

ANALISIS KAPASITAS LANDASAN PACU (RUNWAY) PADA BANDAR UDARA INTERNASIONAL SAM RATULANGI MANADO

Prisilia Junianti Mapeda

Sisca V. Pandey, Lucia G. J. Lalamentik

Fakultas Teknik, Jurusan Sipil, Universitas Sam Ratulangi Manado

Email : prisiliamapeda@gmail.com

ABSTRAK

Provinsi Sulawesi Utara saat ini menjadi salah satu provinsi di Indonesia yang mengalami perkembangan yang signifikan khususnya pada sektor pariwisata. Kondisi ini mempengaruhi jumlah penggunaan jasa penerbangan komersial yang akan masuk maupun keluar dari daerah kita baik sekarang maupun pada waktu yang akan datang. Bandar Udara Internasional Sam Ratulangi Manado merupakan salah satu pintu gerbang Sulawesi Utara dan menjadi bandar udara utama yang saat ini melayani penerbangan domestik dan internasional. Bandar udara ini menggunakan landasan pacu tunggal yang merupakan konfigurasi paling sederhana dengan kapasitas 50-100 gerakan per jam pada kondisi VFR (Visual Flight Rules) dan 50-70 gerakan per jam dalam kondisi IFR (Instrument Flight Rules).

Sebagai Bandar Udara utama, tentunya perlu diperhatikan keefektifan pelayanan yang ada di Bandar Udara Internasional Sam Ratulangi Manado. Salah satu penunjang keefektifan suatu Bandar Udara adalah kapasitas landas pacu karena kemacetan dapat terjadi bila permintaan mendekati kapasitas dalam suatu jangka waktu tertentu. Untuk itu kapasitas landas pacu di Bandar Udara Internasional Sam Ratulangi perlu dievaluasi, yang meliputi konfigurasi landas pacu, jenis pesawat, komposisi pesawat, exit taxiway, keadaan tersibuk dan frekuensi penerbangan. Pada umumnya metode yang dipakai dalam penelitian ini adalah metode penelitian kuantitatif. Untuk data-data arus lalu lintas udara dianalisis menggunakan metode forecasting (ramalan) guna mendapatkan perkiraan lalu lintas udara di masa mendatang yang meliputi arus penumpang, bagasi, barang dan pos paket. Sedangkan untuk perhitungan kapasitas digunakan teori kapasitas FAA (Federal Aviation Administration) yang akan menjadi tolak ukur dalam memprediksikan tahun puncak dan tahun pengembangan.

Dari hasil perhitungan, diperoleh kapasitas jenuh atau kapasitas puncak landasan pacu Bandar Udara Internasional Sam Ratulangi adalah 97 operasi/jam pada kondisi VFR (Visual Flight Rules) dan 58 operasi/jam pada kondisi IFR (Instrument Flight Rules) dan diperkirakan akan terjadi pada tahun 2026 dan tahun 2051 berdasarkan dua kondisi yang berlaku di Bandar Udara ini. Sedangkan kapasitas praktis landasan pacu Bandar Udara Internasional Sam Ratulangi didapat 61 operasi/jam pada kondisi VFR (Visual Flight Rules) dan 48 operasi/jam pada kondisi IFR, dan dari perhitungan ini diperkirakan bahwa bandar udara ini harus dikembangkan kembali pada tahun 2040 atau tahun 2044 dengan melihat beberapa alternatif yaitu diantaranya membuat exit taxiway high speed atau memperpanjang landas pacu yang ada.

Kata kunci : Kapasitas, Landasan Pacu, Bandar Udara, FAA, VFR, IFR

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Transportasi udara saat ini memegang peranan penting dalam membantu setiap perkembangan di setiap negara yang ada di dunia, termasuk juga negara Indonesia. Dengan semakin berkembangnya perekonomian, tentunya akan meningkatkan mobilitas masyarakat yang pada saatnya akan menuntut

pelayanan transportasi yang lebih baik dengan tingkat keamanan, keselamatan, kecepatan dan juga kelancaran yang lebih tinggi. Semakin baik kualitas hidup dan ekonomi masyarakat maka kesadaran para pengguna moda transportasi udara akan semakin meningkat sesuai dengan kebutuhan singkatnya waktu sampai tujuan. Oleh sebab itu kebutuhan bandar udara sebagai penunjang transportasi udara dituntut pula perkembangannya.

Provinsi Sulawesi Utara saat ini merupakan salah satu provinsi yang mengalami perkembangan yang signifikan khususnya pada sektor pariwisata. Meningkatnya sektor pariwisata tentunya menuntut juga peningkatan di bidang transportasi karena akan semakin banyak mobilitas manusia dan barang.

Sebagai sarana transportasi udara utama di Sulawesi Utara, Bandar Udara Internasional Sam Ratulangi perlu mendapat perhatian khusus dari pemerintah. Hal ini dikarenakan semakin meningkatnya jumlah wisatawan yang datang ke Sulawesi Utara tentunya mempengaruhi jumlah penumpang. Terbukti pada beberapa tahun terakhir ini terjadi peningkatan jumlah penumpang yang datang maupun berangkat pada bandar udara ini. Peningkatan jumlah penumpang ini mempengaruhi peningkatan jumlah pesawat yang datang dan berangkat melalui bandara ini.

Melihat kenyataan yang ada maka peningkatan fasilitas yang mendukung transportasi udara yang ada harus selalu ditingkatkan untuk memenuhi kebutuhan masyarakat yang selalu berkembang. Selain itu, transportasi udara pun perlu ditinjau kembali lebih jauh tingkat pelayanannya agar mencapai tingkat pelayanan yang optimal pada masa yang akan datang.

Berdasarkan konfigurasi landasan pacu, sama seperti sebagian besar bandar udara di Indonesia saat ini Bandar Udara Internasional Sam Ratulangi masih menggunakan landasan pacu tunggal yang merupakan konfigurasi paling sederhana dengan kapasitas 50-100 gerakan perjam pada kondisi VFR sedangkan dalam kondisi IFR kapasitasnya berkisar 50-70 gerakan perjam. Seiring berjalannya waktu, tentunya permintaan akan mengalami peningkatan di waktu yang akan datang. Untuk itu perlu untuk menghitung kapasitas landasan pacu agar kedepannya ada kesesuaian dengan tingkat pelayanannya.

Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang ada, maka perlu dihitung kapasitas jenuh dan kapasitas praktis di Bandar Udara Internasional Sam Ratulangi Manado dengan menggunakan metode FAA, sehingga dapat diketahui bagaimana kondisi kapasitas *runway* pada bandar udara ini dan juga dapat diperkirakan kapan tahun optimasi dan tahun pengembangan yang tepat untuk bandar udara ini.

Batasan Masalah

1. Penelitian dilakukan pada Bandar Udara Internasional Sam Ratulangi Manado.
2. Analisis yang dilakukan hanya pada bagian landasan pacu (*runway*).
3. Analisis jadwal penerbangan pada penerbangan domestik dan internasional.
4. Kapasitas yang dimaksud adalah jumlah operasi pesawat terbang dalam jangka waktu tertentu.
5. Kapasitas landas pacu terbagi atas kapasitas puncak dan kapasitas praktis.
6. Untuk konfigurasi pesawat hanya menggunakan landas pacu tunggal (*single R/W*) dan analisis struktur landas pacu tidak dilakukan dalam penulisan ini.

Tujuan Penelitian

1. Menghitung kapasitas landasan pacu (*runway*) di Bandar Udara Internasional Sam Ratulangi Manado dengan teori kapasitas FAA.
2. Mengetahui keadaan angkutan penumpang / barang dan pos paket di Bandar Udara Internasional Sam Ratulangi Manado pada tahun tinjauan melalui analisis ramalan (*forecasting*).
3. Menentukan optimasi pelayanan pada sistem transportasi udara di Bandar Udara Internasional Sam Ratulangi Manado untuk jenjang atau sampai batas waktu pelayanan melalui tahun optimasi
4. Memperkirakan waktu pengembangan yang tepat untuk Bandar Udara Internasional Sam Ratulangi Manado melalui tahun pengembangan.

Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah kiranya dapat menjadi suatu bahan referensi apabila kedepannya akan ada penelitian lanjutan mengenai kapasitas landasan pacu ataupun ada mahasiswa yang ingin mengembangkan penelitian ini.

Selain itu, kiranya melalui penelitian ini dapat memberikan masukan kepada instansi terkait mengenai kondisi kapasitas di Bandar Udara Internasional Sam Ratulangi Manado khususnya pada bagian landasan pacu agar kedepannya tingkat pelayanan yang ada semakin baik lagi di masa yang akan datang.

LANDASAN TEORI

Bandar Udara

Menurut *Annex 14* dari ICAO (*International Civil Aviation Organization*): Bandar udara adalah area tertentu di daratan atau perairan (termasuk bangunan, instalasi dan peralatan) yang diperuntukkan baik secara keseluruhan atau sebagian untuk kedatangan, keberangkatan dan pergerakan pesawat

Kapasitas Bandar Udara

Untuk perencanaan bandar udara, kapasitas dapat didefinisikan sebagai jumlah operasi pesawat terbang dalam jangka waktu tertentu yang berhubungan dengan tingkat penundaan rata-rata yang dapat diterima. Kapasitas juga dapat didefinisikan sebagai jumlah operasi pesawat maksimum yang dapat dilakukan pada suatu lapangan udara pada suatu waktu tertentu ketika ada permintaan akan pelayanan yang berkesinambungan. Permintaan akan pelayanan yang berkesinambungan ini berarti selalu terdapat pesawat yang siap untuk lepas landas atau mendarat

Faktor-faktor yang Mempengaruhi

Kapasitas

Faktor-faktor tersebut dapat dikelompokkan menjadi empat, yaitu yang berhubungan dengan :

1. Kontrol lalu lintas udara
2. Karakteristik permintaan
3. Kondisi lingkungan di sekitar bandar udara
4. Layout dan desain dari sistem landasan pacu

Kapasitas Runway

Kapasitas *runway* dapat didefinisikan sebagai kemampuan sisten *runway* untuk mengakomodasi pendaratan dan tinggal landas pesawat yang dinyatakan dalam jumlah operasi pergerakan pesawat per satuan waktu (dalam operasi per jam atau per tahun). Untuk perencanaan bandar udara, kapasitas *runway* didefinisikan dengan dua cara, yaitu kapasitas jenuh dan kapasitas praktis.

Kapasitas Jenuh

Kapasitas jenuh didefinisikan sebagai jumlah maksimum pesawat beroperasi yang dapat ditampung oleh *runway* selama waktu tertentu saat ada suatu permintaan yang terus menerus dilayani. kapasitas jenuh atau kapasitas puncak menjadi salah satu hal utama yang dihitung, walaupun kenyataannya dalam dunia penerbangan sulit mendapatkan permintaan yang terus-menerus, namun cara ini diambil untuk mengetahui sejauh mana kemampuan

maksimum landas pacu suatu bandar udara dalam mengelola lalu lintas penerbangan, agar dapat diambil langkah-langkah atau alternatif yang sesuai dengan perkembangannya.

Kapasitas Praktis

Kapasitas praktis didefinisikan sebagai jumlah pesawat yang beroperasi selama waktu tertentu yang disesuaikan dengan rata-rata penundaan (*delay*) pada suatu tingkat yang dapat ditoleransi. Tujuan utama kapasitas ini adalah untuk menentukan cara-cara yang efektif dan efisien untuk meningkatkan kapasitas dan mengurangi penundaan di bandara.

Konfigurasi Landasan Pacu

Konfigurasi bandara adlah jumlah dan orientasi landasan. Jumlah landasan pacu tergantung pada volume lalu lintas dan orientasi tergantung pada arah angin serta luas daerah pengembangan bandara.

Konfigurasi landasan pacu terdiri dari landasan pacu tunggal, landasan pacu sejajar, landasan pacu sejajar digeser, landasan pacu dua jalur, landasan pacu berpotongan, dan landasan pacu V-terbuka.

Keadaan Tersibuk

Konstanta keadaan tersibuk merupakan perkalian antara persentase bulan, hari, dan jam tersibuk. Konstanta keadaan tersibuk merupakan faktor pengali dalam penentuan optimasi dan tahun pengembangan.

Keadaan Cuaca

Secara umum, dalam dunia penerbangan keadaan cuaca dibagi menjadi dua keadaan yaitu:

1. Ketentuan penerbangan *Visual Flight Rules* (VFR)

Pada ketentuan ini keadaan cuaca adalah cerah, sehingga pesawat terbang dapat mempertahankan jarak pisah yang aman dengan cara visual. Dalam hal ini terutama tergantung pada ketentuan tinggi awan (>10000 ft) dan jarak pandang (>3 mil). Pada keadaan VFR ini jarak pisah merupakan tanggung jawab penerbang.

2. Ketentuan penerbangan *Instrumesnt Flight Rules* (IFR)

Pada ketentuan ini keadaan cuaca adalah kurang baik atau buruk. Ini berlaku apabila jarak pandang dan tinggi awan berada dibawah yang ditentukan VMC yaitu tinggi awan rendah < 10000 ft dan jarak pandang paling dekat 3 mil.

Teori Kapasitas Puncak Landas Pacu

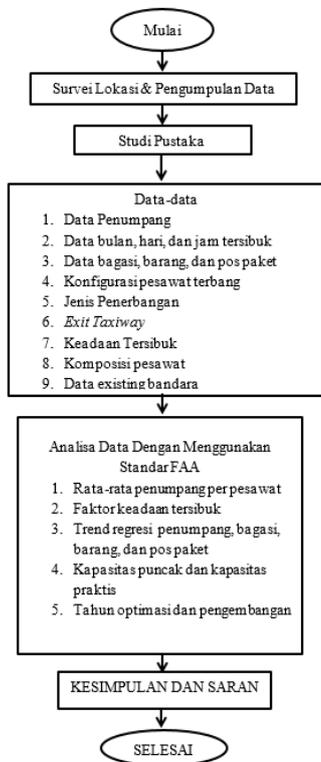
Terdapat faktor-faktor yang mempengaruhi jumlah operasi pesawat maksimum, tetapi tidak terbatas pada hal-hal berikut ini :

- a. Konfigurasi
- b. Jumlah dan letak *exit taxiway*
- c. Komposisi
- d. Jenis operasi dan muatan udara

Kapasitas puncak dapat dihitung dengan cara menggunakan grafik dan tabel berdasarkan rumus kapasitas puncak FAA.

METODOLOGI PENELITIAN

Diagram Alir Penelitian



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Analisa Data

Dalam penelitian ini, untuk menghitung kapasitas landasan pacu (*runway*) digunakan tabel, grafik, dan rumus teori kapasitas FAA. Sedangkan untuk memperkirakan kondisi muatan udara digunakan metode peramalan (*forecasting*) dalam hal ini menggunakan analisa statistik yaitu analisa trend.

Ada beberapa analisis trend, antara lain :

- a. Trend Linier
- b. Trend Logaritma
- c. Trend Exponensial

Untuk meramalkan analisa mana yang akan digunakan dalam meramalkan jumlah pesawat, penumpang, barang dan paket serta bagasi Bandar Internasional Sam Ratulangi masa mendatang, kita akan membandingkan dari ketiga analisa tersebut mana yang mempunyai koefisien korelasi paling besar, maka itulah yang akan digunakan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pergerakan Pesawat di Bandar Udara Internasional Sam Ratulangi Manado

Gerakan Pesawat Tahunan

Data pergerakan pesawat yang tiba dan berangkat di Bandar Udara Internasional Sam Ratulangi Manado adalah sebagai berikut:

Tabel 1 Data Pesawat Tahun 2013-2018

Tahun	Jumlah Pesawat		
	Tiba	Berangkat	Total
2013	9593	9563	19156
2014	9338	9309	18647
2015	10162	10138	20300
2016	12754	12739	25493
2017	13096	13095	26191
2018	12827	12833	25660

Sumber: Kantor Bandar Udara Internasional Sam Ratulangi Manado



Gambar 2 Diagram Pergerakan Pesawat Tahunan

Bulan Tersibuk (*Peak Month Aircraft Movement*)

Bulan tersibuk adalah persentase gerakan pesawat terbanyak dalam satu bulan terhadap *Annual Movement* atau gerakan tahunan. Untuk perhitungan bulan tersibuk digunakan data pergerakan pesawat pada tiga bulan tersibuk di tahun 2018.

Tabel 2 Rasio Gerakan Pesawat pada Bulan Tersibuk Terhadap Annual Movement

Bulan	Annual Movement	Pesawat pada Bulan Maksimum	C/B x 100%
A	B	C	D
Juli	27461	2360	8,594 %
Oktober	27461	2344	8,535 %
Desember	27461	2487	9,056%
Total			26,186 %
Rata-rata			8,728 %

Sumber: Kantor Bandar Udara Internasional Sam Ratulangi Manado

Dari tabel tersebut, diketahui bahwa rata-rata persentase *peak month* adalah 8,72 %. Nilai tersebut merupakan konstanta *peak month*.

Hari Tersibuk (*Peak Day Aircraft Movement*)

Hari tersibuk adalah rasio pesawat terbanyak harian terhadap pesawat terbanyak bulanan. Untuk perhitungan hari tersibuk diambil data satu hari puncak dari tiga bulan puncak pada tahun 2018.

Tabel 3 Rasio Gerakan Pesawat pada Hari Tersibuk Terhadap Bulan Tersibuk

Bulan	Gerakan Pesawat pada Bulan Maksimum	Gerakan Pesawat pada Hari Maksimum	C/B x 100%
A	B	C	D
18 Juli 2018	2584	117	4,957 %
14 Oktober 2018	2372	112	4,778 %
23 Desember 2018	2433	134	5,388 %
Total			15,123 %
Rata-rata			5,041 %

Sumber: Kantor Bandar Udara Internasional Sam Ratulangi Manado

Dari tabel 3. diketahui bahwa rata-rata persentase *peak day* adalah 5,041 %. Nilai tersebut merupakan konstanta *peak day*.

Tabel 4 Rasio Gerakan Pesawat pada Jam Tersibuk terhadap Hari Tersibuk

Tanggal	Jam Sibuk		Gerakan Pesawat pada Hari Maximum Peak Day	(Peak Hour/ Peak Day) x 100%
	Jam Sibuk	Gerakan Pesawat Peak Hour		
18 Juli 2018	06.01-07.00	10	117	8,547
14 Oktober 2018	16.01-17.00	11	112	9,821
23 Desember 2018	10.01-11.00	9	134	6,716
Total		30		25,084
Rata-rata		10		8,361

Sumber: Kantor Bandar Udara Internasional Sam Ratulangi Manado

Jam Tersibuk (*Peak Hour Aircraft Movement*)

Untuk menentukan jam tersibuk atau *peak hour* dilakukan dengan membandingkan pergerakan lalu lintas pesawat terbanyak dalam satu jam terhadap pergerakan lalu lintas terbanyak dalam satu hari.

Dari tabel 4, diketahui bahwa rata-rata gerakan pesawat di Bandara Internasional Sam Ratulangi Manado adalah 10 gerakan per jam dengan persentase rata-rata pada jam sibuk adalah 8,361 %. Nilai tersebut merupakan konstanta *peak hour*.

Mix Aircraft (Campuran Pesawat) Kapasitas Puncak

Berdasarkan data-data gerakan pesawat pada kondisi VFR dan IFR, maka persentase *mix aircraft* diperoleh sebagai berikut:

Tabel 5 *Mix Aircraft* Kapasitas Puncak Bandar Udara Internasional Sam Ratulangi Manado

Kondisi	Kategori	Kode	Total	Mix Aircraft
VFR	Heavy	H	-	-
	Large	L	1390	(1390:6363) x 100% = 21,85 %
	Small	S	4793	(4793:6363) x 100% = 78,15 %
			6363	100 %
IFR	Heavy	H	960	(960:21208) x 100% = 4,55 %
	Large	L	14970	(14970:21208) x 100% = 70,95 %
	Small	S	5168	(5168:21208) x 100 % = 24,50
			21098	100 %

Sumber: Kantor Bandar Udara Internasional Sam Ratulangi Manado

Mix Index (Indeks Campuran)

Persamaan *Mix Index* dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan $MI = L+3H$, dengan L = *Large* dan H = *Heavy*. Untuk itu, pada tabel berikut ini dapat dilihat hasil persentase dari *Mix Index*.

Tabel 6 *Mix Index* Kapasitas Puncak Bandar Udara Internasional Sam Ratulangi Manado

Kondisi	Kode	Persentase Mix Aircraft	Persentase Mix Index (MI=L+3H)
VFR	L	21,85	21,85 + 3 (0) = 21,85 %
	H	0	
IFR	L	70,95	70,95 + 3 (4,55) = 84,61 %
	H	4,55	

Sumber: Kantor Bandar Udara Internasional Sam Ratulangi Manado

Persentase Kedatangan

Dilihat dari jenis penerbangan pesawat di Bandar Udara Internasional Sam Ratulangi Manado yang terjadwal (*regular*) dan tidak

terjadwal (*irregular*), maka diperoleh persentase kedatangan sebagai berikut:

Tabel 7 Persentase Kedatangan Bandar Udara Internasional Sam Ratulangi Manado

Kondisi	Jenis Penerbangan				Total	Persentase Kedatangan
	Regular		Irregular			
	ARR	DEP	ARR	DEP		
VFR	2754	2763	420	426	6363	50
IFR	10313	10319	228	238	21208	50

Sumber: Kantor Bandar Udara Internasional Sam Ratulangi Manado

Jumlah Exit Yang Terpisah

Jumlah *Exit Taxiway* di Bandar Udara Internasional Sam Ratulangi Manado adalah 4 (empat) buah. Maka dengan demikian nilai exit/nilai pemisah (N) adalah 3, nilai ini akan digunakan untuk menentukan faktor jalan keluar.

Persentase Pesawat Tak Tentu (*Touch & Go*)

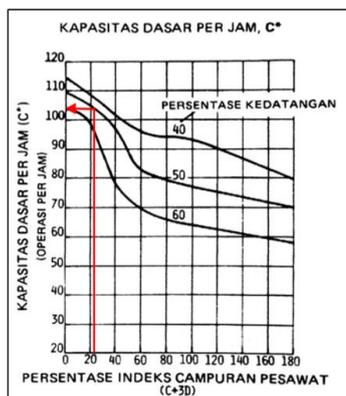
Dalam menentukan persentase pesawat tak tentu didasarkan pada data jenis penerbangan, yaitu *regular* dan *irregular* juga disesuaikan dengan sistem operasinya.

Tabel 8 Persentase Pesawat Tak Tentu Bandar Udara Internasional Sam Ratulangi Manado

Kondisi	Jenis Penerbangan		Persentase Touch & Go
	Regular	Irregular	
VFR	5517	846	13,30
IFR	20632	466	2,21

Kapasitas Dasar (Kd)

Dengan menggunakan grafik kapasitas dasar (Kd) landasan pacu kondisi VFR dan IFR, maka diperoleh hasil kapasitas dasar sebagai berikut:



Gambar 3 Hasil Kapasitas Dasar Kondisi VFR

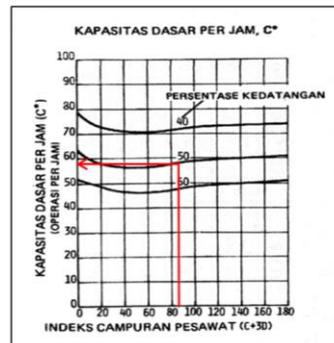
Berdasarkan grafik, maka kapasitas dasar pada kondisi VFR diperoleh hasil sebagai berikut:

Persentase kedatangan = 50%

MI = 21,85 %

Dari grafik didapat :

Kd = 103 operasi/jam



Gambar 4 Hasil Kapasitas Dasar Kondisi IFR

Berdasarkan grafik, maka kapasitas dasar pada kondisi IFR diperoleh hasil sebagai berikut:

Persentase kedatangan = 50%

MI = 84,61 %

Dari grafik didapat :

Kd = 58 operasi/jam

Kapasitas Jenuh atau Kapasitas Puncak

Berdasarkan data dan hasil perhitungan di atas, maka untuk kapasitas jenuh atau kapasitas puncak dapat ditentukan dengan persamaan berikut:

$$K = Kd \cdot E \cdot T$$

Untuk kondisi VFR

$$K = Kd \cdot E \cdot T$$

$$= 103 \times 0,92 \times 1,03 = 97,06 = 97$$

operasi/jam

Untuk Kondisi IFR

$$K = Kd \cdot E \cdot T$$

$$= 58 \times 1,00 \times 1,00 = 58 = 58 \text{ operasi/jam}$$

Exit Rating (Nilai Jalan Keluar)

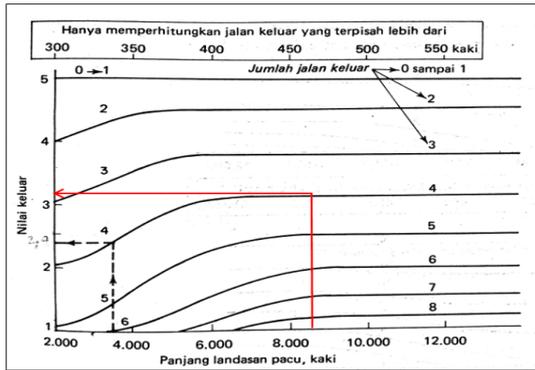
Dalam penentuan *Exit Rating* pada Bandar Udara Internasional Sam Ratulangi Manado, maka diperlukan data-data sebagai berikut :

Panjang Landas Pacu = 2650 m

= 8694 ft

Jumlah *Exit Taxiway* = 4 buah

Jenis *Exit Taxiway* = *Exit Taxiway* Sudut siku (*Right Angled Exit Taxiway*)

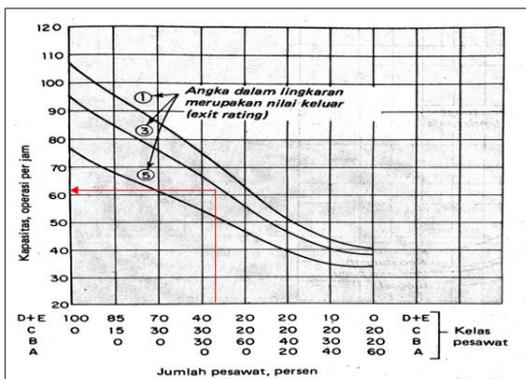


Gambar 5 Hasil Exit Rating

Berdasarkan grafik di atas, maka diperoleh nilai Exit Rating Bandar Udara Internasional Sam Ratulangi adalah sebesar **3,1**.

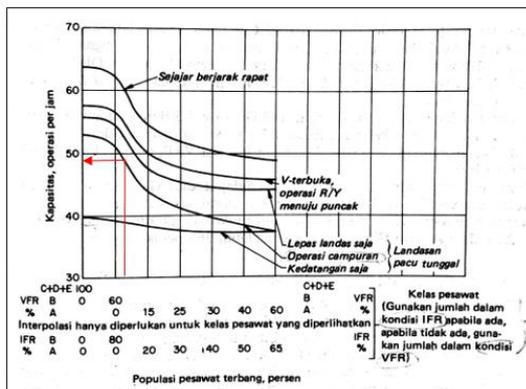
Kapasitas Praktis

Kapasitas praktis diperoleh melalui grafik berikut:



Gambar 6 Hasil Kapasitas Praktik Kondisi VFR

Dari grafik di atas, diperoleh kapasitas praktis pada kondisi VFR adalah **61 operasi/jam**.



Gambar 7 Hasil Kapasitas Praktis Kondisi IFR

Dari grafik di atas, diperoleh kapasitas praktis pada kondisi IFR adalah **48 operasi/jam**.

Tahun Optimasi

Tahun optimasi ditentukan berdasarkan data rata-rata penumpang pesawat, kapasitas jenuh, konstanta keadaan tersibuk yang kemudian dihitung dengan menggunakan persamaan regresi dalam hal ini digunakan trend eksponensial.

Persamaannya menjadi:

$$Y = 1896597,019 \times e^{0,063x}$$

Kondisi VFR

$$Y = 0,0004583581 \times (1896597,019 * e^{0,063x})$$

$$Y = 869,3206 \times 2,718281828^{0,063x}$$

Dibuat menjadi persamaan logaritma:

$$\log 9894 = \log 869,3206 + (0,063x \times \log 2,718281828)$$

$$3,9908 = 2,939179 + (0,063x \times 0,43428)$$

$$0,063x = \frac{3,9908 - 2,939179}{0,43428}$$

$$x = \frac{2,45238}{0,063} = 38,4382$$

Jika : $x = 0 \rightarrow$ tahun 2013

$x = 38 \rightarrow$ tahun 2051

Kondisi IFR

$$Y = 0,0004583581 \times (1896597,019 * e^{0,063x})$$

$$Y = 869,3206 \times 2,718281828^{0,063x}$$

Dibuat menjadi persamaan logaritma :

$$\log 5916 = \log 869,3206 + (0,063x \times \log 2,718281828)$$

$$3,77202 = 2,939179 + (0,063x \times 0,43428)$$

$$0,063x = \frac{3,77202 - 2,939179}{0,43428}$$

$$x = \frac{0,83284}{0,063} = 13,2198$$

Jika : $x = 0 \rightarrow$ tahun 2013

$x = 13 \rightarrow$ tahun 2026

Berdasarkan hasil yang diperoleh, maka diperkirakan bahwa tahun optimasi pada Bandar Udara Internasional Sam Ratulangi Manado akan terjadi pada tahun 2026 berdasarkan kondisi IFR atau pada tahun 2051 berdasarkan kondisi VFR

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan analisa dan perhitungan di atas maka dapat ditarik kesimpulan:

1. Kapasitas puncak landasan pacu Bandar Udara Internasional Sam Ratulangi Manado adalah 97 operasi/jam untuk kondisi VFR dan 58 operasi/jam untuk kondisi IFR. Sedangkan kapasitas praktis landasan pacu Bandar Udara Internasional Sam Ratulangi Manado didapat hasil 61 operasi/jam untuk kondisi VFR dan 48 operasi/jam untuk kondisi IFR.
2. Keadaan angkutan penumpang, bagasi, barang/kargo dan pos paket pada Bandar Udara Sam Ratulangi Manado yang dihitung dengan menggunakan metode peramalan (*forecasting*) untuk 3 tahun tinjauan diperoleh hasil sebagai berikut :
 - Tahun 2023
 - Penumpang = 1.690.983 orang
 - Bagasi = 27.997.779,714 kg
 - Barang/Kargo = 18.295.972,667 kg
 - Pos Paket = 615.000,516 kg
 - Tahun 2028
 - Penumpang = 2.451.174 orang
 - Bagasi = 32.085.136,857 kg
 - Barang/Kargo = 21.740.855,667 kg
 - Pos Paket = 154.150,069 kg
 - Tahun 2033
 - Penumpang = 3.211.365 orang
 - Bagasi = 36.172.494 kg
 - Barang/Kargo = 25.185.738,667 kg

Pos Paket = 385.800,759 kg

3. Tahun optimasi dihitung berdasarkan hasil perhitungan kapasitas jenuh atau kapasitas puncak. Dari hasil perhitungan tersebut diperkirakan untuk tahun optimasi pada Bandar Udara Internasional Sam Ratulangi Manado akan terjadi pada tahun 2026 (kondisi IFR) dan tahun 2051 (kondisi VFR)
4. Tahun pengembangan dihitung berdasarkan hasil perhitungan kapasitas praktis. Dan dari hasil perhitungan tersebut diperkirakan untuk tahun pengembangan pada Bandar Udara Internasional Sam Ratulangi Manado adalah tahun 2040 (kondisi VFR) atau tahun 2044 (kondisi IFR)

Saran

1. Sebaiknya dilakukan analisis secara berkala mengenai kapasitas yang ada agar kedepannya ketika terjadi peningkatan pergerakan arus lalu lintas udara, kapasitas bandar udara ini dapat dimaksimalkan sesuai dengan peningkatan yang terjadi.
2. Melihat pergerakan jumlah angkutan udara yang terus meningkat, maka sebaiknya sistem pelayanan yang ada terus ditingkatkan agar tetap efektif dan untuk fasilitas-fasilitas penunjang seperti *runway*, terminal penumpang, gudang, *exit taxiway*, *taxiway*, dan fasilitas-fasilitas penunjang lainnya agar dilakukan peninjauan untuk melihat apakah perlu dilakukan pengembangan atau tidak demi terwujudnya pelayanan yang optimal pada bandar udara ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Federal Aviation Association (FAA)*. 2010. *Airport Capacity an Delay*. United States: *Federal Aviation Association (FAA)*.
- Horonjeff R, McKelvey F. 1988. *Perencanaan Dan Perancangan Bandar Udara*, Edisi Ketiga Jilid 1. Jakarta: Erlangga
- International Civil Aviation Organization (ICAO)*. 1999. *Aerodromes-Annex 14 International*
- Jansen, F. 2011. *Kapasitas Landas Pacu Bandar Udara Sam Ratulangi Manado*. Jurnal Ilmiah, Universitas Sam Ratulangi Manado. 1(1): 1-27
- Puspitasari, M. 2011. *Analisis Kapasitas Landas Pacu Pada Bandar Udara Ngurah Rai Denpasar*. Skripsi Program S1 Teknik Sipil, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
- Putra, D. Pranoto. 1998. *Lalu Lintas dan Landas Pacu Bandar Udara*. Penerbit Universitas Atma Jaya Yogyakarta