



Analisis Pengaruh Pergeseran *Runway Holding Position* terhadap *Runway Occupancy Time* dan *Runway Capacity* (Studi Kasus: Bandar Udara Internasional Juanda)

Analysis of the Effect of Displaced Runway Holding Position toward Runway Occupancy Time and Runway Capacity (Case Study: Juanda International Airport)

Cahyaning Setyarini¹⁾ dan Ervina Ahyudanari²⁾

Kantor Otoritas Bandar Udara Wilayah III, Gd. Airport Authority Bandar Udara Juanda Surabaya¹⁾
Departement Teknik Sipil, FTSLK, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Kampus ITS Surabaya²⁾
email: cahyaobu3@gmail.com¹⁾; ervina@ce.its.ac.id²⁾

INFO ARTIKEL

Histori Artikel:

Diterima: 24 November 2017
Direvisi: 11 Desember 2017
Disetujui: 30 Desember 2017
Dipublikasi Online: 31 Des 2017

Keywords:

displaced runway holding position, runway capacity, runway occupancy time

Kata kunci:

kapasitas runway, pergeseran runway holding position, runway occupancy time

ABSTRACT / ABSTRAK

The number of passengers, cargo and aircraft movements at Juanda International Airport has increased over the past 5 years with the average of passenger growth 7.7% per year, 2.3% of cargo and 6.3% per year for aircraft movements. With this increase the airport operator is required to increase the capacity of the airport from both side of landside and air side. Capacity is an important parameter of an airport's performance. Juanda International Airport has single runway with a capacity of 33 aircraft/hour (Airnav Indonesia, 2015). The defect of taxiway surface prompted the airport management to displace the runway holding position on the taxiway N1 to the taxiway NP2 with the distance of 275 m from threshold runway 10. This study aims to determine the effect of that displacement to runway occupancy time and runway capacity by using DORATASK Method. The result of study shows that the displacement of runway holding position has effected runway occupancy time. Mean Runway Occupancy Time (MROT) is obtained 105,35 second for runway 10 and 96,65 second for runway 28. From the calcuation obtained that Declared Runway Capacity (DCR) is 30 movement/hour, that is decreasing 3 movement/hour after the displacement.

Bandara Internasional Juanda telah mengalami peningkatan jumlah penumpang, barang dan pergerakan pesawat selama 5 tahun terakhir dengan rata-rata pertumbuhan untuk penumpang 7,7% per tahun, kargo 2,3% per tahun dan pergerakan pesawat 6,3% per tahun. Dengan adanya peningkatan ini pihak pengelola bandara dituntut untuk mengoptimalkan kapasitas bandara baik dari sisi darat maupun sisi udara. Bandara Juanda memiliki satu *runway* dengan kapasitas 33 pesawat/jam (Airnav Indonesia, 2015). Kondisi permukaan *taxiway* N1 yang mengalami kerusakan mendorong pihak pengelola bandara untuk mereposisi *runway holding position* di *taxiway* N1 ke *taxiway* NP2 sejauh 275 m dari *threshold runway* 10. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari pergeseran tersebut terhadap *runway occupancy time* dan *runway capacity* dengan menggunakan Metode DORATASK. Dari hasil penelitian diperoleh bahwa pergeseran *runway holding position* mempengaruhi nilai *runway occupancy time*. *Mean Runway Occupancy Time* (MROT) *runway* 10 didapat 105,35 detik dan 96,65 detik untuk *runway* 28. Berdasarkan perhitungan diperoleh *Declared Runway Capacity* (DCR) adalah 30 pergerakan/jam, yang menunjukkan penurunan *runway capacity* sebesar 3 pergerakan/jam akibat adanya pergeseran *runway holding position*.

PENDAHULUAN

Transportasi udara di Indonesia telah mengalami perkembangan yang sangat pesat dalam satu dekade terakhir. Pemicu pesatnya perkembangan tersebut antara lain adalah adanya konsep *Low Cost Carrier* yang telah merubah aturan main dalam industri penerbangan. Salah satu bandara di Indonesia yang mengalami pertumbuhan jumlah penumpang yang cukup signifikan adalah Bandara Juanda.

Dengan pertumbuhan penumpang yang semakin pesat, maka pergerakan di sisi udara dan sisi darat bandara semakin padat, sedangkan kapasitas sisi darat dan sisi udara mempunyai keterbatasan dalam melayani pergerakan pesawat dan penumpang. Dampak dari ketidakseimbangan antara kondisi eksisting dengan kapasitas riil adalah sering terjadi antrian baik di sisi darat maupun di sisi udara. Tidak hanya itu, penundaan jadwal keberangkatan dan kedatangan pesawat menimbulkan efek domino untuk penerbangan berikutnya karena dipastikan akan merembet ke semua rute yang terkait (Pudjobroto, 2014).

Keterbatasan fasilitas ini diperparah dengan adanya kerusakan fasilitas sisi udara yang sering terjadi di Bandar Udara Juanda. Tercatat dari tahun 2014 sampai dengan 2016 telah terjadi beberapa kali kerusakan *runway* dan *taxiway* (PT. Angkasa Pura Cabang Bandara Juanda dan Kantor Otoritas Bandara Wilayah III). Kerusakan *runway* di Bandara Juanda diatasi dengan pekerjaan *overlay runway* yang saat ini sedang berjalan. Sedangkan kerusakan struktur perkerasan *taxiway* N1 belum bisa diatasi oleh pihak pengelola bandara. Dalam hal ini *taxiway* N1 tidak bisa menerima beban pesawat jenis tertentu apabila berhenti di *runway holding position*. Terjadi beberapa kejadian pesawat yang akan memasuki *runway* dari *taxiway* N1 mengalami insiden ambles pada saat berhenti di *runway holding position taxiway* N1 dikarenakan adanya penurunan permukaan perkerasan. Mitigasi yang dilakukan oleh pihak bandara terhadap insiden yang terjadi adalah dengan mereposisi/menggeser

Runway Holding Position ke *pararel taxiway* NP2 sejauh 275 m dari *threshold runway* 10 (PT. Angkasa Pura I Cabang Bandara Juanda). Dengan mitigasi tersebut maka pesawat tidak berhenti di *taxiway* N1 sehingga beban yang diterima permukaan *taxiway* tidak sebesar apabila pesawat berhenti dan kemudian melakukan *thrust* di *taxiway* N1. Pergeseran posisi *Runway Holding Position* ini menyebabkan jarak antara titik di mana pesawat menunggu *clearance* dari *Air Traffic Controller* untuk memasuki *runway* terhadap *runway threshold* menjadi lebih jauh.

Penelitian ini akan menganalisis pengaruh yang ditimbulkan dari adanya pergeseran *runway holding position* tersebut terhadap *runway occupancy time* di Bandar Udara Juanda Surabaya. Kemudian dilakukan analisa perhitungan kapasitas *runway* menggunakan metode DORATASK. Model ini digunakan oleh Biro Riset dan Analisis Operasional Inggris untuk memperkirakan kapasitas sektor ATC (DORA Interim Report 8818), untuk sektor terminal (DORA Interim Report 8916) dan untuk mengkalibrasi model simulasi untuk dua sektor rute dari London ACC DORA Report 8927. Penelitian ini menggunakan metode DORATASK karena model ini cukup sesuai untuk studi kapasitas sektor ATC. Selain itu metode ini juga digunakan oleh Airtaxi Indonesia sebagai manual dalam perhitungan *runway capacity* diseluruh bandara di Indonesia.

TINJAUAN PUSTAKA

Fasilitas suatu bandara dibagi atas dua bagian utama yakni sisi darat (*land side*) dan sisi udara (*air side*). Komponen sisi udara terdiri dari *runway*, *exit taxiway*, *holding pad*, *taxiway system* dan *apron-gate area* (Horeonjeff dan McKelvey, 2010). Dalam CASR (Civil Aviation Safety Regulation) part 139 dinyatakan bahwa *runway* adalah suatu daerah persegi empat yang ditetapkan pada Bandar Udara yang dipersiapkan untuk kegiatan pendaratan (*landing*) dan lepas landas (*take-off*) pesawat udara.

Dalam buku *Airport Engineering* (Norman J. Ashford, dkk, 2011) dijelaskan bahwa kunci

dalam tata letak bandara adalah sistem taxiway, yang menghubungkan *runway* ke terminal daerah *gate apron* dan layanan pesawat di hanggar. Dalam desain dan tata letak *taxiway*, penekanan utama adalah untuk menyediakan kelancaran arus dan efisien dari pesawat sepanjang *taxiway*. Definisi yang jelas dari waktu taxi harus ditentukan secara konsisten (Yu Zhang, Qing Wang Yu Zhang, Qing Wang, 2016).

Selain itu optimalisasi *schedule* secara signifikan mengurangi waktu *taxi* total dan dapat menghindari potensi konflik penerbangan, dimana hal ini akan sangat meningkatkan efisiensi operasional bandara (Qing Liu, Tongshui Wu and Xianfei Luo, 2011).

Salah satu elemen yang penting dalam mengoptimalkan kapasitas *runway* adalah mengurangi waktu yang dihabiskan oleh pesawat di *runway*. *Runway Occupancy Time* adalah waktu rata-rata yang diperlukan setiap pesawat udara dalam penggunaan runway baik untuk lepas landas maupun mendarat. Ada dua jenis ROT yaitu waktu yang digunakan pesawat, yakni:

1. *Runway Occupancy Time Take Off* (ROTT), secara definisi ROTT merupakan waktu yang digunakan pesawat ketika melewati marka tanda berhenti, sampai dengan roda pendarat utama lepas dari *runway*.
2. *Runway Occupancy Time Landing* (ROTL), merupakan jarak waktu yang digunakan pesawat ketika melintasi *threshold* sampai dengan ekor pesawat telah meninggalkan *runway*.

Berdasarkan Project ICAO 2009 model yang banyak digunakan untuk penilaian tugas dan analisis *runway capacity* adalah model Doratask. Metode Doratask juga digunakan untuk menganalisa kapasitas *runway* beberapa negara anggota ICAO dikawasan Amerika Selatan/*SAM Region* (Airnav Indonesia, 2015).

METODOLOGI

Penelitian dilakukan di Bandar Udara Juanda Surabaya Provinsi Jawa Timur, Bandara tersebut terletak 15 km arah selatan Kota Surabaya.



Gambar Error! No text of specified style in document.. Fasilitas Sisi Udara Bandara Juanda
Sumber: Google Maps

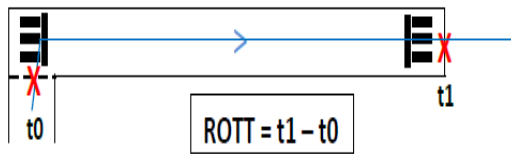
Metode Pengumpulan Data

Data yang di perlukan dalam penelitian ini terdiri dari data primer dan data sekunder. Data primer adalah data yang diperoleh dari hasil oservasi dan pengamatan langsung.

Adapun data primer yang dibutuhkan adalah *runway occupancy time* (take off/ROTT dan landing/ROTL) dan waktu terbang antara *outer marker/final approach segment/poin referensi* dengan *threshold*.

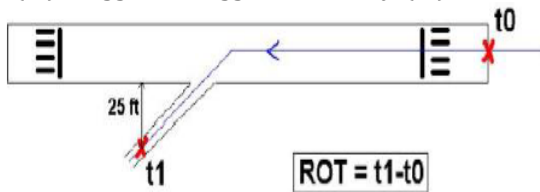
ROTT dihitung mulai pesawat memasuki

runway melalui *runway holding position* (t_0) hingga melewati batas imajiner *threshold runway* (t_1).



Gambar 2. Runway Occupancy Time Take Off

Sedangkan ROTL di dihitung ketika pesawat melewati batas imajiner *threshold* (t_0) hingga meninggalkan *runway* (t_1).



Gambar 3. Runway Occupancy Time Landing

Survei pencarian data primer dilakukan pada saat jam puncak (*peak hours*). Jam puncak (*peak hours*) merupakan waktu dimana terdapat volume pergerakan pesawat terbanyak dalam satu periode waktu tertentu. Jam puncak yang digunakan adalah jam puncak harian. Sedangkan data sekunder adalah data yang diperoleh dari pihak lain, tidak langsung didapatkan dari subjek penelitian. Data sekunder yang dibutuhkan sekarang - kurangnya adalah :

1. Data pergerakan pesawat \pm selama 1 minggu.
2. Data penggunaan runway \pm selama 1 tahun.
3. Data spesifikasi bandara.
4. Prosedur lokal (SOP ATS).

Data sekunder diperoleh data instansi-instansi terkait. Untuk mempertajam akurasi data, data dikumpulkan dari 3 (tiga) instansi yaitu PT. Angkasa Pura I Cabang Bandara Juanda, Airnav Indonesia Cabang Surabaya dan Kantor Otoritas Bandara Wilayah III Surabaya.

Pengolahan Data

Pengolahan data menggunakan pendekatan kuantitatif. Data primer dan data sekunder yang sudah diperoleh dimasukkan kedalam rumusan yang terdapat dalam metode DORATASK. Dari pengumpulan data Runway occupancy time (ROT) ketika take off

(ROTT) dan landing (ROTL) kemudian direkapitulasi dan dikategorisasi hingga mendapatkan 1 (satu) nilai tunggal untuk masing-masing kategori pesawat pada masing-masing *runway*.

Data sekunder pergerakan pesawat (*take off* dan landing) selama 1 (satu) minggu dapat digunakan untuk menghitung persentase penggunaan *runway* berdasarkan kategori pesawat (MIX). Sedangkan data pergerakan pesawat selama 1 (satu) tahun dapat dipergunakan untuk menentukan persentase penggunaan kedua ujung *runway*.

Analisis Data

Analisis pada penelitian ini dilakukan untuk memperoleh hasil perhitungan *runway occupancy time* Bandara Internasional Juanda dan analisa dampak pergeseran *runway holding position* di N1 terhadap *runway capacity*. DORATASK merupakan model analitis yang didasarkan pada simulasi waktu (*fast-time simulation*) yang memberikan contoh yang jelas dan perhitungan logis. Dari metode ini diperoleh *Theoretical Runway Capacity/TRC*. Adapun nilai kapasitas *runway* secara teori adalah nilai kapasitas dengan mempertimbangkan ROT, waktu terbang dan separasi yang diberikan.

Langkah-langkah Perhitungan Runway Capacity dengan Menggunakan Metode DORATASK

Langkah 1

Pengumpulan data *Runway occupancy time* (ROT) ketika *take off* (ROTT) dan landing (ROTL).

Langkah 2

Menghitung waktu rata-rata aritmatika ROT berdasarkan kategori pesawat (Arithmetical Mean Runway Occupancy Time/AMROT).

Langkah 3

Data sekunder pergerakan pesawat selama 1 minggu digunakan untuk menghitung persentase penggunaan *runway* berdasarkan kategori pesawat.

Langkah 4

Nilai *Runway Occupancy Times* setiap kategori pesawat (langkah 2) dikalikan dengan *Mix Index* setiap kategori pesawat (langkah 3) dan dimasukkan dalam persamaan.

Langkah 5

Menghitung kapasitas fisik *runway* (Physical Capacity Runway/PCR) selama 1 jam yang diubah kedalam satuan detik.

Langkah 6

Data pergerakan pesawat selama 1 tahun diperlukan untuk menghitung kapasitas fisik *aerodrome* (Aerodrome Physical Capacity/APC).

Langkah 7

Survey waktu terbang antara *Outer Marker/Final Approach Segment*/poin referensi dan *threshold*. Waktu pencatatan dimulai ketika pesawat melewati *Outer Marker* hingga melewati *threshold*, jika tidak terdapat *Outer Marker* dapat dihitung ketika pesawat memasuki *Final Approach Segment* hingga melewati *threshold* atau suatu poin referensi. Poin referensi adalah suatu titik/jarak aman terdekat posisi pesawat yang akan landing dimana pesawat tidak boleh menggunakan *runway* untuk *take-off*. Di Bandara Juanda terdapat fasilitas *Outer Marker* sehingga pencatatan dilakukan pada saat pesawat melewati *Outer Marker*. Data waktu terbang direkap dan dikategorisasikan hingga mendapatkan nilai tunggal untuk masing-masing kategori pesawat pada setiap *runway*.

Langkah 8

Menghitung kecepatan pendekatan pesawat antara *Outer marker* dan *Threshold* (AV). Data yang didapat pada langkah 7 digunakan untuk menghitung waktu rata-rata setiap kategori pesawat untuk melewati *Outer Marker/final approach segment*/poin referensi hingga melewati *threshold* pada setiap *runway*.

Langkah 9

Menghitung rata - rata kecepatan pendekatan pesawat antara OM/FAS/poin referensi dan THR (*Mean speed in the Final approach/MV*).

Langkah 10

Menentukan jarak aman (Safety separation/SS). Separation ini didapatkan dari Standard Operating Procedure lokal.

Langkah 11

Menentukan total jarak aman antara 2 *consecutive landing* (*total separation between 2 consecutive landing/TS*). Total jarak aman didapatkan dengan menambahkan *safety separation* pada langkah 10 dengan RSM. RSM

adalah *regulatory separation minima*, yaitu separasi yang diberikan antar pesawat *incoming* dan *outgoing* sesuai dengan SOP yang berlaku.

Langkah 12

Menghitung waktu antara 2 *consecutive landing* (*weighted time between 2 consecutive landing/MTTS*), dilakukan dengan menghitung total separasi antara 2 *consecutive landing* yang didapat dari pembagian antara jarak aman total (langkah 11) dengan kecepatan rata - rata pesawat dan dihitung untuk tiap *threshold* pada masing - masing *runway*.

Langkah 13

Menentukan jumlah pesawat yang dapat mendarat dalam 1 jam (Number of Landings in a One-hour Interval/P). Hasil yang didapat pada langkah 12 digunakan sebagai pembagi untuk menghitung berapa kemungkinan pesawat yang dapat landing.

Langkah 14

Menentukan jumlah pesawat yang dapat take off dalam kurun waktu 1 jam (Number of Take-offs in a One-hour Interval/D). Berdasarkan waktu total separasi yang didapat memungkinkan 1 pesawat dapat *take-off* diantara 2 *consecutive landing*, maka dari jumlah pesawat yang *landing* dapat dihitung jumlah pesawat yang dapat *take-off* diantara pesawat yang *landing* tersebut.

Langkah 15

Menentukan *Theoretical Runway Capacity/TRC*. Adapun nilai kapasitas *runway* secara teori adalah nilai kapasitas dengan mempertimbangkan ROT, waktu terbang dan separasi yang diberikan.

Nilai tersebut didapatkan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$TRC = D + P \quad (1)$$

D : jumlah pesawat yang *take off*

P : jumlah pesawat yang *landing*

Langkah 16

Penentuan nilai kapasitas *runway* yang dipublikasikan (Declared Capacity of the Runway/DCR) yaitu nilai kapasitas total berdasarkan persentase penggunaan setiap *runway* yang dinilai tepat secara operasional.

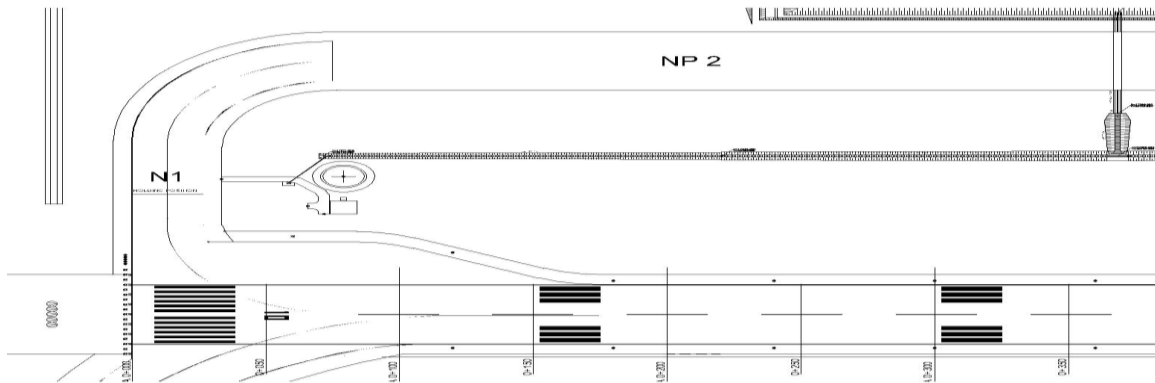
Nilai DRC yang didapat pada langkah 16 adalah nilai 100%, untuk keperluan publikasi nilai kapasitas dapat menggunakan nilai 90 s/d 80% sesuai dengan kebijakan manajemen dan keperluan operasional (Ainav Indonesia, Manual Perhitungan Kapasitas *Runway* Edisi ke-2).

Dari hasil dari analisis tersebut kemudian dilakukan evaluasi untuk memberikan solusi

dari permasalahan yang ada.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Runway capacity Bandar Udara Juanda sebelum *runway holding position* digeser adalah 33 pesawat/jam. Posisi awal *runway holding position* di *taxiway* N1 adalah 90 m dari *threshold runway* 10.



Gambar 4. Layout *runway holding position* N1 (posisi awal)
Sumber : PT. Angkasa Pura I Cabang Bandara Juanda, 2013

Dikarenakan kondisi perkerasan *taxiway* N1 yang sering mengalami kerusakan apabila pesawat berhenti di *runway holding position*

maka *runway holding position* digeser ke *taxiway* NP2 dengan jarak 275 m dari *threshold runway* 10.



Gambar 5. Layout *runway holding position* di *taxiway* NP2 (setelah digeser)
Sumber : Google earth, 2017

Perhitungan *runway occupancy time* (ROT) diperoleh dari survei pergerakan pesawat yang *take off* dan *landing* selama 7 hari berturut-turut pada waktu *peak hour*. Rata-rata pergerakan pada saat *peak hour* adalah 28 pergerakan/jam. Perhitungan ROT *take off* (ROTT) pada *runway* 10 dimulai pada saat

pesawat melewati *runway holding position* di *taxiway* NP2 (*runway holding position* yang sudah digeser sejauh 275 dari *threshold runway* 10). Perhitungan ROT dari *runway holding position* di NP2 inilah yang nantinya akan digunakan untuk perhitungan *runway capacity eksisting*.

Tabel 1. Hasil yang diperoleh berdasarkan perhitungan data ROTT runway 10

Cat	Total ROTT	n ACFT	MROTT
A	349	2	174,500
B	1799	13	138,385
C	4617	34	135,794
D	7635	55	138,818

Dalam metode DORATASK perhitungan *runway capacity* memerlukan perhitungan *runway occupancy time* dari kedua *runway designation* (2 arah runway). Sehingga dihitung pula *runway occupancy time* yang dari arah runway 28.

Hasil perhitungan ROTT pesawat yang *take off* dari arah runway 28 dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2. Hasil yang diperoleh berdasarkan perhitungan data ROTT runway 28

Cat	Total ROTT	n ACFT	MROTT
A	628	5	125,600
B	564	5	112,800
C	1971	16	123,188
D	5363	41	130,805

Data ROTT dari masing-masing kategori pesawat direkapitulasi kemudian dibagi dengan jumlah pesawat pada kategori tersebut sehingga diperoleh nilai rata-rata ROTT untuk tiap kategori pesawat. Hal ini dilakukan untuk pesawat yang *take off* dari runway 10 maupun runway 28.

Kategorisasi pesawat didasarkan pada kecepatan pendekatan pesawat. Adapun kategori pesawat berdasarkan kecepatan pesawat adalah sebagai berikut:

Tabel 3. Kategori pesawat berdasarkan kecepatan pendekatan

Kategori	Kecepatan
A	< 90 kt
B	91 - 120 kt
C	121 - 140 kt

D	141 - 165 kt
E	166 - 210 kt

Tabel 4. Hasil yang diperoleh berdasarkan perhitungan data ROTL runway 10

Cat	Total ROTL	n ACFT	MROTL
A	705	8	88,125
B	855	11	77,727
C	2587	37	69,919
D	2370	34	69,706

Data ROTL dari masing-masing kategori pesawat direkapitulasi kemudian dibagi dengan jumlah pesawat pada kategori tersebut sehingga diperoleh nilai rata-rata ROTT untuk tiap kategori pesawat.

Tabel 5. Hasil yang diperoleh berdasarkan perhitungan data ROTL runway 28

Cat	Total ROTL	n ACFT	MROTL
A	122	2	61,000
B	246	4	61,500
C	1296	19	68,211
D	2698	40	67,450

Berdasarkan perhitungan *runway occupancy time* diperoleh nilai ROTT rata-rata sebesar 146 detik untuk runway 10 dan 123 detik untuk runway 28. Akibat pergeseran *runway holding position* ROTT runway 10 lebih besar 23 detik daripada ROTT runway 28.

Sedangkan ROTL diperoleh rata-rata untuk runway 10 adalah 76 detik dan 64 detik untuk runway 28.

Aerodrome Percentage Utilisation by Aircraft Category (MIX) dihitung untuk masing-masing *runway designation*, yaitu runway 10 dan runway 28. Untuk runway 10 *Aerodrome Percentage Utilisation by Aircraft Category* (MIX) terbesar adalah pesawat dengan kategori D.

Tabel 6. *Estimating Aircraft Mix runway 10*

Cat	SENIN	SELASA	RABU	KAMIS	JUM'AT	SABTU	MINGGU	TOTAL	MIX
A	20	22	10	4	18	24	25	123	4.247
B	53	49	47	51	52	35	48	335	11.568
C	157	154	152	158	155	101	151	1028	35.497
D	209	207	206	219	217	151	201	1410	48.688
TOTAL	439	432	415	432	442	311	425	2896	

Perhitungan *estimating aircraft mix* didasarkan pada jumlah pergerakan pesawat selama 1 (satu) minggu. Dari masing-masing kategori pesawat dihitung persentasenya terhadap pergerakan total pesawat untuk *runway 10* dan *runway 28*.

Tabel 7. *Estimating Aircraft Mix runway 28*

Cat	SENIN	SELASA	RABU	KAMIS	JUM'AT	SABTU	MINGGU	TOTAL	MIX
A	4	6	8	14	7	0	0	39	1.653
B	25	23	31	23	23	22	0	147	6.229
C	192	187	178	196	175	196	0	1124	47.627
D	168	167	175	175	174	191	0	1050	44.492
TOTAL	389	383	392	408	379	409	0	2360	

Mean Runway Occupancy Time (MROT) diperoleh dari hasil akumulasi perkalian antara AMROT dengan MIX.

Tabel 8. *Mean Runway Occupancy Time* (MROT) *runway 10*

Cat	AMROT (sec)	MIX	MROT	
			Time (sec)	Σ Time (sec)
A	131,313	4,247	5,577	105,351
B	108,056	11,568	12,500	
C	102,857	35,497	36,511	
D	104,262	48,688	50,763	

Tabel 9. *Mean Runway Occupancy Time* (MROT) *runway 10 runway 28*

Cat	AMROT (sec)	MIX	MROT	
			Time (sec)	Σ Time (sec)
A	93,300	1,653	1,542	96,652
B	87,150	6,229	5,428	
C	95,699	47,627	45,579	
D	99,127	44,492	44,103	

Nilai *Runway Occupancy Times* setiap kategori pesawat (tabel 1,2,4 dan 5) dikalikan dengan Mix Index setiap kategori pesawat

(tabel 8 dan 9). Kemudian hasilnya diakumulasikan.

Selanjutnya dilakukan perhitungan *Physical Capacity* (PCR) per runway selama 1 (satu) jam dan diubah ke detik.

Tabel 10. *Perhitungan Physical Capacity* (PCR) per *Runway*

Formula	PCR	
	Rwy 10	Rwy 28
PCR = 3600/MROT	34,172	37,247

Data pergerakan pesawat selama 1 (satu) tahun digunakan untuk menghitung kapasitas fisik aerodrome (*Physical Capacity /APC*). Persentase pembobotan dihitung pada tiap runway walaupun pada akhir penghitungan akan dianalisa menjadi 1 nilai runway.

Tabel 11. *Aerodrome physical capacity* (APC)

Formula	RWY	PCR	% Utilisation (UP)	APC	
				Pergerakan	Σ Pergerakan
APC= E (PCRrwyx. %UTILrwyx)/100	10	34.172	88.165	3,012.748	34.535
	28	37.247	11.835	440.801	

Langkah berikutnya adalah menghitung rata - rata kecepatan pendekatan pesawat antara *Outer Marker* dan *Threshold* (Mean speed in the Final approach/MV) dari data waktu terbang antara *Outer Marker/Final Approach Segment*/poin referensi dan *threshold*. Pada penelitian ini kecepatan pendekatan pesawat dihitung dari *outer marker* sampai dengan *threshold* karena tersedianya fasilitas *outer marker* di Bandara Juanda.

Tabel 12. *Perhitungan Mean Speed in the Final Approach* (MV)

RWY	MV
10	3,896 nm/s 0,039 kt
28	4,177 nm/s 0,042 kt

Metode Doratask menerapkan kemungkinan memasukan pesawat *take-off* diantara 2 pesawat landing tanpa mempengaruhi RSM (Regulatory Separation Minima) yang ada. Dengan memperkirakan

jarak terbang (distance flown) pesawat kedua ketika berada di final approach ketika pesawat yang pertama di runway (sudah landing) ditambahkan dengan RSM maka separasi yang dibutuhkan untuk memasukan pesawat take-off diantara 2 pesawat landing akan didapatkan.

Tabel 13. Perhitungan Safety Separation (SS)

RWY	MROT	MV (NM/s)	SS (NM)
10	105,351	0,039	4,104
28	96,652	0,042	4,038

Menentukan total jarak aman antara 2 consecutive landing (total separation between 2 consecutive landing/TS). Total jarak aman didapatkan dengan menambahkan safety separation pada langkah 10 dengan RSM. RSM adalah regulatory separation minima, yaitu separasi yang diberikan antar pesawat incoming dan outgoing sesuai dengan SOP yang berlaku.

Tabel 14. Determining total separation between two consecutive landings (TS)

RWY	SS (NM)	RSM (NM)	TS (NM)
10	4,104	5	9,104
28	4,038	5	9,038

Menghitung waktu antara 2 consecutive landing (weighted time between 2 consecutive landing/MTTS), dilakukan dengan menghitung total separasi antara 2 consecutive landing yang didapat dari pembagian antara jarak aman total (TS) dengan kecepatan rata - rata pesawat dan dihitung untuk tiap threshold pada masing masing runway.

Tabel 15. Calculation the mean weighted time between two consecutive landings (MTTS)

RWY	TS (NM)	MV (NM/s)	MTTS (s)
10	9,104	0,039	233,701
28	9,038	0,042	216,343

Hasil yang didapat pada tabel 15 digunakan sebagai pembagi untuk menghitung berapa kemungkinan pesawat yang dapat landing dalam 1 (satu) jam.

Tabel 16. Determining the number of landings in a one hour interval (P)

RWY	Second	MTTS	P
10	3600	233,701	15,404
28	3600	216,343	16,640

Tabel 17. Determination of the number of take-offs in a one hour interval (D)

RWY	P	D
10	15,404	14,404
28	16,640	15,640

Berdasarkan waktu total separasi yang didapat memungkinkan 1 pesawat dapat take-off diantara 2 consecutive landing, maka dari jumlah pesawat yang landing dapat dihitung jumlah pesawat yang dapat take-off diantara pesawat landing.

Tabel 18. Determination of theoritical runway capacity (TRC)

RWY	P	D	TRC
10	15,404	14,404	29,809
28	16,640	15,640	32,280

Adapun nilai kapasitas runway secara teori adalah nilai kapasitas dengan mempertimbangkan ROT, waktu terbang dan separasi yang diberikan. Nilai tersebut didapatkan dengan menambahkan jumlah pesawat yang take off dengan jumlah pesawat yang landing. Kemudian dilakukan perhitungan Declared Runway Capacity (DCR) dengan rumus:

$$DCR = \frac{(UP_{10} \times TRC_{10}) + (UP_{28} \times TRC_{28})}{UP_{10} + UP_{28}} \quad (2)$$

dimana :

UP : percent utilization

TRC : Theoritical Runway Capacity

Dari rumus diatas didapatkan nilai Declared Runway Capacity (DCR) sebesar 30 pergerakan/jam.

Dengan menggunakan metode DORATASK diatas diperoleh nilai runway capacity akibat pergeseran runway holding position dari taxiway N1 (90 m dari threshold runway 10)

ke taxiway NP2 (275 m dari *threshold runway* 10) adalah 30 pergerakan/jam.

KESIMPULAN

Pergeseran *runway holding position* dari jarak 90 m menjadi 275 m terhadap *threshold runway* 10 mempengaruhi besarnya *runway occupancy time* untuk pesawat yang akan *take off* dari *threshold runway* 10. Dari hasil perhitungan diperoleh bahwa ROTT *runway* 10 lebih besar dari pada ROTT *runway* 28 yang mana *runway holding position*nya tidak mengalami pergeseran.

Perubahan ROTT akan berpengaruh pada nilai *runway occupancy time* secara keseluruhan. Sedangkan perubahan nilai *runway occupancy time* akan mempengaruhi besarnya *runway capacity*. Besarnya *runway capacity* sebelum *runway holding position* digeser ke NP2 adalah 33 pergerakan /jam. Berdasarkan perhitungan dengan metode DORATASK setelah pergeseran *runway holding position* ke taxiway NP2 diperoleh *runway capacity* Bandar Udara Juanda adalah 30 pergerakan/jam. Sehingga dapat diketahui bahwa pergeseran *runway holding position* telah menurunkan *runway capacity* sebesar 3 pergerakan/jam.

DAFTAR PUSTAKA

- Airnav Indonesia (2015). Manual Perhitungan Kapasitas Runway Edisi ke-2.
- Airport Cooperative Research Program. (2012). Evaluating Airport Capacity. Report. Washington,DC.
- Ashford, N.J. (2011), Airport Engineering planning, design, and development of 21st century airports, Fourth Edition, United State of America, John Wiley and Sons, Inc
- CASR (Civil Aviation Safety Regulation) part 139: Aerodrome.
- Cem Cetek, Ertan Cinar, Fulya Aybek and Aydan Cavcar. (2013). Capacity and delay analysis for airport manoeuvring areas using simulation. Aircraft Engineering and Aerospace Technology.
- Chuhang Yu, Dong Zhang, H.Y.K. Henry Lau (2017). A heuristic approach for solving an integrated gate reassignment and taxi scheduling problem. Elsevier.
- DORA Interim Report 8818. Kapasitas Sektor ATC
- DORA Interim Report 8916. Kapasitas Sektor Terminal
- Gustaf Sölveling, John-Paul Clarke (2014) Scheduling of airport runway operations using stochastic branch and bound methods. Elsevier.
- H. HasanÖrkcü, Cemal Balıkçı, Mustafa Isa Dogan, Aşır Genç (2016). An evaluation of the operational efficiency of Turkish airports using data envelopment analysis and the Malmquist productivity index: 2009–2014 case. Elsevier.
- Horonjeff, R., and McKelvey F. (2010). Planning & Design of Airports, Fourth Edition, United States of America, McGraw-Hill, Inc
- London ACC DORA Report 8927. Kalibrasi Model Simulasi Untuk Dua Sektor Rute
- Lu Hao, Mark Hansen, Megan S. Ryerson. (2016). Fueling for contingencies: The hidden cost of unpredictability in the air transportation system. Elsevier.
- Marc C. Gelhausen, Peter Berster, Dieter Wilken (2013). Do airport capacity constraints have a serious impact on the future development of air traffic?. Elsevier.
- Mikio Takebayashi (2010). The runway capacity constraint and airlines' behavior: Choice of aircraft size and network design. Elsevier.
- Pudjobroto (2014). Analisis Dampak Delay Pada Rute Penerbangan.
- Qing Liu, Tongshui Wu, Xianfei Luo (2011). A space-time network model based on improved genetic algorithm for airport taxiing scheduling problems.
- Trani Antonio A. (2003). Review of Airport Runway Capacity. Virginia: Author.

Yu Zhang, Qing Wang Yu Zhang, Qing Wang (2016). Methods for determining unimpeded aircraft taxiing time and evaluating airport taxiing performance. Elsevier.

Airnav Indonesia.

Kantor Otoritas Bandar Udara Wilayah III.

PT. Angkasa Pura I Cabang Bandara Juanda.

Google Earth.

Google Maps.

