

EVALUASI KAPASITAS DAN PERKERASAN RUNWAY TERHADAP PERTUMBUHAN LALU LINTAS UDARA (STUDI KASUS: BANDARA AHMAD YANI, SEMARANG)

Ismiyati

Departemen Teknik Sipil
Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedarto No.13
ismiyati_hs@yahoo.com

Bagus Hario Setiadji

Departemen Teknik Sipil
Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedarto No.13
bhsetiadji@ft.undip.ac.id

Rifqi Zulkifli

Departemen Teknik Sipil
Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedarto No.13
rifqizulkifli03@undip.ac.id

Muhammad Iqbal Alferari Rusmanto

Departemen Teknik Sipil
Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedarto No.13
iqbalferrari@alumni.undip.ac.id

Abstract

Ahmad Yani International Airport serves as the primary air transportation hub for Semarang and its surrounding areas. Population growth has generated a positive trend in the air transportation sector, potentially impacting the airport's runway capacity and pavement condition. This research projects passenger demand for the next 20 years, taking into account historical flight data, Gross Regional Domestic Product (PDRB), population, tourists, and Hajj pilgrims. The analysis indicates that the runway capacity is projected to reach 59 aircraft movements per hour in 2043, which is sufficient for the anticipated demand. In conclusion, the runway capacity at Ahmad Yani International Airport for the upcoming 20-year projection period is expected to be adequate to accommodate the expected air traffic. However, the airport's pavement will require reconstruction with a 31 cm thick overlay to maintain good service until the target year.

Keywords: Runway, capacity, pavement, traffic growth

Abstrak

Bandar Udara Ahmad Yani adalah pusat transportasi udara utama untuk Kota Semarang dan sekitarnya. Pertumbuhan penduduk menciptakan tren positif dalam sektor transportasi udara, berpotensi memengaruhi kapasitas dan perkerasan landasan pacu bandara. Penelitian ini memproyeksikan permintaan penumpang selama 20 tahun ke depan dengan mempertimbangkan data historis penerbangan, PDRB, populasi, wisatawan, dan jamaah haji. Hasil analisis menunjukkan kapasitas landasan pacu pada tahun 2043 mencapai 59 operasi pesawat/jam, memadai untuk permintaan yang diantisipasi. Kesimpulannya, kapasitas landasan pacu di Bandar Udara Ahmad Yani pada tahun-tahun terakhir proyeksi (20 tahun ke depan) memadai untuk mengakomodasi lalu lintas udara yang diharapkan. Namun, perkerasan bandara memerlukan rekonstruksi dengan *overlay* setebal 31 cm untuk menjaga layanan yang baik hingga tahun target.

Kata Kunci: Landasan pacu, kapasitas, perkerasan, pertumbuhan lalu lintas

PENDAHULUAN

Kota Semarang memiliki jumlah penduduk yang tinggi dan terus meningkat, memicu peningkatan kebutuhan transportasi untuk memenuhi aksesibilitas masyarakat. Karlin-

Resnick (2013) menyebutkan bahwa salah satu komponen transportasi yang adil adalah aksesibilitas layanan transportasi yang komprehensif untuk seluruh masyarakat, sehingga seluruh kebutuhan dasar dapat terpenuhi. Bandara Ahmad Yani Semarang menjadi salah satu prasarana akses transportasi udara di Semarang. Analisis data mengenai jumlah penumpang pesawat, penduduk, PDRB, jumlah wisatawan, dan jamaah Haji selama 10 tahun terakhir diperlukan untuk memprediksi pertumbuhan kota dalam 20 tahun ke depan. Prediksi tersebut dibandingkan terhadap perhitungan kapasitas *runway* untuk mengetahui kemampuan *runway* dalam mengakomodasi pertumbuhan penumpang di masa yang akan datang. Selain itu, analisis tebal perkerasan *runway* dilakukan untuk mengetahui kapasitas perkerasan dalam menahan beban pesawat yang beroperasi di bandara.

TINJAUAN PUSTAKA

Pemilihan Variabel Bebas

Penentuan variabel bebas menggunakan teori hipotesis, Hipotesis menurut Ismiyati (2011) merupakan asumsi atau dugaan mengenai sesuatu hal yang dibuat untuk menjelaskan hal itu yang sering dituntut untuk melakukan pengecekannya. Pemilihan variabel bebas ditentukan berdasarkan pengaruh variabel tersebut mempengaruhi variabel terikat.

Variabel bebas diseleksi berdasarkan hasil uji korelasi antar variabel. Korelasi menurut Ismiyati (2011) merupakan angka yang menunjukkan arah dan kuatnya hubungan antar dua variabel atau lebih. Arah dinyatakan dalam bentuk hubungan positif atau negatif, sedangkan kuatnya hubungan dinyatakan dalam besarnya koefisien korelasi. Hasil uji korelasi antar variabel bebas dinyatakan ke dalam bentuk matriks korelasi.

Peramalan Pengguna Jasa

Peramalan pengguna jasa transportasi merupakan perhitungan jumlah pengguna jasa pada tahun rencana. Peramalan jumlah pengguna jasa transportasi udara dihitung menggunakan dua metode, yaitu *Time Series* yang berdasarkan data historis, serta Metode regresi yang terdiri dari regresi linear sederhana dan regresi linear berganda. Metode regresi memiliki dua variabel berbeda, yaitu variabel terikat (Y) (Penumpang) dan variabel bebas (X) (PDRB, populasi, wisatawan, dan jamaah haji). Pemilihan variabel bebas menggunakan pendekatan matriks, untuk mengetahui pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat.

Pemilihan jumlah pengguna jasa pada tahun rencana diuji menggunakan dua perhitungan statistik, yaitu standar deviasi dan koefisien determinasi. Standar deviasi merupakan simpangan terjauh persebaran data dari *mean*. Koefisien determinasi merupakan tingkat seberapa besar kemampuan variabel bebas dalam menjelaskan varians (seberapa jauh persebaran) dari variabel terikatnya.

Pergerakan Pesawat Tahun Rencana

Pergerakan pesawat merupakan jumlah pesawat yang beroperasi di bandara dalam satuan waktu tertentu. Pergerakan pesawat dihitung menggunakan dua metode perhitungan, yaitu

pergerakan pesawat pada jam sibuk menurut Japan International Cooperation Agency (JICA) tahun 1991 dan teori antrian berdasarkan distribusi *Poisson* antarkedatangan pesawat.

Koefisien Jam Sibuk

Koefisien jam sibuk merupakan hasil survei oleh (JICA) pada tahun 1991 di beberapa bandara di Indonesia. Survei dilakukan untuk menilai kapasitas bandara dan kebutuhan untuk peningkatan kapasitas, rumus koefisien jam sibuk dapat dilihat pada persamaan (1).

$$C_p = \frac{1,38}{\sqrt{M_d}} \quad (1)$$

Keterangan:

C_p = Koefisien Jam Sibuk

M_d = Gerakan pesawat harian, $M \leq 200$ pesawat/hari

Teori Antrian Berdasarkan Distribusi *Poisson* Antarkedatangan Pesawat

Distribusi *Poisson* menurut Ghozali (2009) merupakan distribusi yang paling umum digunakan untuk sistem antrian. Distribusi *Poisson* mengasumsikan bahwa waktu kedatangan pelanggan bersifat acak dan independen, artinya waktu kedatangan setiap pelanggan tidak terpengaruh oleh waktu kedatangan pelanggan sebelumnya. Persamaan probabilitas distribusi Poisson disajikan pada persamaan (2).

$$P(n) = \frac{(\lambda t)^n e^{-\lambda t}}{n!} \quad (2)$$

Keterangan:

$P(n)$ = Probabilitas dari n kedatangan untuk periode waktu (t)

λ = Tingkat kedatangan rata-rata

t = Periode waktu

n = Jumlah kejadian (1, 2, 3, ..., n)

e = Bilangan dasar logaritma natural (2,718283)

$n!$ = $n \cdot (n-1) \cdot (n-2) \cdot \dots \cdot (2)(1)$, dan $0! = 1$

Kapasitas *Runway* Bandara

Kapasitas *runway* menurut Suprianto et al. (2020) didefinisikan sebagai kemampuan sistem *runway* dalam mengakomodasi keberangkatan dan kedatangan pesawat dalam jumlah operasi pergerakan pesawat dalam periode tertentu. Kapasitas *runway* dihitung berdasarkan analisis terhadap banyaknya operasi keberangkatan dan kedatangan pesawat dalam satuan waktu tertentu.

Kapasitas *runway* bandara dihitung menggunakan tiga metode perhitungan, yaitu waktu pelayanan kedatangan dan keberangkatan pesawat berdasarkan distribusi eksponensial, teori pesawat antri oleh metode matematis dan kapasitas *runway* oleh *International Civil Aviation Organization* (ICAO).

Waktu Pelayanan Kedatangan dan Keberangkatan Pesawat

Waktu pelayanan pesawat merupakan waktu yang dibutuhkan pesawat setelah *touchdown* pada *runway* sampai selesai *taxiing* pada *parking stand area* di *apron*. Probabilitas waktu pelayanan dihitung menggunakan persamaan (3).

$$P(n \geq 1) = e^{-\lambda t} \quad \text{untuk } t \geq 0 \quad (3)$$

Keterangan:

$P(n \geq 1)$	= Probabilitas dari n kedatangan untuk periode waktu (t)
λ	= Tingkat kedatangan rata-rata
t	= Periode waktu tertentu
e	= Bilangan dasar logaritma natural (2,718283)

Kapasitas Runway Metode Matematis

Kapasitas *runway* eksisting dihitung menggunakan metode matematis. Menurut Horonjeff et al. (2010), kapasitas *runway* dihitung menggunakan perumusan matematis jenuh. Model tersebut merupakan perhitungan jumlah operasi pesawat maksimum yang dapat ditampung oleh *runway* dalam satuan waktu tertentu. Perumusan matematis jenuh terdiri atas perumusan berikut :

1. Keadaan bebas kesalahan (*Error free case*)
 - Keadaan merapat (*The closing case*)
 - Keadaan merenggang (*The opening case*)
 - Keadaan sama besar
2. Keadaan kesalahan posisi (*Consideration of position error*)
 - Keadaan merapat (*The closing case*)
 - Keadaan merenggang (*The opening case*)
 - Keadaan sama besar
3. Kapasitas sistem *runway* keberangkatan saja (*departures only*)
4. Operasi campuran (*mix operation*)

Perhitungan kapasitas *runway* maksimum dihitung setelah perhitungan untuk keberangkatan dan kedatangan. Perhitungan selanjutnya adalah mengasumsikan *runway* beroperasi dengan mengakomodasi keberangkatan dan kedatangan secara simultan, dengan prioritas pesawat yang akan mendarat. Kapasitas maksimum runway dapat dihitung menggunakan persamaan (4).

$$\mu = \frac{1}{E[t_{ij}]} \times (3600) \quad (4)$$

Keterangan:

μ	= Kapasitas maksimum
$E[t_{ij}]$	= Nilai perkiraan t_{ij} (Interval waktu minimum antar kedatangan pesawat)

Kapasitas Runway Tunggal Oleh ICAO

Kapasitas *runway* menurut ICAO (1987) dipilih berdasarkan konfigurasi *runway* yang digunakan. Terdapat dua kapasitas *runway* berdasarkan kondisi cuaca, yaitu kondisi *Visual Flight Radar* (VFR) dan kondisi *Instrument Flight Rule* (IFR). Menurut Sartono (2016) VFR merupakan kondisi operasional bandara pada saat kondisi cuaca baik dan pilot mempunyai jarak pandang yang baik, sedangkan IFR merupakan kondisi operasional bandara saat jarak pandang pilot tidak mendukung.

Evaluasi Perkerasan Runway

Evaluasi perkerasan *runway* dilakukan untuk mengetahui kapasitas *runway* eksisting mampu melayani pergerakan pesawat di bandara. Perkerasan *runway* dihitung menggunakan program FAARFIELD 1.4.2 yang mengacu pada AC 150/5320-6F. *Software* ini berguna dalam mengevaluasi perkerasan *runway* untuk dilakukan *overlay* atau dalam perancangan awal *runway* bandara.

HASIL ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pemilihan Variabel Bebas

Dalam penelitian ini, variabel bebas yang berpengaruh terhadap jumlah penumpang di bandara, diantaranya yaitu PDRB, Penduduk, Wisatawan, dan Jamaah Haji. Hasil analisis korelasi menunjukkan bahwa PDRB memiliki pengaruh kuat terhadap jumlah penumpang. Oleh karena itu, kami memasukkan data Jamaah Haji sebagai variabel bebas dalam peramalan jumlah penumpang menggunakan metode regresi linear berganda. Ini penting untuk memahami faktor-faktor yang memengaruhi penggunaan bandara. Nilai korelasi antar variabel yang diamati dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Pemilihan Variabel Bebas Analisis Korelasi

Variabel	Penumpang Pesawat	PRDB	Penduduk	Wisatawan	Jamaah Haji
Penumpang Pesawat	1				
PRDB	0,969	1			
Penduduk	0,963	0,996	1		
Wisatawan	0,986	0,946	0,927	1	
Jamaah Haji	0,738	0,735	0,706	0,813	1

Peramalan Jumlah Penumpang Pada Tahun Rencana

Hasil peramalan jumlah penumpang terpilih menggunakan metode regresi linier berganda dengan variabel X_1 (Haji) dan X_2 (PDRB). Variabel ini dipilih berdasarkan kebutuhan penerbangan haji dan umroh di Bandara, dengan mempertimbangkan data jamaah haji yang tidak dapat digunakan sendirian. Penggunaan metode regresi linear berganda dengan dua variabel bebas yang signifikan membantu menghasilkan peramalan yang akurat untuk jumlah penumpang di Bandara. Hasil peramalan jumlah penumpang pada tahun rencana dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Koefisien Prediksi Tahun Rencana

No.	Tahun	Hasil Peramalan Regresi Linear	Koefisien Prediksi
		(Penumpang)	(Kp)
1	2023	6.382.232	1
2	2027	7.674.930	1,20
3	2033	9.613.978	1,51
3	2043	12.845.725	2,01

Analisis Pergerakan Pesawat Pada Jam Sibuk

Pergerakan penumpang pada jam sibuk dihitung menggunakan rasio puncak bulanan. Rasio puncak bulanan yang diambil adalah 0,1 pada bulan Juli 2018. Bulan tersebut merupakan puncak libur sekolah, sehingga terjadi peningkatan drastis jumlah penumpang. Pengambilan rasio pada bulan tersebut dipilih karena tahun 2019 hingga 2021 merupakan periode pandemi Covid-19.

Setelah menghitung rasio puncak bulanan, langkah berikutnya adalah menghitung rasio harian. Rasio harian ini menghitung jumlah penumpang per hari dengan cara membagi total penumpang dalam sebulan. Asumsinya, dalam setahun terdapat rata-rata 30,5 hari per bulan, di mana kita dapat memperoleh rasio harian penumpang 0,33. Rekapitulasi pergerakan bulanan dan harian pada bandara dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Pergerakan Penumpang Bulanan dan Harian Bandara

Tahun	R _{month}	R _{day}	N _{year}	N _{month}	N _{day}
			(Penumpang/Tahun)	(Penumpang/Bulan)	(Penumpang/Hari)
2027	0,1	0,033	7.674.930	767.493	25.327
2033	0,1	0,033	9.613.978	961.398	31.726
2043	0,1	0,033	12.845.725	1.284.572	42.391

Pergerakan penumpang harian dikonversi ke dalam pergerakan pesawat harian, dengan cara membagi jumlah penumpang terhadap kumulatif kapasitas penumpang berdasarkan tipe pesawat yang beroperasi di bandara (915 penumpang) dan dikalikan dengan okupansi bandara (70%). Pergerakan pesawat pada jam sibuk dapat dilihat pada Tabel 4.

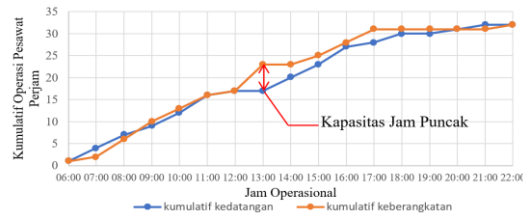
Tabel 4. Pergerakan Pesawat Harian Bandara International Ahmad Yani

No	Tahun	Jumlah Pesawat perhari	Koefisien Jam Sibuk	Pesawat Jam Sibuk
		(Pesawat/Hari)	(Cp)	(Pesawat/Jam)
1	2027	40	0,218	9
2	2033	50	0,195	10
3	2043	67	0,169	12

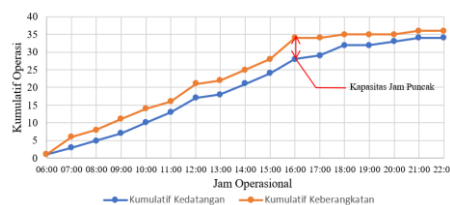
Distribusi *Poisson* Antarkedatangan Pesawat

Tingkat antar kedatangan pesawat (λ) adalah jumlah pesawat yang mendarat dan lepas landas dalam interval waktu 20 menit. Penelitian ini mencatat operasi pesawat pada hari tersibuk, Selasa dan Sabtu, untuk uji distribusi *Poisson* dan eksponensial. Melalui uji goodness of fit, data operasi per 20 menit diubah, dan distribusi *Poisson* terbukti. Grafik kumulatif

keberangkatan dan kedatangan pesawat pada hari sibuk dan hari seenggang dapat dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1. Grafik Kumulatif Keberangkatan Dan Kedatangan Pesawat Pada Hari Selasa, 11 Juli 2023



Gambar 2. Grafik Kumulatif Keberangkatan Dan Kedatangan Pesawat Pada Hari Sabtu, 15 Juli 2023

Dari kedua hari puncak tersebut, didapatkan pada hari Selasa adalah 6 pesawat yang akan beroperasi pada jam 13:00 dan 6 pesawat yang akan beroperasi pada jam 16:00. Maka, permintaan penerbangan pada jam puncak berdasarkan teori ini adalah 6 operasi pesawat per jam.

Distribusi Eksponensial Waktu Pelayanan Keberangkatan Dan Kedatangan Pesawat

Waktu pelayanan kedatangan pesawat adalah waktu yang dibutuhkan pesawat setelah *touchdown* pada *runway* sampai dengan selesai *taxiing* pada *parking stand area* di *apron* (Winaya, 2017). Seperti distribusi *Poisson*, uji hipotesis juga dilakukan untuk memeriksa distribusi data terdistribusi eksponensial. Setelah dilakukan transformasi data, didapatkan nilai χ^2 uji $< \chi^2$ tabel (*chi* kuadrat). Kemudian waktu interval rata-rata pelayanan dihitung untuk memperkirakan waktu pelayanan dari setiap pesawat yang akan mendarat dan berangkat. Pada tahun 2030, akan ada penambahan *parallel taxiway* dan *exit taxiway* sehingga ada percepatan waktu pelayanan pesawat. Menurut Dönmez (2023) penambahan taxiway tersebut pada *runway* tunggal dapat meningkatkan kapasitas sebesar 85%. Kapasitas *runway* berdasarkan waktu pelayanan distribusi eksponensial dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Kapasitas *Runway* Setelah Optimasi Penambahan *Parallel Taxiway*

Tahun	Kapasitas <i>Runway</i> Model U-Turn (Pesawat/Jam)	Kapasitas <i>Runway</i> Model <i>Parallel Taxiway</i> (Pesawat/Jam)	Keterangan
2033 s.d. 2043	8 – 19	15 – 35	Kedatangan

Tahun	Kapasitas <i>Runway</i> Model <i>U-Turn</i>	Kapasitas <i>Runway</i> Model <i>Parallel Taxiway</i>	Keterangan
	(Pesawat/Jam)	(Pesawat/Jam)	
2033 s.d. 2043	5 – 12	9 – 22	Keberangkatan

Kapasitas *Runway* Metode Matematis

Hasil perhitungan operasi campuran digunakan untuk menentukan kapasitas pesawat, karena mewakili kondisi asli bandara. Maka dengan waktu 152,54 detik per pesawat dalam menggunakan *runway*, didapatkan kapasitas *runway* menggunakan rumus 4 diperoleh kapasitas *runway* sebagai berikut:

$$\mu = \frac{1}{E[T_{ij}]} = \frac{1}{152,54} (3600) = 23,60 = 23 \text{ Operasi/Jam}$$

Didapatkan 23 operasi pesawat per jam pada kondisi eksisting. Diasumsikan terjadi perubahan penggunaan pesawat di bandara pada tahun rencana. Prosentase pesawat dan kapasitas *runway* dapat dilihat pada Tabel 6 dan Tabel 7.

Tabel 6. Prosentase Pesawat Pada Tahun 2033 Dan 2043

<i>Approach Speed</i> Pesawat	Prosentase Pesawat (Tahun 2033)	Prosentase Pesawat (Tahun 2043)
(kt)	(%)	(%)
160	25%	35%
135	25%	35%
130	50%	30%

Tabel 7. Kapasitas *Runway* Terhadap Operasi Pergerakan Perjam

Tahun	Kapasitas Pergerakan <i>Runway</i>
	(Pesawat/Jam)
2023	23
2033	25
2043	25

Kapasitas *Runway* Menurut ICAO (1987)

Pada Bandara Ahmad Yani, *runway* yang digunakan adalah *runway* tunggal. Kapasitas *runway* tunggal menurut ICAO (1987) berdasarkan kondisi VFR dan IFR dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Kapasitas *Runway* Tunggal Menurut ICAO (1987)

Konfigurasi <i>Runway</i>	Kapasitas <i>Runway</i>	
	VFR	IFR
	(Operasi/Jam)	(Operasi/Jam)
<i>Runway</i> Tunggal	51 – 98	50 – 59

Kapasitas *Runway* Dan Permintaan Penerbangan Tahun 2027, 2033, Dan 2043

Hasil analisis kapasitas *runway* menunjukkan bahwa pada tahun 2043 terdapat permintaan pesawat puncak sebanyak 12 pesawat per jam. *Runway* tunggal bandara dapat mengakomodasi permintaan ini dengan kapasitas minimum yang dapat dilayani sekitar 9 hingga 22 pesawat per jam dengan menerapkan teori waktu pelayanan keberangkatan pesawat. Perbandingan kapasitas *runway* bandara dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Perbandingan Kapasitas *Runway* Bandara

Tahun	Permintaan Pesawat		Kapasitas <i>Runway</i>		
	Jam Puncak	Distribusi <i>Poisson</i>	Waktu	Pesawat Antri (Metode Matematis)	VFR / IFR (ICAO)
			Pelayanan		
			Kedatangan/ Keberangkatan n		
	(Pesawat/ Jam)	(Pesawat/ Jam)	(Pesawat/Jam)	(Pesawat/Jam)	(Pesawat/Jam)
2027	9	7	8 – 19 / 5 – 12	23	51 – 98 / 50 – 59
2033	10	9	15 – 35 / 9 – 22	25	51 – 98 / 50 – 59
2043	12	12	15 – 35 / 9 – 22	25	51 – 98 / 50 – 59

Analisis Perkerasan *Runway* Bandara

Hasil analisis menggunakan program FAARFIELD menyarankan *overlay* HMA setebal 31 cm (12 inci) untuk mencapai elevasi seragam di seluruh segmen perkerasan *runway*. Hasil analisis perkerasan dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Hasil Analisis Pergerakan Pesawat

No	Segmen	Tebal	Tebal	Tebal	Tebal	Critical Damage Factor	STR <i>Life</i>
		<i>Overlay</i>	<i>Milling</i>	Perkerasan Eksisting (inci)	Perkerasan Setelah <i>Overlay</i> (inci)		
		(inci)	(inci)	(inci)	(inci)	(CDF)	(Tahun)
1	1 & 2	11,59	4,77	46,44	53,25	1	20
2	3	10,73	4,77	45,04	50,99	1	20
3	4	8,67	4,77	51,09	54,98	1	20

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis, berikut merupakan kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini:

1. Dalam studi pergerakan lalu lintas udara di Bandara Ahmad Yani, peramalan jumlah penumpang menggunakan metode regresi linear berganda dengan variabel bebas data wisatawan dan jamaah haji.

2. Proyeksi jumlah penumpang pada tahun 2027, 2033, dan 2043 adalah sebesar 7.995.900; 9.982.202; dan 13.292.704 penumpang, dengan pergerakan pesawat sebanyak 9; 10; dan 12 pesawat/jam berdasarkan nilai koefisien jam sibuk.
3. Dari ketiga metode perhitungan kapasitas *runway* maka pada tahun 2043 dengan penambahan parallel dan exit taxiway berdasarkan waktu pelayanan kedatangan pesawat, kapasitas *runway* adalah 9 – 22 operasi per jam sehingga kapasitas *runway* masih bisa menampung permintaan penerbangan pada tahun 2043 berdasarkan teori jam puncak dan antarkedatangan pesawat yaitu 12 operasi per jam.
4. Perkerasan *runway* bandara diperlukan overlay setebal 31 cm (12) Inchi untuk menampung pergerakan pesawat pada tahun rencana.

DAFTAR PUSTAKA

- Dönmez, Kadir, Emre Aydoğan, Cem Çetek, dan Erdem Emin Maraş. 2023. The Impact of Taxiway System Development Stages on Runway Capacity and Delay under Demand Volatility. *Aerospace* 10, no. 1: 6. <https://doi.org/10.3390/aerospace10010006>
- Ghozali, I. 2009. Aplikasi Analisis Multivariat dengan Program SPSS (Edisi Revisi). Semarang. Badan Penerbit Universitas Diponegoro. 490 Halaman.
- Horonjeff, R., Francis, X., Sproule, W, J. dan Young, S, B. 2010., Planning & Design of Airports. New York: Mc Grawhill. 689 Halaman.
- International Airport Aviation Organization (ICAO). 1987. Airport Planning Manual. Montreal: ICAO. 156 Halaman.
- Ismiyati. 2011. Statistik & Probabilitas Untuk Teknik Bagi Pemula. Semarang. Magister Teknik Sipil Universitas Diponegoro. 210 Halaman.
- Japan International Cooperation Agency (JICA). 1991. The Study On The Master Plan Of Airport Maintenance And Rehabilitation In The Republic Of Indonesia. Jepang: JICA. 261 Halaman.
- Karlin-Resnick, J. 2013. Transportation Equity Analysis. Hal. 2 – 32. San Fransisco, California. <https://www.sfcta.org/sites/default/files/2019-06/SFTP%20Appendix%20F%20Transportation%20Equity%20Analysis.pdf>.
- Sartono, W., Dewanti, dan Rahman, T. 2016. Bandar Udara: Pengenalan dan Perancangan Geometrik Runway, Taxiway, dan Apron. Yogyakarta. Gadjah mada University Press. 308 Halaman.
- Suprianto, H., Sharly, T, P, A. dan Haryanto, B., 2020. Analisis Perhitungan Kapasitas Runway Pada Bandar Udara Internasional Aji Pangeran Tumenggung Pranoto Samarinda. Volume 4 No. 1. Hal. 20–38. Samarinda. <https://ocs.unmul.ac.id/index.php/TS/article/view/4926/3102>.