

**EVALUASI KONFIGURASI BANDAR UDARA BERDASARKAN STANDAR
RIB (KM NO.44) DENGAN PERHITUNGAN BERDASARKAN ANNEX 14,
2013 SERTA ICAO AC NO.150 E
(STUDI KASUS: MINANGKABAU INTERNATIONAL AIRPORT)**

Girang Rahmanul Hakim¹⁾, Ari Sandhiyavitri²⁾, Sri Djuniati³⁾

1)Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, 2)Dosen Jurusan Teknik Sipil

Fakultas Teknik Universitas Riau, Pekanbaru 28293

E-mail: Girang_rahmanul@student.unri.ac.id

ABSTRAK

Minangkabau International Airport has an annual growth rate of passengers and the aircraft operated there based on data from 2010 until 2016. The current runway has length 2750 m and largest type of aircraft is B 747 - 300. Minangkabau international airport has three taxiways 448 m x 30 m, 334 m x 30 m, and 305 m x 30 m and apron has dimensions 315 m x 120 m. The increase in air traffic has resulted in an evaluation of the airport configuration in present or future circumstances. Existing of the runway is an inadequate type of aircraft B 747 - 300 for international destination aircraft. As for the planning year, 2020 with the additional length of the enlarged base to 3000 m safely to use. Existing of taxiway is able to serve the plane. The apron for the existing state need to upgraded and the planning of 2020 should also be upgraded. At the peak hour of the plane for 2016 as many as 12 aircraft while the projection stage for 2035 obtained a peak hour of 28 this indicates Minangkabau International Airport will be developed later. Pavement for runways needs to be upgraded to the current state of affairs.

Keywords: *Airport Configuration, Evaluation, Projection*

1. PENDAHULUAN

Data dari angkasa pura II Minangkabau International Airport tercatat kedatangan penumpang pada tahun 2011 total sebesar 2.26 juta penumpang. Tahun 2012 sebesar 2.63 juta penumpang. Sedangkan tahun 2013 meningkat hingga 2.72 juta penumpang. Pada tahun 2014 meningkat 2.79 juta penumpang. Ditahun 2015 tercatat 3.16 juta penumpang. Sampai

pada tahun 2016 tercatat jumlah penumpang sebesar 3.56 juta penumpang. Dari data diatas menunjukkan jumlah penumpang tiap tahunnya meningkat, hal ini diprediksi akan terus terjadi untuk tahun kedepannya. Sehingga bandara Minangkabau International Airport perlu dievaluasi untuk pengembangan kedepannya.

Dalam standar teknis perencanaan perhitungan airport configuration didasari Rencana Induk Bandara (RIB)

Minangkabau International Airport tahun 1999 yang nanti akan dibandingkan dengan perhitungan kembali menggunakan annex 14 tahun 2013 yang mengacu pada metode ICAO (International Civil Aviation Organization) dan. perhitungan perkerasan tentang Airport configuration menggunakan metode FAA (Federal Aviation Administration).

Bandara internasional yang arus pegerakan lalu lintasnya padat, Minangkabau Internasional Airport memerlukan pembangunan dan pengembangan fasilitas bandar udara agar menjamin kelangsungan dan kelancaran penyelenggaraan bandara dan keselamatan operasi penerbangan. Rencana pengembangan bandara ini disusun dalam satu rancangan yang disebut rencana induk. Rencana induk Minangkabau International Airport tertuang dalam Keputusan Menteri Perhubungan tahun 1999. Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 48 Tahun 2002 menyebutkan penyelenggaraan bandar udara wajib melakukan evaluasi atau peninjauan ulang sekurang-kurangnya sekali dalam waktu 5 tahun terhadap rencana induk bandar udara yang telah ada.

Tujuan penelitian ini adalah mengevaluasi dan memproyeksi kebutuhan *configuration airport* Minangkabau International Airport berupa *runway* (landasan pacu), *taxiway* (landasan hubung), dan *apron* (landasan parkir) untuk tahun 2020 dan 2035 menggunakan metode ICAO (*International Civil Aviation Organization*) dan membandingkan dengan KP tahun 1990 dan KP 379 tahun 2015.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Lokasi Geografis

Kota Padang mempunyai satu bandar udara utama yaitu Minangkabau International Airport yang berada di Jalan Sutan M.Rasyid, Padang Pariaman, Sumatera Barat.. Bandara ini terletak ± 25 km sebelah utara Kota Padang pada posisi 0°47'16,96"LS dan 100°16'52,55"BT. Dalam pelaksanaannya Minangkabau

International Airport dikelola oleh PT Angkasa Pura II dengan kategori bandara kelas 1. Minangkabau International Airport saat ini melayani penerbangan domestik maupun internasional berupa kawasan regional ASEAN. Minangkabau International Airport beroperasi mulai pukul 06.00 wib-24.00 wib (Kemenhub : Informasi Geospasial Transportasi, 2013).

Karakteristik Minangkabau International Airport

1. Landasan pacu (runway)

Pada tahap ini yang awalnya dimensi untuk runway di Minangkabau International Airport yaitu 2750 m x 45 m. Pada saat sekarang ini pesawat yang terbesar yaitu B 747-300, sedangkan untuk tahap pengembangan tahun 2020 direncanakan melayani pesawat B 747 – 400.

2. Landasan hubung (Taxiway)

Minangkabau International Airport memiliki tiga taxiway dengan kondisi eksistingnya yaitu sebesar 448 m x 30 m, 334 m x 30 m, dan 305 m x 30 m. Dimana pada tahap pengembangan taxiway akan ditambah dengan dimensi 2.500 m x 30 m dengan bentuk parallel.

3. Landasan parkir (Apron)

Luasan apron untuk keadaan eksisting Minangkabau International Airport yaitu sebesar 37.800 m². Dimana sekarang ini hanya bias melayani delapan pesawat. Pada tahap pengembangan direncanakan apron sebesar 80.520 m².

2.2 Pengumpulan data

1. Data primer

Pengumpulan data primer didapat dengan langsung melakukan tinjauan ke lokasi Minangkabau International Airport dan juga bias dilakukan dengan wawancara dengan pihak Teknik Umum PT Angkasa Pura II.

2. Data sekunder

Pengumpulan data sekunder dilakukan dengan mencari sumber-sumber terkait

objek yang diteliti seperti buku-buku, laporan terdahulu, website, dokumen-dokumen, serta peraturan-peraturan terkait. Adapun data-data yang dibutuhkan dalam penelitian ini didapat dari beberapa sumber seperti data jumlah penduduk Kota Padang, data PDRB dan pendapatan Kota Padang, data kargo Minangkabau International Airport, data angkutan udara.

3. TINJAUAN PUSTAKA

3.1 Landasan Pacu (*runway*)

Landasan pacu (*runway*) adalah suatu bidang persegi panjang tertentu di dalam lokasi bandar udara yang berupa suatu perkerasan yang disiapkan untuk pesawat melakukan kegiatan pendaratan (*landing*) dan tinggal landas (*take off*) (SKEP 161-9-2003).

1. Menentukan panjang *runway*

Sesuai dengan rekomendasi dari ICAO dalam annex 14, 2013 bahwa perhitungan panjang *runway* harus disesuaikan dengan kondisi lokal lokasi bandara. Metode ini dikenal dengan metode *Aeroplane Reference Field Length (ARFL)*. Menurut ICAO, lingkungan lokal bandara yang berpengaruh terhadap panjang *runway* adalah elevasi, temperatur, kemiringan, dan koreksi angin.

a. Koreksi terhadap elevasi (F_e)

Menurut ICAO bahwa panjang *runway* bertambah sebesar 7% setiap kenaikan 300 m (1000 feet) dihitung dari ketinggian di atas permukaan laut. Maka rumusnya diberikan pada persamaan 1.

$$F_e = 1 + 0,07x\left(\frac{h}{300}\right) \dots\dots\dots (1)$$

b. Koreksi terhadap temperatur (F_t)

Menurut ICAO, faktor koreksi suhu pada sebuah bandar udara adalah bahwa setiap perbedaan 1^oc panjang landasan pacu ditambah sebanyak 0,5%-1,0%. Berdasarkan standar ISA (*International Standard Atmosphere*) dalam Cavcar (2000), suhu standar yang ditetapkan untuk perhitungan panjang landasan pacu adalah 15^oc. Sedangkan untuk setiap

kenaikan 1000 m dari permukaan laut rata-rata temperatur turun 6,5^oC. Faktor koreksi temperatur dapat dihitung dengan persamaan 2.

$$F_t = 1 + [0,01(T - (15 - (0,0065H)))] \dots\dots (2)$$

c. Koreksi kemiringan (F_s)

Menurut ICAO, bagi pesawat bermesin turbin faktor koreksinya antara 7-10% setiap kemiringan 1%. Untuk menyeragamkan dengan pesawat bermesin piston, faktor koreksi kemiringan disamakan sebesar 10%.

Faktor koreksi kemiringan *runway* dapat dihitung dengan persamaan 3.

$$F_s = 1 + 0,1xS \dots\dots\dots (3)$$

Jadi panjang *runway* minimum dengan metode ARFL dihitung dengan persamaan 4.

$$L_{ro} = \frac{ARFL}{F_t F_e F_s} \dots\dots\dots (4)$$

Dengan :

L_{ro} = Panjang *runway* rencana (m)

F_t = faktor koreksi temperatur

F_e = faktor koreksi elevasi

F_s = faktor koreksi kemiringan

2. Menentukan klasifikasi lapangan terbang

ICAO mengklasifikasi standar desain geometrik bandar udara dengan suatu kode acuan yang disebut *Aerodrome Reference Code (ARC)*. Kode angka 1 sampai 4 mengklasifikasikan panjang landasan pacu minimum yang tersedia, sedangkan kode huruf A sampai F mengklasifikasikan lebar bentang sayap pesawat dan jarak terluar antar roda pendaratan utama (1) t (SKEP 161-9-2003). Kode acuan (1) iberikan pada tabel 1.

Dari tabel 1 akan didapat kode acuan landasan bandar udara berdasarkan ARFL dan *wingspan* pesawat rencana. Kode tersebut akan dipakai untuk perencanaan geometrik *landing movement* seperti panjang, lebar, kemiringan, dan fasilitas udara lainnya.

Tabel 1. Aerodrome Reference Code

Kode elemen I		Kode elemen II		
Kode angka	ARFL (m)	Kode huruf	Bentang sayap (m)	Jarak terluar pada pendaratan (m)
1	<800	A	< 15	<4,5
2	800-1200	B	15-24	4,5-6
3	1200-1800	C	24-36	6-9
4	>1800	D	36-52	9-14
		E	52-65	9-14
		F	65-80	14-16

Sumber : (Annex 14, 2013)

3.2 Landasan Hubung (*taxiway*)

Taxiway adalah suatu area/jalan yang dibangun untuk jalan keluar masuk pesawat dan dimaksudkan sebagai sarana penghubung antara beberapa fasilitas seperti *aircraft stand taxiline*, *apron taxiway*, dan *rapid exit taxiway* (Annex 14, 2013). Di pelabuhan udara yang sibuk dimana lalu lintas pesawat *taxi* diperkirakan bergerak sama banyak dari 2 arah, maka harus dibuat *paralel taxiway* terhadap landasan untuk *taxi* 1 arah. Rutenya dipilih jarak terpendek dari bangunan terminal menuju ujung landasan (Sandhyavitri & Taufik, 2005). Beberapa persyaratan yang dikeluarkan oleh ICAO dalam perencanaan geometrik *taxiway* diberikan pada tabel 2.

Tabel 2. Dimensi taxiway

Code letter	Penggolongan pesawat	Lebar <i>taxiway</i> (m)	Jarak bebas minimum dari sisi terluar roda utama dengan tepi <i>taxiway</i> (m)
A	I	7,5	1,5
B	III	10,5	2,25
C	III	15 ^a 18 ^b	3 ^a 4,5 ^b
D	IV	18 ^c 23 ^d	4,5 4,5
E	VI	23	4,5
F	VI	25	4,5

Sumber : (Annex 14, 2013)

3.3 Landasan Parkir (*apron*)

Apron fasilitas sisi udara yang disediakan sebagai tempat bagi pesawat saat melakukan kegiatan menaikkan dan

menurunkan penumpang, muatan pos dan kargo dari pesawat, pengisian bahan bakar, parkir dan perawatan pesawat (SKEP 77/VI, 2005)

Untuk menghitung luas *apron* yang dibutuhkan, harus diketahui jenis dan jumlah pesawat yang akan dilayani pada jam tersibuk. Luas tersebut berdasarkan radius terbesar pesawat terbang ditambah jarak antara 2 sayap pesawat terbang atau terhadap objek tetap yang dikenal dengan *wing tip clearance* (Sandhyavitri & Taufik, 2005). Besarnya *wing tip clearance* dan *clearance* untuk masing-masing tipe pesawat dihimpun dalam Tabel 3 dan Tabel 4.

Parameter dasar yang harus diperhatikan dalam penentuan dimensi *apron* adalah sebagai berikut (Basuki, 2008)

- jumlah *gate position* yang ada
- jenis dan tipe pesawat yang dilayani saat ini dan pada saat mendarat
- konfigurasi parkir pesawat
- syarat kebutuhan jarak ruangan antara pesawat dengan pesawat, gedung dengan benda lain
- kebutuhan ruang untuk pemeliharaan pesawat.

Tabel 3. Jarak minimum clearance

Code letter	Clearance
A	3 m
B	3 m
C	4,5 m
D	7,5 m
E	7,5 m
F	7,5 m

Sumber : (Annex 14, 2013)

Tabel 4. Persyaratan clearance untuk apron

Uraian	Code letter / Penggolongan pesawat					
	A / I	B / II	C / III	D / IV	E / V	F / VI
Jarak bebas antar pesawat yang parkir dengan pesawat yang akan tinggal landas (A) (m)	10	10	10	15	15	15

Jarak bebas antar pesawat yang parkir dengan pesawat yang akan berada di taxilane dan penghalang lain (B) (m)	4,5	4,5	7,5	7,5	10	10
---	-----	-----	-----	-----	----	----

Jarak pesawat yang sedang berjalan dengan pesawat yang berada di lead-in garis dan pesawat lain (C) (m)	4,5	4,5	7,5	7,5	10	10
---	-----	-----	-----	-----	----	----

Jarak antara pesawat yang sejajar yang berada di apron dan bangunan lain (D) (m)	4,5	4,5	7,5	7,5	10	10
--	-----	-----	-----	-----	----	----

Jarak antara pesawat dengan pengisian bahan bakar dan bangunan (E) (m)	15	15	15	15	15	15
--	----	----	----	----	----	----

3.4 Pergerakan Pesawat Jam Puncak

Dalam perencanaan lalu lintas udara, faktor jam puncak pun perlu diperhitungkan karena faktor ini mempengaruhi gerakan penumpang dan gerakan pesawat. Keadaan naik turun jumlah penumpang dan pergerakan pesawat akan berpengaruh terhadap fasilitas prasarana bandara (Pattihi, 2005).

Dengan menggunakan teknik-teknik prakiraan, dapat dibuat perkiraan dari parameter tersebut dan penentuan volume pada jam puncak dari pergerakan penumpang dan pesawat.

Dalam memperkirakan pergerakan pesawat jam puncak dilakukan dengan menghitung pergerakan pesawat harian (*Daily Aircraft Movement*), didasarkan dari hasil studi yang dilakukan oleh JICA (*Japan International Cooperation Agency*), 1991 dengan menghasilkan persamaan sebagai berikut :

$$Md = \frac{My}{365} \dots\dots\dots (5)$$

$$Cp = \frac{1,38}{\sqrt{Md}} \dots\dots\dots (6)$$

$$Mp = Mdx Cp \dots\dots\dots (7)$$

Dengan :

Md : Pergerakan pesawat udara harian

My : Pergerakan pesawat tahunan

Cp : Faktor jam puncak

Mp : Pergerakan pesawat jam puncak

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa perhitungan kebutuhan runway

1. Tipe pesawat B 737 – 300

Lingkungan lokal bandara yang berpengaruh terhadap panjang *runway* adalah: elevasi dari permukaan laut (*altitude*), temperatur, kemiringan *runway* (*effective gradient*), angin permukaan (*surface wind*), dan kondisi permukaan *runway*.

A. Koreksi elevasi

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

$$Fe = 1 + 0,07 \times \frac{5,9}{300}$$

$$Fe = 1,0013$$

B. Koreksi temperatur

$$Ft = 1 + [0,01(T - (15 - (0,0065 H)))]$$

$$Ft = 1 + [0,01(27,7 - (15 - (0,0065 \times 5,9)))]$$

$$Ft = 1,127$$

C. Koreksi kemiringan *runway*

$$Fs = 1 + 0,1 \times S$$

$$Fs = 1 + 0,1 \times 0,222$$

$$Fs = 1,022$$

Jadi panjang *runway* minimum dengan metode ARFL dihitung sesuai dengan yang diberikan pada persamaan :

$$Lro = \frac{ARFL}{Ft \times Fe \times Fs}$$

$$Lro = \frac{2749}{1,127 \times 1,0013 \times 1,022}$$

$$Lro = 2383 \text{ m}$$

Setelah dilakukan koreksi terhadap faktor di atas, maka panjang *runway* perencanaan adalah 2383 m (5). Berdasarkan keadaan eksisting runway adalah 2750 m sehingga panjang landasan pacu tidak memadai untuk melayani jenis pesawat tersebut sehingga harus ditingkatkan lagi.

2. Tipe pesawat B 747 – 300

Tipe pesawat ini merupakan jenis pesawat internasional saat sekarang ini beroperasi.. Berdasarkan CASA 2008, *runway* (ARFL) yang dibutuhkan adalah 3292 m dengan kode landasan 4E. Setelah dilakukan koreksi yang sama, diperoleh panjang *runway* koreksi sebesar 2854 m.

Berdasarkan panjang *runway* yang tersedia yaitu 2750 m. Untuk melayani pesawat rencana B 747-300 ini diperlukan penambahan panjang *runway* 104 m (110 m). Penambahan panjang ini diharapkan dapat dilakukan perpanjangan sepanjang 250 m. Sehingga panjang total *runway* tahap 2 adalah 3000 m.

3. Tipe pesawat B 747 – 400

Tipe pesawat ini merupakan jenis pesawat internasional saat sekarang ini beroperasi.. Berdasarkan CASA 2008, *runway* (ARFL) yang dibutuhkan adalah 3383 m dengan kode landasan 4E. Setelah dilakukan koreksi yang sama, diperoleh panjang *runway* koreksi sebesar 2933 m.

Berdasarkan panjang *runway* yang tersedia yaitu 2750 m. Untuk melayani pesawat rencana B 747-300 ini diperlukan penambahan panjang *runway* 183 m (200 m). Penambahan panjang ini diharapkan dapat dilakukan perpanjangan sepanjang 67 m. Sehingga panjang total *runway* tahap 2 adalah 3000 m.

4.2 Analisis perhitungan Taxiway

Minangkabau International Airport memiliki tiga buah taxiway dengan dimensi yaitu 448 m x 30 m, 334 m x 30 m, dan 305 m x 120 m. Dimana ketiga taxiway ini berada tegak lurus dengan arah *runway*. Dalam perencanaan perhitungan taxiway dilakukan berdasarkan jenis pesawat dengan panjang (length) dan lebar sayap (wing span) terbesar yang beroperasi pada bandara tersebut. Dari jenis pesawat yang beroperasi di Minangkabau International Airport sesuai dengan Tabel 4.1 maka digunakan pesawat B 747- 300 dimana termasuk golongan 4E dengan karakteristik sebagai berikut:

ARFL = 3292 m

Wingspan = 59.6 m

OMGWS = 12.4 m

Length = 70.4 m

Berdasarkan tabel Annex 14 didapat hasil perhitungan sebagai berikut:

Lebar *taxiway*: 23 m

Lebar bahu dan *taxiway*: 44 m

Jarak pandang *taxiway*: 300 m

Jarak minimum pemisah *taxiway*: 80 m

Jarak antara *taxiway centerline* dan *runway centerline*: 104,8 m

Dari perhitungan diatas untuk keadaan eksisting *taxiway* dilihat dari lebarnya dimana minimal lebar yang harus ada yaitu 23 m, sedangkan kondisi asli yaitu 30 m. Jadi untuk *taxiway* Minangkabau International Airport ini masih sanggup melayani.

Pada tahap pengembangan Minangkabau International Airport jenis pesawat yang akan dilayani yaitu B 747 – 400 dimana mempunyai karakteristik:

ARFL = 3383 m

Wingspan = 64.9 m

OMGWS = 12.4 m

Length = 70.4 m

Menggunakan metode perhitungan di atas dalam perhitungan *taxiway* maka didapat hasilnya :

Lebar *taxiway*: 23 m

Lebar bahu dan *taxiway*: 44 m

Jarak pandang *taxiway*: 300 m

Jarak minimum pemisah *taxiway*: 80 m

Jarak antara *taxiway centerline* dan *runway centerline*: 182,5 m

Setelah didapat hasil perhitungannya ternyata untuk jenis B 747 – 400 masih sanggup untuk beroperasi dan tidak perlu ada peningkatan *taxiway*.

4.3 Analisa perhitungan apron

Minangkabau International Airport memiliki dimensi apron yaitu 315 m x 120

m. Pada perhitungan apron digunakan jenis pesawat yang saat ini beroperasi dengan *wingspan* dan *length* terbesar yaitu A 330 – 300 dengan karakteristik *wingspan* sebesar 60,3 m dan *length* yaitu 63,6 m.

1. Kondisi eksisting

Pada kondisi eksisting ini jumlah pesawat yang mampu dilayani oleh *apron* sebanyak 8 pesawat, dimana terdiri dari jenis pesawat A 330 – 300, A 320 – 200, dan B 737 – 300. Pada perhitungan pertama dimensi untuk *apron* menggunakan jenis pesawat yang beroperasi saat ini paling besar *wingspan* dan *length* nya. Pada perhitungan ini digunakan pesawat A 330 – 300 dengan nomor kode 4E. Maka luas *apron* yang harus dilayani yaitu didapat untuk satu luas pesawat sebesar 11.513,37 m². Luasan untuk tipe pesawat A 320 – 200 sebesar 4.096,95 m². B 737 – 300 didapat sebesar 3.160,86 m².

Maka setelah didapat luasan masing – masing dari tiga jenis pesawat yang berada di *apron* maka dapat diketahui jumlah luasan dari apron Minangkabau International Airport dimana untuk jenis pesawat A 330 – 300 ada tigabuah, jenis pesawat A 320 – 200 ada dua buah, dan jenis pesawat B 737 – 300 ada dua buah. Maka didapat perhitungannya sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\text{Luas apron} &= (3 \times 11.513,37) + (3 \times 4.096,95) + (2 \times 3.160,86) \\ &= 34.540,11 + 8.193,90 + 6.321,72 \\ &= 49.055,73 \text{ m}^2\end{aligned}$$

Dimana pada keadaan eksisting sekarang luasan *apron* sebesar 37.800 m² sehingga berdasarkan dari nilai perhitungan *apron* harus ditingkatkan lagi agar dapat menampung pesawat pada saat sekarang.

2. Tahap pengembangan

Pada tahap ini sesuai dengan KP 379 tahun 2015, Minangkabau International airport melakukan pengembangan untuk tahun 2020 dimana untuk apron yang awalnya sebesar 37.800 m² meningkat menjadi 80.520 m². Perencanaan *apron* tersebut akan melayani sebanyak 16 pesawat.

Pada tahap ini jenis pesawat pertama yang akan ditambah untuk apron yaitu jenis pesawat B 747 – 400 dengan nomor kodenya 4E. Maka didapat luasan apron yaitu 13.127,57 m². Kemudian pesawat kedua yang akan ditambahkan yaitu B 737 – 800 dengan nomor kode 4C. Maka didapat luas *apron* yaitu 4.448,64 m². Selanjutnya tambahan jenis pesawat yaitu C 208 dengan nomor kode 1A. Maka didapat luas apron sebesar 921,99 m².

Pada tahap pengembangan ini direncanakan mampu menampung 16 pesawat dimana dibagi satu buah pesawat B 747 – 400, enam buah pesawat A 330 – 300, dua buah pesawat A 320 – 200, dua buah pesawat B 737 -300, tiga buah B 737 – 800, dan dua buah C 208.

Pada tahap pembangunan untuk 2020 ini didapat luasan *apron* yaitu

$$\begin{aligned}\text{Luas apron} &= (1 \times 13.127,57) + (6 \times 11.513,37) + (2 \times 4.096,95) + (2 \times 3.160,86) \\ &\quad + (3 \times 4.448,64) + (2 \times 921,99) \\ &= 13.127,57 + 69.080,22 + 8.193,90 + 6.321,72 + 13.345,92 + 1.843,98 \\ &= 111.913,31 \text{ m}^2\end{aligned}$$

Dari perhitungan didapat total luasan sebesar 111.913,31 m² sedangkan yang direncanakan hanya sebesar 80.520 m² apabila jenis keadaan pada *apron* seperti ini maka *apron* harus dikembangkan lagi atau tidak menggunakan komposisi pilihan pesawat lain nantinya.

4.4 Proyeksi pergerakan

Proyeksi pergerakan pesawat yang digunakan untuk merencanakan pengembangan Minangkabau International Airport yaitu data pergerakan pesawat mulai tahun 2010-2016. Proyeksi dilakukan dengan program SPSS 17, didapatkan pergerakan pesawat tahunan sampai tahun rencana. Dari lalu lintas tahunan tersebut akan ditentukan pergerakan pesawat harian untuk selanjutnya dicari koefisien dan pergerakan pesawat jam puncak dengan menggunakan persamaan (5), (6), dan (7) seperti yang diberikan pada tabel 5.

Tabel 5 Pergerakan pesawat jam puncak

Tahun	Pergerakan pesawat tahunan	Pergerakan pesawat harian (Md)	Cp	Pergerakan pesawat jam puncak
2016	25921	71	0,164	12
2020	53027	145	0,115	17
2025	81272	222	0,093	21
2030	114898	314	0,078	24
2035	153905	422	0,067	28

Berdasarkan tabel 5 didapatkan koefisien dan pergerakan pesawat jam puncak pada setiap tahap. Volume pergerakan pesawat pada saat jam puncak tahun 2035 diperkirakan 28 pesawat baik domestik maupun internasional.

4.5 Analisa perkerasan

1. Perkerasan runway

Pada perhitungan perkerasan menggunakan metode berdasarkan FAA (*Federal Aviation Administration*). Adapun perhitungannya didasarkan pada grafik-grafik yang dikeluarkan oleh FAA.

Pada perhitungan yang mengacu pada FAA maka harus dilakukan langkah – langkah seperti berikut :

a. Menentukan jenis pesawat

Jenis karakteristik pesawat yang beroperasi di Minangkabau International Airport terdapat pada Tabel 15.

Tabel 6 Jenis pesawat dan karakteristik

No	Aero plane Types	RE F CO DE	Characteristic					
			AR FL (m)	Wings (m)	OMG WS (m)	Length (m)	MTO W (kg)	MTOW (lbs)
1	A 320 - 200	4C	2058	34,1	8,7	37,6	72000	158732,83
2	B 737 - 900 ER	4C	2249	34,3	5,72	40,67	85.139	187699,37
3	B 737 - 800 NG	4C	2256	34,3	6,4	36,5	70.535	155503,06

4	B 737 - 300 AT R	4C	2749	28,9	6,4	30,5	61.230	134989,04
5	R 72-600 B	3C	1355	27	4,1	27,2	22.800	50265,40
6	B 747 - 300 B-	4E	3292	59,6	12,4	70,4	377420	832068,67
7	B 747 - 400 A	4E	3383	59,7	10,7	69,9	394625	869999,20
8	A 330 - 300 C	4E	2560	60,3	12	63,6	230000	507063,20
9	C 208	1B	296	15,9	3,7	11,5	3310	7297,30

Sumber : CASA dan Annex 14

Penentuan pemilihan jenis pesawat dilihat dari banyaknya pergerakan pesawat dalam satu tahun.

b. Menentukan rerata pertumbuhan pesawat dan proyeksi pergerakan pesawat tahunan.

Pergerakan pesawat dilakukan dengan menghitung jumlah pergerakan pesawat selama tahun 2016 untuk penerbangan berjadwal.

Tabel 7 Total pergerakan pesawat tahun 2016

No	Jenis Pesawat	Pergerakan pesawat
1	A 320 - 200	7288
2	B 737 - 900 ER	3688
3	B 737 - 800 NG	7214
4	B 737 - 300	1211
5	ATR 72-600	63
6	B 747 - 300	1636
7	A 330 - 300	3211
8	C 208	954

Sumber : Data Angkutan Udara Minangkabau International Airport

Dalam penentuan angka pertumbuhan (i) pergerakan pesawat di Minangkabau International Airport dimulai dari tahun

2010-2016. Hal ini terkait dengan pengembangan pembangunan terminal untuk tahun 2020. Angka pertumbuhan dapat dilihat pada Tabel 17.

Tabel 8 Angka pertumbuhan pesawat domestik dan internasional

N o	Tahun	Total penerbangan	Angka Pertumbuhan
1	2011	14.442	
			14,15 %
2	2012	16.485	
			13,28 %
3	2013	18.675	
			-0,28 %
4	2014	18.622	
			16,82 %
5	2015	21.754	
			19,16 %
6	2016	25.921	
			Rata –rata pertumbuhan 12,63 %

Pada perhitungan Tabel 17, didapat angka pertumbuhan sebesar 12,63 %. Angka ini yang selanjutnya digunakan untuk proyeksi pergerakan pesawat tahunan. Adapun persamaan yang digunakan untuk menentukan pergerakan pesawat tahunan diberikan pada persamaan berikut :

$$R_n = R_o (1+i)^n$$

Hasil dari persamaan diatas akan ditampilkan pada Tabel 18 berikut:

Tabel 9 Proyeksi pergerakan pesawat tahunan

No	Jenis Pesawat	Pergerakan pesawat	Rn
1	A 320 - 200	7288	69829
2	B 737 - 900 ER	3688	35336
3	B 737 - 800 NG	7214	69120
4	B 737 - 300	1211	11603

5	ATR 72-600	63	604
6	B 747 - 300	1636	15675
7	A 330 - 300	3211	30766
8	C 208	954	9141

Dari Tabel 18 didapat *forecast annual departure* pada tahun 2035 untuk masing-masing pesawat. Pergerakan pesawat terbesar didominasi oleh pesawat jenis A 320 sebanyak 69.829 pergerakan.

c. Penentuan nilai CBR

Nilai CBR untuk perkerasan setelah dilakukan wawancara kepada pihak Teknik Umum PT Angkasapura II di Minangkabau International Airport didapat:

1. Nilai CBR Subbase :35 %
2. Nilai CBR Subgrade: 7,5 %

d. Menentukan masing – masing roda pendaratan

Tipe roda pendaratan utama sangatlah menentukan dalam perhitungan tebal perkerasan karena penyaluran beban pesawat melalui diberikan melalui roda ke perkerasan. Masing-masing roda pendaratan pesawat campuran akan dikonversi ke roda pendaratan pesawat rencana. Tipe roda pendaratan pesawat diberikan pada Tabel n19.

Tabel 10 Tipe roda pendaratan pesawat

No	Jenis Pesawat	Tipe Roda
1	A 320 - 200	Dual Wheel
2	B 737 - 900 ER	Dual Wheel
3	B 737 - 800 NG	Dual Wheel
4	B 737 - 300	Dual Wheel
5	ATR 72-600	Dual Wheel
6	B 747 - 300	Dual Wheel
7	A 330 - 300	Dual Tandem
8	C 208	Dual Wheel

Adapun faktor koreksi roda pendaratan pesawat yang digunakan berdasarkan tabel adalah 1,0 karena setiap pesawat memiliki tipe roda pendaratan yang sama sehingga untuk B 747 – 300 dan A 330 – 300 harus dilakukan konversi. Menurut dari tipe roda *Dual Tandem* menjadi *Dual Wheel* maka dikali 1,7.

e. Menentukan R2

R2 merupakan jumlah keberangkatan tahunan (*annual departure*) pesawat campuran dimana diperoleh dengan cara mengalikan proyeksi pergerakan pesawat tahunan dengan faktor konversi roda pendaratan. Persamaan yang digunakan untuk menentukan *annual departure* seperti yang diberikan pada persamaan

$R2 = \text{Pergerakan pesawat tahunan} \times \text{faktor konversi roda pendaratan}$

Hasil perhitungan pada persamaan tersebut disajikan dalam bentuk Tabel 22.

Tabel 11 Annual departure pesawat campuran

No	Aeroplane Types	Pergerakan pesawat tahunan	Faktor konversi roda pendaratan	R2
1	A 320 - 200	7288	1	7288
2	B 737 - 900 ER	3688	1	3688
3	B 737 - 800 NG	7214	1	7214
4	B 737 - 300	1211	1	1211
5	ATR 72-600	63	1	63
6	B 747 - 300	1636	1,7	1636
7	A 330 - 300	3211	1,7	3211
8	C 208	954	0.8	954

f. Menentukan beban roda campuran (W2)

W2 merupakan beban roda pesawat campuran dimana dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$W2 = 0,95 \times \text{MTOW} \times 1/M \times 1/N$$

Persamaan tersebut disajikan dalam bentuk Tabel 23.

g. Menghitung R1

R1 merupakan *Equivalent Annual Departure* (EAD) atau keberangkatan tahunan ekivalen oleh pesawat rencana dimana dihitung dengan menggunakan rumus berikut :

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

EAD pesawat rencana (R1) untuk pesawat campuran A330-300 adalah sebagai berikut:

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

$$\text{Log } R1 = \text{Log } 3211 \left[\frac{206624.81}{206624.81} \right]^{0,5}$$

$$\text{Log } R1 = \text{Log } 3211 \times 1$$

$$\text{Log } R1 = 3,507$$

$$R1 = 10^{3,507}$$

$$R1 = 3213,66$$

Perhitungan selanjutnya disajikan dalam bentuk tabel dimana setiap jenis pesawat dijadikan sebagai pesawat rencana. Maka didapat yaitu pesawat B 747 – 300 sebagai pesawat rencana karena *wheel load* terbesar yaitu pesawat bertipe B 747-300 sebesar 49.404,08 lbs. Selain itu juga diperhatikan adalah nilai total *Equivalent Annual Departure* terkecil yaitu pesawat bertipe B 747- 300 sebesar 10.913,99 pergerakan. Jadi Pesawat B 747 - 300 merupakan pesawat rencana.

h. Menghitung tebal perkerasan total

Dalam penentuan tebal perkerasan metode FAA, dilakukan menggunakan grafik sesuai dengan tipe roda pendaratan pesawat rencana yaitu *dual tandem gear*. Tebal perkerasan total dihitung dengan memplotkan data CBR *subgrade* (data penyelidikan tanah), MTOW (*Maximum Take Off Weight*) pesawat rencana, dan nilai *Equivalent Annual Departure* ke grafik sesuai dengan pesawat rencana.

Dari grafik CBR didapat tebal perkerasan total adalah 45 inci.

Tabel 12 Annual departure > 25000

Annual Departure	Percent of 25000 Departure Thickness
50.000	104
100.000	108
150.000	110
200.000	112

Sumber : FAA AC 150/5320-6D (1995)

Berdasarkan *Annual departure* > 25000 dimana dengan nilai Annual Departure didapat sebesar 10.913,99 lebih kecil dari 50.000 maka tebal perkerasan didapat 1,04 %. Sehingga total tebal perkerasan yaitu $45 \times 1,04 = 46,8$ inci.

i. Menghitung tebal perkerasan *subbase course*

Dengan nilai CBR *subbase* yang telah diketahui, MTOW, dan *Equivalent Departure* maka dari grafik yang sama dan memplotkan nilai-nilai tersebut didapat harga yang merupakan tebal lapis *subbase*. Dari hasil plot grafik didapat 13 inci. Maka tebal *subbase* sama dengan tebal perkerasan total dikurangi tebal lapisan *subbase* berdasarkan nilai plot grafik tersebut.

$$\text{Tebal subbase} = 46 \text{ inci} - 13 \text{ inci} = 33 \text{ inci}$$

j. Menghitung tebal perkerasan permukaan (*surface course*)

Tebal *surface* dapat langsung dilihat dari grafik pesawat rencana yang berupa tebal *surface* untuk daerah kritis dan non kritis. Untuk daerah kritis adalah 4 inci = 10,16 cm sedangkan untuk non kritis adalah 3 inci = 7,62 cm.

k. Menghitung tebal perkerasan *base course*

Tebal *base course* sama dengan lapisan di atas *subbase* atau tebal lapisan hasil plot grafik *subbase* dikurangi tebal permukaan (*surface*).
 Tebal *base course* = 33 inci - 4 inci = 27 inci.

l. Menghitung ketebalan daerah non kritis

Ketebalan daerah non kritis masing-masing lapisan didapat dengan mengalikan dengan faktor pengali 0,9 T untuk tebal *base* dan *subbase*. Untuk faktor pengali 0,7 T hanya

berlaku pada *base course* karena dilalui oleh drainase melintang landasan.

Tabel 13 Tebal perkerasan tiap landasan

Lapisan	Kritis (T)		Non Kritis (0,9 T)		Pinggir (0,7 T)	
	inci	cm	inci	cm	inci	Cm
Surface	4	10	3	8	0	7
Base		67,		60,7	18,	47,2
Course	27	5	24,3	5	9	5
Subbase		82,		74,2	23,	
Course	33	5	29,7	5	1	57,5

m. Stabilisasi landasan

Material *subbase* dan *base course* dalam pelaksanaannya di lapangan diadakan stabilisasi untuk mendapatkan lapisan yang lebih baik. Stabilisasi landasan tersebut terdiri dari :

1. Faktor *equivalent* untuk *base course* diambil bahan P-201 *Bituminous Base Course* yaitu 1,2 maka tebal *base course*

$$\text{yang distabilisasikan yaitu } \frac{27}{1,6} = 16,88 \text{ inci}$$

2. Faktor *equivalent* untuk *subbase course* diambil bahan P-209 *Crushed Agregate Base Course* yaitu 1,4 maka tebal

$$\text{subbase yang distabilisasikan yaitu } \frac{33}{1,4} =$$

$$23,57 \text{ inci} - 24 \text{ inci}$$

Jadi tebal perkerasan dengan *subbase* dan *base course* yang telah distabilisasi adalah :

$$\text{Total} = 4 + 16,88 + 23,57 = 44,45 \text{ inci} = 112,91 \text{ cm} = 113 \text{ cm}$$

Tabel 14 Perbandingan tebal perkerasan

Lapisan perkerasan	Perbandingan			
	Eksisting		Perhitungan	
	inci	cm	inci	cm
Lapisan permukaan (Surface)	4	10,16	4	10,16
Lapis Pondasi Atas (Base)	15	38,1	16,88	42,88
Lapis Pondasi Bawah (Subbase)	20	50,8	23,57	59,87
Total	39	99,06	44,45	112,91

Data eksisting perkerasan didapat melalui wawancara dengan pihak PT

Angkasapura II di Minangkabau International Airport. Dari Tabel 26 menunjukkan adanya perbedaan hasil dari perkerasan dimana hasil perhitungan lebih besar dari keadaan yang ada dilapangan.

2. Perkerasan Taxiway

Pada *taxiway* juga direncanakan menggunakan perkerasan lentur dengan metode FAA. Perencanaan *taxiway* menggunakan data dan tahapan perencanaan yang sama, namun dianggap untuk perencanaan dipakai daerah non kritis.

A. Menghitung tebal perkerasan permukaan (*surface course*)

Dari kurva perencanaan perkerasan *flexible* diperoleh ketebalan perkerasan di daerah nonkritis = 3 inch = 7,62 cm \approx 8 cm.

B. Menghitung tebal *base course*

Untuk tebal *base coarse*, digunakan tebal = 0,9 kali tebal *base coarse* kondisi kritis, sehingga tebal *base coarse* = 0,9 x 27 cm = 24,3 inci \approx 25 inci.

C. Menghitung tebal *subbase course*

Untuk tebal *subbase coarse*, digunakan tebal = 0,9 kali tebal *subbase coarse* kondisi kritis, sehingga tebal *subbase coarse* = 0,9 x 33 inci = 29,7 inci \approx 30 inci.

4. KESIMPULAN

1. Hasil perhitungan panjang landasan pacu (*runway*) pada kondisi eksisting dimana setelah dicoba perhitungan menggunakan dua buah pesawat yaitu B 737 – 300 dan B 747 – 300 didapat hasil lebih besar dari keadaan eksistingnya, maka perlu ditingkatkan lagi . Untuk tahap pengembangan dengan jenis pesawat B 747 – 400 didapat hasilnya sudah dapat melayani semua rencana operasional jenis pesawat.

2. Keadaan eksisting *taxiway* di Minangkabau International Airport ini sebenarnya telah dirancang untuk kapasitas jenis pesawat terbesar. Setelah dilakukan perhitung menggunakan pesawat yang terbesar lebar sayap dan panjangnya yaitu B 747 - 300, masih mampu untuk melayani pesawat tersebut. Dari tiga *taxiway* yang ada ketiganya mampu melayani pesawat yang ada saat sekarang ini. Pada tahap

pengembangan akan direncanakan *taxiway* parallel nantinya dan untuk dimensinya juga mampu untuk melayani jenis pesawat rencana nantinya.

3. Keadaan *apron* kondisi *eksisting* diperoleh luas *apron* sebesar 37.800 m², dimana pada keadaan ini bias menampung delapan pesawat yaitu terdiri dari tiga pesawat besar, tiga pesawat sedang dan dua pesawat kecil. Dalam menentukan jenis pesawatnya diambil dari jumlah pergerakan pesawat paling besar dimana didapat jenis pesawat yaitu A 330 – 300, B 737 – 300, dan A 320 – 200. Setelah dilakukan perhitungan didapat luasan *apron* yaitu 49.055,73 m² lebih besar dari keadaan eksisting maka perlu ditingkatkan lagi. Pada tahap pengembangan luas *apron* direncanakan sebesar 80.520 m² akan menampung 16 pesawat. Dimana terdiri dari enam jenis pesawat yaitu satu buah pesawat B 747 – 400, enam buah pesawat A 330 – 300, dua buah pesawat A 320 – 200, dua buah pesawat B 737 -300, tiga buah B 737 – 800, dan dua buah C 208. Setelah dilakukan perhitungan didapat hasilnya sebesar 111.913,31 m² melebihi dari yang direncanakan maka perlu pengembangan lagi. Perbedaan hasil bisa terjadi karena perbedaan penentuan jenis pesawat yang dilayani.

4. Jam puncak penumpang untuk tahap pembangunan tahun 2020 dimana didapat hasilnya 5.323 penumpang sedangkan untuk tahun 2035 sebesar 9.220 penumpang. Jam puncak pesawat untuk tahap pengembangan tahun 2020 didapat 17 pesawat sedangkan untuk tahun 2035 sebesar 29 pesawat.

5. Pada perkerasan *runway* didapat perbedaan dimana perhitungan lebih besar dari keadaan eksistingnya dimana untuk keadaan eksisting didapat total kedalaman 99,06 cm sedangkan hasil perhitungan didapat 112,91 cm.

5. SARAN

1. Untuk dapat melayani pesawat yang lebih besar Minangkabau International Airport memerlukan pembangunan dan pengembangan baik landasan pacu

(*runway*), landasan hubung (*taxiway*), dan landasan parkir (*apron*). Pengembangan harus dilakukan sedemikian rupa dengan melihat kondisi eksisting dan aspek lingkungan sekitar sehingga menghasilkan perencanaan yang baik.

2. Perlu dilakukan uji kelayakan model pada *output* SPSS sehingga menghasilkan data yang lebih akurat.

3. Perlu dilakukan kajian mendetail terhadap pergerakan pesawat jam puncak.

4. Perlu adanya penambahan dan variasi jumlah pesawat yang digunakan dalam perencanaan perkerasan sehingga menghasilkan data perencanaan yang lebih baik.

5. Perlu adanya pembagian distribusi jumlah pesawat dalam perencanaan *apron* sehingga menghasilkan perencanaan yang lebih efisien.

DAFTAR PUSTAKA

- Anthony, S. (2012). *Tugas Besar Rekayasa Lapangan Terbang (Bandar Udara Husein Sastranegara , Bandung : Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan*.
- Charles,B.(2015). *Proyeksi Kebutuhan Lnding Movement Bandar Udara Berdasarkan 3 Standarisasi Teknis (Studi Kasus : Bandara Sultan Syarif Kasim II Pekanbaru) .Skripsi : Universitas Riau*.
- Basuki, H. (2008). *Merancang dan Merencana Lapangan Terbang*. Bandung : Alumni.
- Geospasial Transportasi. (2013). *Informasi Geo-spasial Transportasi (Informasi 25 Bandar Udara Utama)*. Kementerian Perhubungan.
- Horonjeff, R., McKelvey, F., Sproule, W., & Young, S. (2010). *Planning and Design of Airports, Fifth Edition*. (Fifth, Ed.). New York: Mc Graw Hill.
- Kuswandi. H. (2010). *Evaluasi Teknis Infrastruktur Landing Movement dan Terminal Building Bandar Udara Sultan Syarif Kasim II Pekanbaru*. Skripsi : Universitas Riau.
- Permenhub Tahun 1999. *Rencana Induk Minangkabau International Airport*. Menteri Perhubungan.
- Permenhub 48 Tahun 2002. *Penyelenggaraan bandar udara umum*. Menteri Perhubungan.
- Permenhub 69 Tahun 2013. *Tatanan Kebandarudaraan Nasional*. Menteri Perhubungan.
- Sandhyavitri, A., & Taufik, H. (2005). *TEKNIK LAPANGAN TERBANG 1 (TEORI DASAR)*. Diktat kuliah Universitas Riau.
- Sarwono, J. (2009). Regresi linier, 1–14.
- SKEP 77/VI. (2005). *Persyaratan Teknis Pengoperasian Fasilitas Teknik Bandar Udara*. Direktorat Jenderal Perhubungan Udara.
- SKEP 120/VI/2002. *Petunjuk Pelaksanaan Pembuatan Rencana Induk Bandar Udara*. Direktorat Jenderal Perhubungan Udara.
- SKEP/161/IX. (2003). *Petunjuk pelaksanaan, perencanaan/perancangan landasan pacu, taxiway, dan apron pada bandar udara*. Direktorat Jenderal Perhubungan Udara.
- Susys. (2010). Regresi dan Korelasi linier sederhana, 1–11.
- Utami, A. H. D. (2012). *Analisis Pengembangan Runway dan Fasilitas alat bantu pendaratan di Bandar Udara Depati Amir Bangka*. Skripsi. Yogyakarta : Sekolah Tinggi Teknologi Adisutjipto.