



Pengaruh Kepadatan Lalu Lintas Penerbangan Pada Saat *Taxi-Out* Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Pesawat Udara (Studi Kasus: Bandar Udara Internasional Soekarno Hatta)

The Effect of Air Traffic Congestion on Taxi-out Time and Aircraft Fuel Consumption (Case Study: Soekarno-Hatta International Airport)

Minda Mora¹ dan Tito Yusmar²

Pusat Litbang Perhubungan Udara, Jl. Merdeka Timur no. 5, Jakarta Pusat 10110

email: mindamora25@gmail.com, tito.yusmar@gmail.com

INFO ARTIKEL

Histori Artikel:

Diterima: 27 Sep 2014

Direvisi: 18 Nopember 2014

Disetujui: 15 Des 2014

Keywords:

taxi-out time, fuel consumption, aircraft, Soekarno Hatta

Kata kunci:

waktu *taxi-out*, konsumsi bahan bakar, pesawat udara, Soekarno Hatta

ABSTRACT / ABSTRAK

In a single flight, from the origin airport to the destination airport, the aircraft experiences several different flight phases, one of which is taxi-out phase. This taxi-out phase contributes significantly to aircraft fuel consumption particularly when air traffic congestion occurred due to the time needed in taxiing become much more longer than it should be. The aim of this research is to analyze the effect of air traffic congestion on taxi-out time and aircraft fuel consumption at Soekarno-Hatta International Airport. The results show that the average of 30% of the total number of flight in July, August, and September 2014 has been delayed due to air traffic congestion on taxi-out phase and it caused an increase of 29% on aircraft fuel consumption compared to uncongested taxi-out.

Dalam satu fase penerbangan dari bandar udara asal menuju bandar udara tujuan, pesawat udara akan mengalami beberapa fase terbang, salah satunya adalah fase *taxi-out*. Fase ini memberikan kontribusi yang cukup signifikan terhadap konsumsi bahan bakar pesawat udara, terutama ketika terjadi kepadatan lalu lintas pesawat udara karena waktu yang dibutuhkan pesawat udara untuk *taxi-out* menjadi lebih lama dari yang seharusnya. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh kepadatan lalu lintas pesawat udara terhadap waktu *taxi-out* dan konsumsi bahan bakar di Bandar Udara Soekarno Hatta-Jakarta. Hasil perhitungan menunjukkan rata-rata 30% dari total jumlah penerbangan pada bulan Juli, Agustus dan September tahun 2014 mengalami keterlambatan keberangkatan karena terjadinya kepadatan lalu lintas pesawat udara pada saat *taxi-out*. Hal ini mengakibatkan kelebihan konsumsi bahan bakar pesawat udara sebesar 29% dibandingkan apabila pesawat udara dapat melakukan *taxi-out* dalam keadaan tanpa hambatan.

PENDAHULUAN

Dalam satu fase penerbangan dari bandar udara asal menuju bandar udara tujuan, pesawat udara akan mengalami beberapa fase terbang mulai dari persiapan terbang, *taxi-out* dari apron, lepas landas (*take-off*), terbang menanjak (*climb*), terbang jelajah (*cruise*), terbang menurun (*descent*), *approach* dan *taxi-in* di bandar udara tujuan. Selain fase tersebut di atas, karena alasan tertentu, pesawat udara akan melewati fase *holding* sebelum pesawat akan melakukan pendaratan.

Setiap fase penerbangan akan memberikan kontribusi terhadap konsumsi bahan bakar pesawat udara. Oleh karena itu sangat penting bagi maskapai penerbangan agar dapat mengoperasikan pesawat udara tepat waktu sesuai dengan jadwal yang telah ditentukan, agar konsumsi bahan bakar pesawat udara tidak menimbulkan penambahan pada biaya operasional penerbangan.

Namun, dengan semakin meningkatnya permintaan terhadap transportasi udara, terjadinya keterlambatan penerbangan pada bandara-bandara sibuk dapat menjadi rutinitas sehari-hari. Keterlambatan dalam kegiatan penerbangan terbagi kedalam dua jenis, yaitu *ground delay*, yang terjadi mulai dari *gate* sebelum keberangkatan hingga *taxiing* menuju landas pacu. Keterlambatan yang terjadi pada saat *taxiing* ini sering disebabkan oleh kepadatan lalu lintas penerbangan dimana jumlah keberangkatan melebihi kapasitas Bandar udara. Jenis keterlambatan selanjutnya yaitu *airborne delay* yang terjadi pada saat pesawat udara memasuki fase *holding* sebelum pesawat udara melakukan pendaratan.

Fase *taxiing* ini dapat dibagi menjadi 2 (dua) bagian yaitu *taxi-in* dan *taxi-out*. *Taxi-in* adalah fase ketika pesawat udara menuju *gate* di bandar udara tujuan setelah melakukan pendaratan, sedangkan *taxi-out* adalah ketika pesawat udara keluar dari *gate* bandar udara asal untuk lepas landas. Fase yang memberikan kontribusi yang cukup signifikan terhadap konsumsi bahan bakar pesawat udara ketika terjadi *ground delay* adalah fase *taxi-out* karena waktu yang dibutuhkan pesawat udara untuk *taxi-out* menjadi lebih lama dari yang seharusnya.

Waktu untuk *taxi-out* (*taxi-out time*) dapat didefinisikan sebagai waktu yang dibutuhkan pesawat udara mulai dari *pushback* dari *gate* sampai dengan lepas landas dari landas pacu dan menggambarkan jumlah waktu yang dihabiskan oleh pesawat udara di Bandar udara dalam keadaan mesin menyala. Dengan demikian konsumsi bahan bakar pada proses keberangkatan terkait erat dengan waktu untuk *taxi-out*.

Bandar Udara Soekarno Hatta - Jakarta merupakan bandar udara terbesar dengan jumlah pergerakan pesawat udara paling tinggi di Indonesia. Tingginya jumlah pergerakan pesawat udara dari dan menuju Bandar Udara Soekarno Hatta-Jakarta diduga menyebabkan terjadinya *ground delay* terutama pada jam-jam sibuk.

Tujuan penelitian ini adalah menganalisis pengaruh kepadatan lalu lintas pesawat udara di permukaan (*surface congestion*) terhadap *taxi-out time* dan konsumsi bahan bakar pesawat udara di Bandar Udara Soekarno-Hatta Jakarta.

TINJAUAN PUSTAKA

Pada kondisi umum, penerbangan berjadwal telah memiliki rute dan jadwal tertentu yang telah ditentukan sebelumnya, termasuk jadwal keberangkatan yang telah ditetapkan walaupun jadwal tersebut dapat secara manual dirubah sebelum pesawat udara lepas landas. Waktu untuk *taxi-out* (*taxi-out time*) dapat didefinisikan sebagai waktu yang dibutuhkan pesawat udara mulai dari *pushback* dari *gate* sampai dengan lepas landas dari landas pacu dan menggambarkan jumlah waktu yang dihabiskan oleh pesawat udara di Bandar udara dalam keadaan mesin menyala.

Secara konseptual, waktu *taxi-out* memiliki lima komponen, yaitu:

1. *Unimpeded taxi time* (waktu *taxi-out* tanpa hambatan)

Waktu *taxi-out* tanpa hambatan dari tempat parkir ke landasan pacu keberangkatan. Komponen ini adalah fungsi dari jalur *taxi-out* yang dipilih untuk penerbangan tersebut. Komponen ini dipengaruhi oleh landas pacu yang digunakan oleh pesawat udara tersebut dengan mengasumsikan bahwa beberapa landasan pacu tersedia untuk keberangkatan.

2. *Additional waiting time caused by excess departure demand* (waktu tunggu tambahan yang disebabkan oleh tingginya permintaan keberangkatan)

Antrian keterlambatan yang disebabkan oleh permintaan keberangkatan melebihi kapasitas keberangkatan. Komponen ini semata-mata adalah fungsi penjadwalan pengguna untuk memenuhi pertimbangan bisnis dan hanya bisa diperbaiki dengan mengurangi penjadwalan penerbangan selama periode puncak.

3. *Additional waiting time caused by traffic flow management constraint* (waktu tunggu tambahan yang disebabkan oleh kendala manajemen lalu lintas)

Komponen ini mempengaruhi keterlambatan penerbangan tertentu karena pembatasan lalu lintas penerbangan. Pembatasan ini, seperti membatasi penerbangan dengan keberangkatan tertentu, diperlukan untuk mengurangi lalu lintas keberangkatan pesawat udara pada saat tertentu karena keterbatasan ruang udara pada saat *enroute*, keterbatasan terminal udara kedatangan atau bandara kedatangan. Kendala ini bersifat eksternal terhadap bandara keberangkatan, tetapi harus dipertimbangkan penjadwalan penerbangan dari *push-back* sampai dengan lepas landas.

4. *Additional waiting time caused by imprecise planning* (waktu tunggu tambahan yang disebabkan oleh perencanaan yang tidak tepat)

Waktu tunggu tambahan pesawat udara disebabkan oleh penggunaan kapasitas keberangkatan sedemikian rupa sehingga slot keberangkatan landasan pacu yang berpotensi tersedia terbuang. Waktu *taxi-out* tambahan ini disebabkan ketika peristiwa penerbangan tidak terjadwal dengan baik mulai dari *push-back* sampai dengan lepas landas.

5. *Additional waiting time caused by unpredicted response to an existing plan* (waktu tunggu tambahan yang disebabkan oleh reaksi yang tidak terduga terhadap perencanaan yang sudah ada)

Waktu tunggu tambahan ini disebabkan oleh kurang disiplinnya pesawat udara dalam suatu penerbangan terhadap penjadwalan

yang sudah ada. Penerbangan tersebut cenderung memiliki waktu aktual *push-back* atau waktu aktual *taxi-out* yang berbeda.

Penelitian tentang *taxi time* dan pengaruhnya terhadap konsumsi bahan bakar pesawat udara telah dilakukan di beberapa bandar udara. Bandar udara dengan waktu *taxi-out* rata-rata yang panjang, biasanya didominasi oleh bandar udara padat (Goldberg, dkk., 2008). Sebagian besar adalah bandar udara yang melayani *focal point* untuk maskapai penerbangan yang menggunakan jaringan *hub* dan *spoke* yang cenderung berkonsentrasi pada pendaratan dan keberangkatan pada periode waktu yang singkat. Pada tahun 2007, waktu terlama untuk *taxi-out* sebelum menunggu untuk lepas landas terjadi di 3 (tiga) bandar udara di New York, yaitu *JFK international Airport*, *Newark Airport* dan *LaGuardia Airport* dengan rata-rata waktu *taxi-out* berturut-turut 37, 30 dan 29 menit.

Secara umum, *Federal Aviation Administration* (FAA) menyatakan bahwa pesawat udara di Amerika Serikat menghabiskan lebih dari 63 juta menit untuk *taxi-in* dan menghabiskan lebih dari 150 juta menit untuk *taxi-out* (FAA, 2008). Tren yang sama terjadi juga di bandar udara besar di Eropa, dimana pesawat udara menghabiskan 10-30% waktu penerbangan untuk melakukan *taxiing*, sehingga untuk pesawat jarak pendek/menengah seperti A320 menghabiskan 5-10% bahan bakar ketika masih di darat (Christophe, dkk., 2008).

METODOLOGI PENELITIAN

Pengumpulan data dan informasi pada penelitian ini dilakukan di Bandar Udara Internasional Soekarno Hatta. Data yang diambil adalah data setiap penerbangan, setiap hari, selama 3 bulan, yaitu bulan Juli, Agustus dan September, tahun 2014. Untuk dapat melakukan analisis terhadap waktu *taxi-out* di Bandar Udara Soekarno Hatta, maka data-data yang diperlukan adalah:

1. Waktu aktual *push-back* dari apron setiap penerbangan;
2. Waktu aktual lepas landas setiap penerbangan;
3. Maskapai penerbangan dan nomor penerbangan;

4. Tempat parkir (*parking stand*) dan landas pacu yang digunakan;
5. Jenis pesawat udara.

Dari data dan informasi yang diperoleh kemudian dilakukan pengolahan data dengan melakukan penjumlahan waktu aktual *taxi-out* dan waktu *taxi-out* tidak terhambat (*unimpeded*) untuk setiap penerbangan selama satu bulan. Analisis dilakukan dengan membandingkan waktu aktual *taxi-out* dengan waktu *taxi-out* tidak terhambat.

Selanjutnya, konsumsi bahan bakar dihitung pada kondisi *taxi-out* aktual dan pada kondisi *taxi-out* yang tanpa hambatan. Konsumsi bahan bakar dihitung dengan mengasumsikan bahwa setiap penerbangan memasang *setting* mesin dalam keadaan 7% *throttle* dan semua pesawat udara yang beroperasi pada bulan Juli, Agustus dan September 2014 menggunakan mesin CFMI CFM56-7B26E. Selanjutnya data *specific fuel burn coefficient* untuk tipe mesin pesawat udara diperoleh dari ICAO (*International Civil Aviation Organization*) *Engine Emission Database*.

PEMBAHASAN

Pada Tabel 1 di bawah ini, ditampilkan contoh data yang diperoleh dari Bandar Udara Soekarno Hatta-Jakarta pada bulan Juli Tahun 2014. Pada Tabel 1 dapat dilihat data setiap penerbangan yang terjadi pada bulan Juli 2014 di Bandar Udara Soekarno Hatta-Jakarta. Pada bulan tersebut, terdapat 15.200 penerbangan dari Bandar Udara Soekarno Hatta untuk semua tujuan, domestik maupun internasional dan untuk semua maskapai penerbangan. Dalam contoh Tabel 1 di atas, terdapat kode maskapai GIA yang berarti Garuda Indonesia, SJY yang berarti Sriwijaya Air, LNI yang berarti Lion Air, dan AWQ yang berarti Air Asia. Selain itu terdapat juga jenis pesawat udara yang dioperasikan untuk setiap penerbangan. Pada Tabel 1 diperoleh juga data *Aircraft Time Departure* (ATD) yang menunjukkan waktu aktual setiap penerbangan lepas landas dari landas pacu dan *Aircraft On Block Time* (AOBT) yang menunjukkan waktu aktual setiap penerbangan mulai *start engine* dan bersiap-siap untuk melakukan *taxi-out* dari tempat parkir (*parking stand*).

Sebelum melakukan lepas landas, setiap pesawat udara melakukan proses menaikkan penumpang di tempat parkir yang telah ditentukan. Jarak antara *parking stand* dengan landas pacu sangat menentukan waktu yang dibutuhkan oleh pesawat udara dalam melakukan *taxi-out* sebelum lepas landas. Di Bandar Udara Soekarno Hatta-Jakarta terdapat dua landas pacu yang dapat digunakan secara bersamaan. Landas pacu tersebut diberi kode, yaitu 07 dan 25. Data T_{exot} pada Tabel 1 menunjukkan waktu rata-rata yang dibutuhkan oleh pesawat udara untuk melakukan *taxi-out* dari *parking stand* tertentu menuju landas pacu tertentu apabila tidak ada hambatan/halangan.

Untuk mendapatkan waktu aktual *taxi-out* aktual dari setiap penerbangan dapat dilakukan dengan menghitung selisih antara ATD dan AOBT. Apabila nilai selisih antara ATD dan AOBT lebih kecil dari T_{exot} , maka penerbangan tersebut berangkat tepat waktu. Namun apabila nilai selisih ATD dan AOBT lebih besar dari T_{exot} , maka penerbangan tersebut mengalami keterlambatan karena terjadi kepadatan lalu lintas pesawat udara sehingga terjadi antrian pada saat pesawat udara akan melakukan lepas landas. kondisi tersebut mengakibatkan waktu *taxi-out* pesawat udara menjadi lebih lama dibandingkan waktu normal (T_{exot}).

Analisis Waktu *Taxi-Out* di Bandar Udara Soekarno Hatta-Jakarta

Tabel 2 menunjukkan analisis waktu *taxi-out* di Bandar Udara Soekarno Hatta-Jakarta pada bulan Juli, Agustus dan September 2014. Pada Bulan Juli terjadi 15.200 kali penerbangan dari Bandar Udara Soekarno Hatta, dengan waktu *taxi-out* aktual sebesar 234.737 menit. Selanjutnya pada bulan Agustus terjadi peningkatan jumlah keberangkatan dari Bandar Udara Soekarno Hatta menjadi 17.435 kali penerbangan dengan waktu *taxi-out* aktual sebesar 308.353 menit. Tingginya jumlah keberangkatan pada bulan Agustus ini dikarenakan adanya penerbangan tambahan di masa lebaran. Pada bulan September, jumlah keberangkatan di Bandar Udara Soekarno Hatta sebesar 15.753 penerbangan dengan waktu *taxi-out* sebesar 265.745 menit. Perbandingan waktu *taxi-out* aktual dengan waktu *taxi-out* tanpa hambatan (T_{exot}) dapat dilihat pada Gambar 2.

Tabel 1. Data Penelitian bulan Juli Tahun 2014

NO.	MASKAPAI	JENIS PESAWAT	ATD	AOBT	PARKING STAND	RWY	T EXOT	ATD-AOBT	DELAY	KET
1.	LNI612	B738	07:31	07:31	B21	07L	21	0	-21	ONTIME
2.	GIA652	B738	15:22	15:19	F31	25L	20	3	-17	ONTIME
3.	LNI034	B738	21:50	21:45	G03	25L	22	5	-17	ONTIME
4.	AWQ266	A320	07:06	06:59	G01	07R	23	7	-16	ONTIME
5.	GIA246	B738	13:49	13:43	F71	07R	22	6	-16	ONTIME
6.	GIA174	B738	03:36	03:31	F41	25L	21	5	-16	ONTIME
7.	SJY160	B738	23:19	23:13	R72	25L	22	6	-16	ONTIME
8.	LNI886	B738	22:34	22:28	G13	25L	22	6	-16	ONTIME
9.	GIA164	B738	07:15	07:09	R74	25L	22	6	-16	ONTIME
10.	LNI1632	B739	12:52	12:46	A61	07L	21	6	-15	ONTIME
11.	LNI1250	B738	05:50	05:44	B31	07L	21	6	-15	ONTIME
12.	CTV9533	A320	23:02	22:55	G13	25L	22	7	-15	ONTIME
13.	LNI760	B739	23:03	22:56	G11	25L	22	7	-15	ONTIME
14.	GIA196	B738	13:51	13:45	F71	25L	21	6	-15	ONTIME
15.	BTK6170	B739	17:32	17:25	G01	25L	22	7	-15	ONTIME
16.	LNI206	B739	09:37	09:30	A51	07L	21	7	-14	ONTIME
17.	GIA314	B738	05:58	05:52	B41	07L	20	6	-14	ONTIME
18.	LNI524	B739	07:34	07:27	A51	07L	21	7	-14	ONTIME
19.	LNI718	B738	12:32	12:26	C51	07L	20	6	-14	ONTIME
s.d	GIA148	B738	01:56	01:29	F61	25R	12	27	15	DELAY
15.200										

Sumber: Air Traffic Control (ATC), Bandar Udara Soekarno Hatta-Jakarta

Ket: ATD = Aircraft Tine Departure; AOBT = Aircraft On Block Time, RWY = Runway

Selanjutnya, pada bulan Juli terdapat 4280 penerbangan yang mengalami keterlambatan keberangkatan yang disebabkan oleh kepadatan di *taxi-way*. Pada bulan Agustus meningkat menjadi 6426 penerbangan dan pada bulan September terjadi 5143 keterlambatan keberangkatan dari Bandar Udara Soekarno Hatta-Jakarta.

Analisis Konsumsi Bahan Bakar

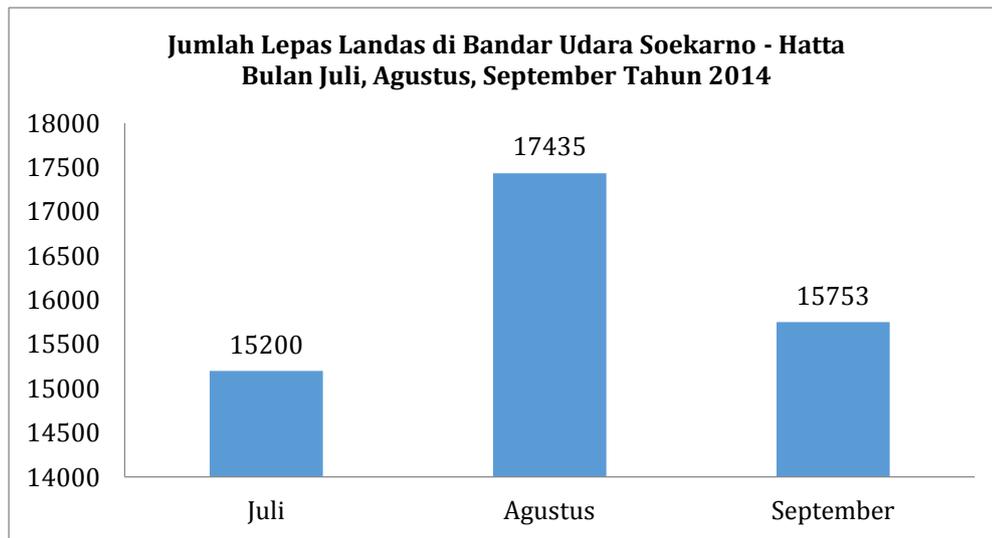
Tabel 3 menunjukkan konsumsi bahan bakar pesawat udara pada saat taxi-out di Bandar Udara Soekarno Hatta pada bulan Juli, Agustus

dan September 2014. Konsumsi bahan bakar dihitung pada kondisi *taxi-out* aktual dan pada kondisi *taxi-out* yang tanpa hambatan. Konsumsi bahan bakar dihitung dengan mengasumsikan bahwa setiap penerbangan memasang *setting* mesin dalam keadaan 7% *throttle* dan semua pesawat udara yang beroperasi pada bulan Juli, Agustus dan September 2014 menggunakan mesin CFMI CFM56-7B26E. Selanjutnya data *specific fuel burn coefficient* untuk tipe mesin pesawat udara diperoleh dari ICAO (*International Civil Aviation Organization*) *Engine Emission Database*.

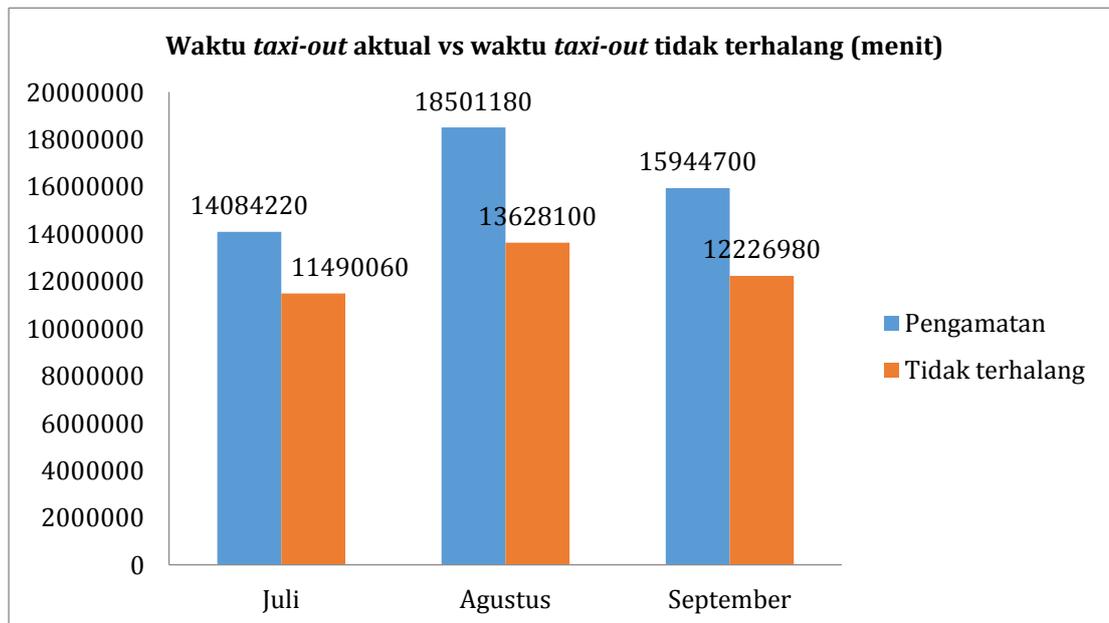
Tabel 2. Analisis waktu *taxi-out* pada bulan Juli, Agustus, September di Bandar Udara Soekarno Hatta-Jakarta Tahun 2014

Bulan	Jumlah Lepas Landas	Waktu <i>taxi-out</i> aktual (menit)	waktu Rata-rata <i>taxi-out</i> aktual (menit)	Waktu <i>taxi-out</i> tanpa hambatan	Waktu rata-rata <i>taxi-out</i> tanpa hambatan	Jumlah penerbangan yang terhambat
Juli	15200	234737	15,4	191501	12,6	4280
Agustus	17435	308353	17,7	227135	13,0	6426
September	15753	265745	16,9	203783	12,9	5143

Sumber: Hasil pengolahan data



Gambar 1. Grafik Jumlah Lepas Landas di Bandar Udara Soekarno Hatta – Jakarta pada Bulan Juli, Agustus dan September Tahun 2014 (sumber: hasil pengolahan data)



Gambar 2. Perbandingan waktu *taxi-out* aktual dengan waktu *taxi-out* tanpa hambatan (sumber: hasil pengolahan data)

Dari data perhitungan konsumsi bahan bakar dapat dilihat bahwa konsumsi bahan bakar pesawat udara pada kondisi aktual lebih besar daripada kondisi normal ketika pesawat udara melakukan *taxi-out* dalam keadaan tanpa hambatan. Pada bulan Juli, konsumsi bahan bakar aktual 22,5% lebih besar dibandingkan dengan konsumsi bahan bakar pesawat ketika tanpa hambatan. konsumsi bahan bakar aktual pada bulan Agustus lebih besar 35,8% dibandingkan dengan konsumsi bahan bakar pesawat ketika tanpa hambatan. Sedangkan pada bulan September konsumsi bahan bakar aktual lebih besar 30,4% dibandingkan konsumsi bahan bakar pesawat ketika tanpa hambatan. Tingginya konsumsi bahan bakar aktual *taxi-out* ini menunjukkan bahwa terjadi kepadatan di *taxi way* ketika pesawat udara akan melakukan lepas landas.

Tabel 3. Konsumsi Bahan Bakar

No.	Bulan	Konsumsi bahan bakar pada saat taxi-out (kg)	
		Aktual	Tanpa hambatan
1.	Juli	16.901.064	13.788.072
2.	Agustus	22.201.416	16.353.720
3.	September	19.133.640	14.672.376

Sumber: hasil pengolahan data

KESIMPULAN

Pada bulan Juli, Agustus dan September 2014 berturut-turut terjadi 15.200, 17.435, 15.753 lepas landas dari Bandar Udara Soekarno Hatta-Jakarta. Rata-rata, 30% dari jumlah penerbangan tersebut setiap bulan mengalami keterlambatan keberangkatan karena terjadinya kepadatan lalu lintas pesawat udara pada saat *taxi-out* sehingga membutuhkan waktu *taxi-out* yang lebih lama dari yang seharusnya. Analisis terhadap waktu *taxi-out* aktual dibandingkan dengan waktu *taxi-out* tanpa hambatan menunjukkan bahwa pada bulan Juli, Agustus dan September, waktu *taxi-out* aktual lebih besar rata-rata 29% dibandingkan dengan waktu *taxi-out* tanpa hambatan. Hal ini mengakibatkan kelebihan konsumsi bahan bakar pesawat udara dengan presentase yang sama dibandingkan apabila pesawat udara dapat

melakukan *taxi-out* dalam keadaan tanpa hambatan dan tidak ada kepadatan di *taxi-way*.

DAFTAR PUSTAKA

- Bruce, G., & David, C. (2008). *Sitting on the Runway: Current Aircraft Taxi Times Now Exceed Pre-9/11 Experience*. United State Department of Transportation.
- Christophe, C., & Carsten, F. (2008). *Alternative taxiing means – engines stopped*. Presented at the Airbus workshop on “Alternative taxiing means – Engines stopped”.
- Deonandan, I., & H. Balakrishnan. (2009). *Evaluation of Strategies for Reducing Taxi-out Emissions at Airports*. Presented at 9th Aviation Technology, Integration, and Operations Conference (ATIO).
- Federal Aviation Administration, Aviation System Performance Metrics, (<http://aspm.faa.gov>), diakses Februari 2015.
- Hoffman. (2007). *Effect of the New York/New Jersey/Philadelphia Airspace Redesign on Aircraft Fuel Consumption*. MITRE.
- ICAO Engine Emissions Databank. (2007). International Civil Aviation Organization: Montreal, Quebec, Canada.
- Joosung J., et.al. (2004). Aircraft and Energy Use. Massachusetts Institute of Technology. *Encyclopedia of Energy, Volume 1*.
- Lee, J. J., et.al. (2001). Historical and future trends in aircraft performance, cost and emissions. *Annual Review Energy Environment, 26, 167-200*.
- Peeters P.M.1, Middel J., Hoolhorst A. (2005). *Fuel efficiency of commercial aircraft An overview of historical and future trends*. National Aerospace Laboratory NLR.

