel* =134.200 lb.

Subgrade K didapatkan dengan persamaan :

$$K = \left[\frac{1500 \times \text{CBR}}{26} \right]^{0.7788} \dots\dots\dots(2.33)$$

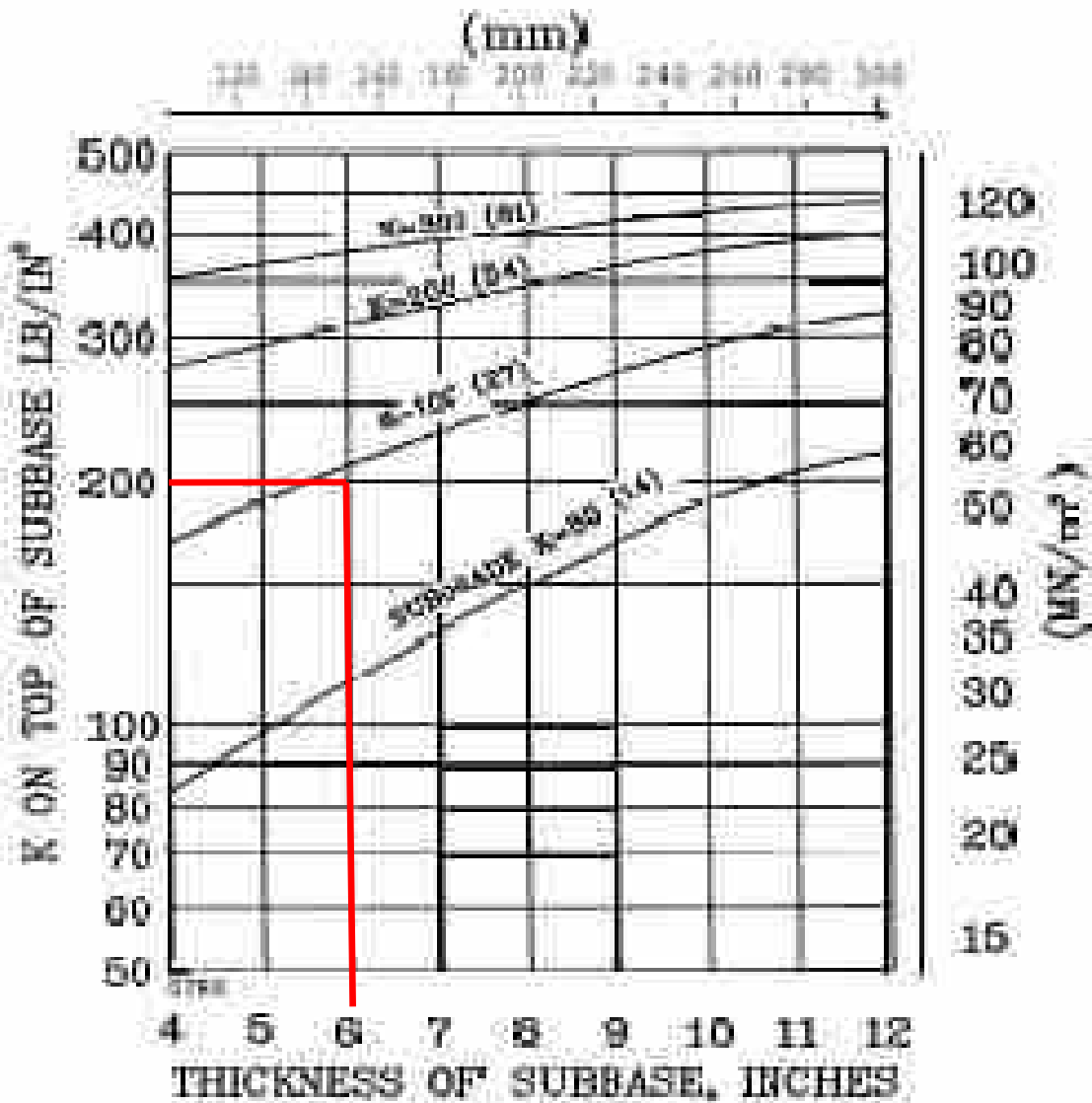
$$K = \left[\frac{1500 \times 6}{26} \right]^{0.7788}$$

$$K = [346,15]^{0.7788}$$

$$K = 94,97 \text{ pci} = 25,88 \text{ MN/m}^3$$

Untuk subbase rencana digunakan CBR rencana yaitu 6 inchi = 15,24 cm

Untuk mendapatkan nilai K On Top Of Subbase rencana memplotkan besar tebal lapisan subbase pada grafik dengan data K = 95 pci dan tebal subbase rencana = 6 inchi



Gambar 4.19 Grafik K On Top Subbase

Sumber : FAA, 2010

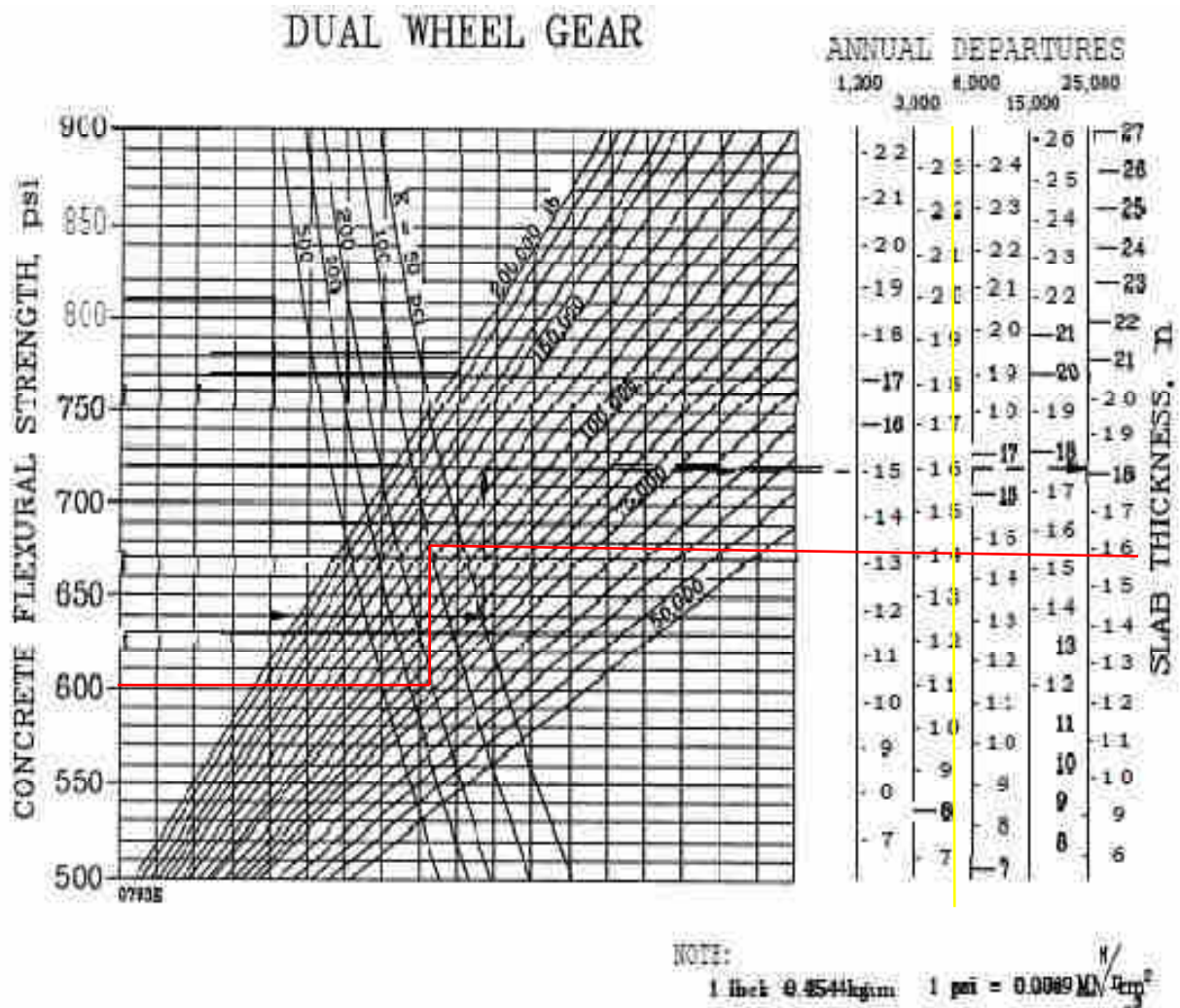
Dari grafik diatas didapatkan nilai K On Top Subbase = 200 lb/in³. Menentukan tebal slab beton dengan menggunakan kurva perencanaan tebal perkerasan kaku AC 150/5320-6D FAA, dengan nilai K On Top, *Gross Weight*, dan *Annual Departure*.

Concrete Flexural Strength = 600-650 psi (digunakan 600 psi)

K On Top = 200

Gross Weight = 134.200 lb

Annual Departures (R_1) = 5.706,33



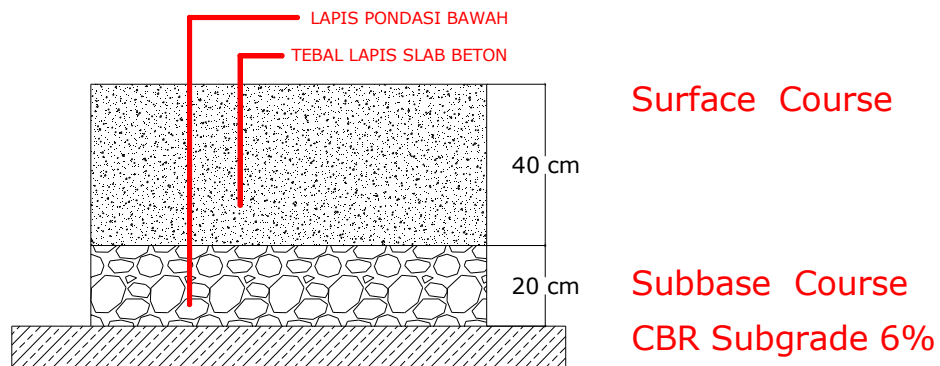
Gambar 4.20 Grafik Tebal Perkerasan
Sumber : FAA, 2010

Dari grafik diatas didapatkan tebal slab beton dengan *Equivalen Annual Departure* 5.655,38 pergerakan sehingga tebal slab beton 14 inchi = 35,56 cm. Dalam perencanaan tebal perkerasan ini di dapat :

Subbase = 6 inchi = 15,2 cm = 15 cm = 20 cm (angka keamanan pelaksanaan)

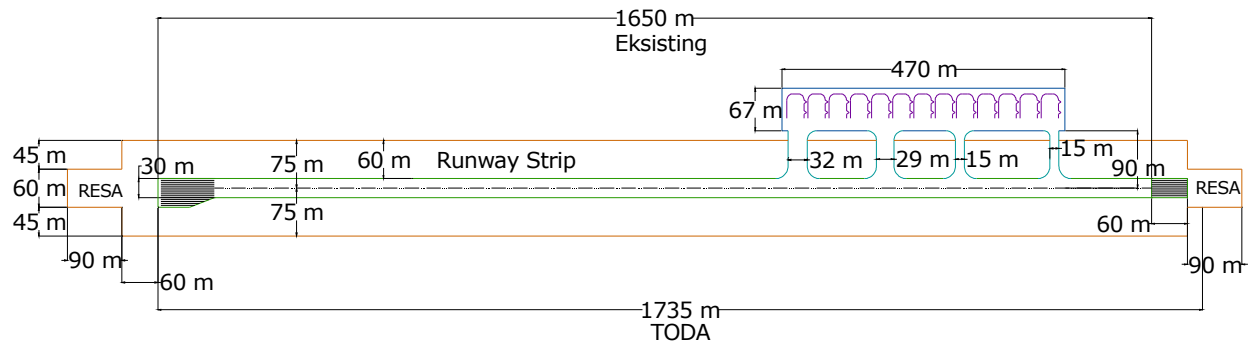
Slab beton = 14 inchi = 35,56 cm = 36 cm = 40 cm (angka keamanan pelaksanaan)

Total tebal perkerasan kaku apron adalah 60 cm



Gambar 4.21 Desain Lapisan Tebal Perkerasan Apron Metode FAA Dengan CBR *Subgrade* 6 %
 Sumber : Autocad File

4.5 Gambar Perencanaan Sisi Udara Bandar Udara H. Hasan Aroeboesman



Gambar 4.22 Layout Perencanaan Sisi Udara
 Sumber : Autocad File