

**PENGARUH AIRPORT SURFACE CONGESTION
TERHADAP KONSUMSI BAHAN BAKAR PESAWAT UDARA
(STUDI KASUS BANDAR UDARA SOEKARNO-HATTA JAKARTA)**

Ivan Yusri mahardika¹, Muchammad Furqon Muchaddats².

National Air AndSpace Power Off Indonesia (NASPCI)
Muchammadfurqon10@gmail.com

ABSTRAK— Kepadatan lalu lintas penerbangan di bandar udara menyebabkan peningkatan yang signifikan terhadap waktu taxi di bandar udara yang besar. Penelitian bertujuan untuk memperoleh gambaran tentang apakah *airport surface congestion* mempengaruhi konsumsi bahan bakar pesawat udara di Bandar Udara Internasional Soekarno-Hatta Jakarta dan mencari seberapa besar pengaruh tersebut. Penelitian ini dilaksanakan di *Jakarta Air Traffic Service Centre (JATSC)* dan proses pengolahan data dilaksanakan di Sekolah Tinggi Penerbangan Indonesia (STPI) Curug, Tangerang sejak bulan Desember 2018 sampai bulan Agustus 2019. Metode yang digunakan adalah metode penelitian kuantitatif korelasi. Populasi penelitian adalah waktu pelayanan *aerodrome control tower* perum LPPNPI cabang JATSC bulan Januari sampai dengan Juni 2019. Dari populasi tersebut kemudian peneliti menentukan sampel menggunakan teknik *purposive sampling* yaitu pada saat libur Hari Raya Idul Fitri dari tanggal 22 Mei sampai dengan 20 Juni 2019 yang merupakan *peak season* periode tersebut. Teknik pengumpulan data yang digunakan adalah studi dokumentasi yang berisikan data EXOT, data *taxi out*, juga data pesawat (seperti ACID). Selanjutnya, teknik analisis data yang digunakan adalah menggunakan statistik parametris berupa korelasi *Product Moment* yang dilanjutkan dengan uji hipotesis dan *t-test*. Hasil penelitian yang didapatkan adalah terdapat hubungan yang sangat kuat antara *airport surface congestion* dan konsumsi bahan bakar pesawat udara di Bandar Udara Internasional Soekarno-Hatta Jakarta dengan koefisien korelasi dan determinasinya sebesar 0,9001 dan 0,81. Hal ini juga dapat diartikan bahwa pengaruh *airport surface congestion* terhadap konsumsi bahan bakar sebesar 81. Dengan hasil tersebut diatas, maka peneliti memberikan alternative pemecahan masalah yaitu perlu adanya pengkajian penerapan sistem DMAN dan strategi *Pushback Rate Control* untuk mengatasi permasalahan *airport surface congestion* dan mengurangi pemakaian konsumsi bahan bakar yang tidak diinginkan ketika fase *taxi 4*. Justru hasil pengkajian ini yang dikemukakan?

Kata kunci: populasi, transportasi, lalu lintas udara, bahan bakar.

1. PENDAHULUAN

Permasalahan pemanasan global saat ini sudah topik yang sedang tren untuk dibicarakan di seluruh dunia. Salah satu penyebab pemanasan global adalah emisi gas rumah kaca, seperti karbon dioksida (CO₂), nitrogen oksida (NO_x), Sulfur Oksida (SO_x), dan lainnya. Gas-gas ini tidak hanya muncul secara alami

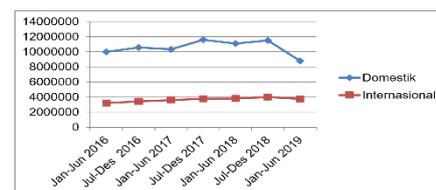
di lingkungan melainkan banyak aktivitas manusia yang menyebabkan gas ini terbentuk dan meningkat, contohnya kegiatan transportasi. Kegiatan transportasi merupakan salah satu faktor yang berperan dalam peningkatan emisi gas rumah kaca, karna kegiatan ini mengkonsumsi energi yang berasal dari bahan bakar fosil, khususnya transportasi udara. Transportasi udara mem

berikan kontribusi yang signifikan terhadap polusi udara. Menurut Wahyu Purwanta (2014), "Polutan yang dihasilkan dari mesin-mesin pesawat udara (exhaust gas pollution) perlu diperhatikan dampak buruknya terhadap lingkungan, meski pun hanya menyumbang sekitar 3% dari total emisi udara dunia tapi dengan banyaknya pesawat udara yang komersial yang beroperasi dari hari kehari semakin meningkat, maka angka presentasi emisi tersebut diprediksi akan meningkat".

Selain itu, dengan tingginya jumlah *traffic* transportasi udara yang ada saat ini mengakibatkan sering terjadinya keterlambatan penerbangan pada bandara-bandara sibuk. Hal ini sering kali membuat pesawat yang sedang taxi out menuju *runway* terkena delay sampai dengan *take off*. Bandar Udara Internasional Soekarno-Hatta menurut fungsinya dalam Peraturan Menteri Perhubungan no 69 Tahun 2013 tentang Tatanan Ke Bandara udaraan Nasional merupakan bandar udara pengumpul dengan skala pelayanan primer. Fungsi ini menjadikan Bandar Udara Internasional Soekarno Hatta sebagai salah satu prasarana penunjang pelayanan Pusat Kegiatan Nasional (PKN) yang melayani penumpang dengan jumlah lebih besar atau sama dengan 5.000.000 orang per tahun.

Bandar Udara Internasional Soekarno-Hatta kemudian terus mengalami peningkatan dalam jumlah pergerakan pesawat udara disetiap bulannya dan menjadi bandar udara tersibuk di Indonesia. Dilansir dari Kompas.com, Bandar Udara Internasional ini men dapat peringkat ke 17 sebagai negara tersibuk di dunia pada tahun 2017 dengan total 63 juta penumpang. Badan Pusat Statistik mencatat jumlah penumpang pesawat udara yang berangkat di Bandar Udara Soekarno Hatta untuk

penerbangan domestik periode Januari sampai Juni 2017 meningkat 3,4% dibanding periode yang sama tahun 2016 menjadi 10.337.396 orang. Kemudian jumlah ini meningkat 11% menjadi 11.097.239 orang pada periode yang sama tahun 2018 jika dibandingkan dari tahun 2016. Sedangkan, jumlah penumpang pesawat udara yang berangkat di Bandar Udara Soekarno Hatta untuk penerbangan internasional periode Januari sampai Juni 2017 meningkat 12,3% dibanding periode yang sama tahun 2016 menjadi 3.598.569 orang. Kemudian jumlah ini meningkat 18% menjadi 3.790.590 orang pada periode yang sama tahun 2018 jika dibandingkan dari tahun 2016. Namun tidak dapat dipungkiri, saat ini di Indonesia mengalami fenomena penurunan jumlah penumpang pesawat udara penerbangan domestik dikarenakan kenaikan harga tiket. Bersumber juga dari Badan Pusat Statistik, jumlah penumpang pesawat udara yang berangkat penerbangan domestik di Bandar Udara Soekarno Hatta periode Januari-Juni 2019 merosot 26,3% menjadi 8.782.805 orang dibanding periode yang sama tahun sebelumnya dan juga merupakan yang terendah dalam tiga tahun terakhir (lihat gambar 1 di bawah ini).



sumber: Badan Pusat Statistika, 2019

Gambar 1. Jumlah Penumpang yang Berangkat Domestik dan Internasional di Bandar Udara Soekarno Hatta Jakarta (Januari 2016 s.d. Juni 2019). Berdasarkan tingginya jumlah permintaan penumpang pesawat udara yang berangkat diatas, diduga menyebabkan terjadinya *taxiout delay* terutama pada jam-jam

sibuk dan terjadinya hambatan pada *taxiway* berupa banyaknya pesawat udara yang sedang menunggu antrean untuk melaksanakan *take-off*. Padahal, pesawat udara yang sedang *taxi* berkontribusi secara signifikan terhadap pembakaran bahan bakar dan emisi pesawat udara di bandar udara. Salah satu tanggung jawab seorang ATC berdasarkan *five objective of air traffic services* ketiga adalah *expedite and maintain an orderly flow of air traffic*. Oleh karena itu, apabila terjadi kemacetan pergerakan lalu lintas atau terhambatnya arus lalu lintas udara perlu menjadi perhatian ATC karena hal ini merupakan salah satu tanggung jawabnya. Selain bermanfaat dalam hal ketepatan waktu, personel ATC juga dapat berkontribusi untuk mengurangi rusaknya alam dengan pekerjaannya ini, karena bahan bakar pesawat udara dapat terpakai secara efisien jika pergerakan lalu lintas lancar.

2. LANDASAN TEORI

2.2. Pengertian *Airport Surface Congestion*, menurut Alex Nakahara (2012), bahwa setiap bandara diper timbangkan memiliki batasan jumlah pesawat yang dapat dikendalikan atau diatur secara efisien di suatu periode sebagai fungsi dari karakteristik seperti konfigurasi, kondisi cuaca dan permintaan. Ketika permintaan meningkat di atas level kapasitas bandara di suatu waktu, maka kepadatan mulai terjadi. Menurut Paul Roosens (2008), Bahwa suatu indikator yang dapat mengindikasikan kepadatan bandara adalah keterlambatan yang terjadi di bandara tersebut untuk pesawat yang akan berangkat. Kepada tan memang menyebabkan keterlambatan, tapi tidak. Menurut Izumi Yamada, dkk (2014), Bahwa bandara yang sibuk terkadang mengalami kepadatan lalu lintas di permukaan yang biasanya disebabkan

tingginya permin taan lalu lintas di *runway* kebe rangkatan melebihi kapasitas *runway* yang ter sedia. Antrian keberang katan yang disebabkan kepadatan mungkin tidak hanya mengurangi efisiensi ketika *taxi out*, tetapi mungkin juga menyebabkan ketidakpastian waktu untuk *take off* dan menurunkan kualitas dari *air traffic flow management* (ATFM) dan mem pengaruhi keteraturan alur lalu lintas dalam fase *en-route*. Jadi dapat disintesis bahwa *airport surface congestion* adalah keadaan dimana kapasitas yang tersedia di bandara tidak memenuhi permintaan yang ada sehingga terjadi kemacetan pergera kan lalu lintas penerbangan di permukaan. Indikator yang dapat digunakan untuk menentukan kemacetan bandara adalah penundaan atau *delay* yang terjadi pada bandara tersebut.

2.3. Hierarki Bandara, berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan No 69 tahun 2013 pasal 17-18, Hierarki bandar udara terdiri dari: (1) bandar udara pengumpul (hub); dan (2) bandar udara pengumpan (spoke). Bandar udara pengumpul (hub) merupakan bandar udara yang mempunyai cakupan pelayanan yang luas dari berbagai bandar udara yang melayani penumpang/kargo dalam jumlah besar dan mempengaruhi perkembangan ekonomi secara nasional atau berbagai provinsi yang dibedakan menjadi: (a) bandar udara pengumpul dengan skala pelayanan primer, yaitu bandar udara sebagai salah satu prasarana penunjang pelayanan Pusat Kegiatan Nasional (PKN) yang melayani penumpang dengan jumlah lebih besar atau sarna dengan 5.000.000 orang per tahun; (b) bandar udara pengumpul dengan skala pelayanan sekunder yaitu bandar udara sebagai salah satu prasarana penunjang pelayanan Pusat Kegiatan Nasional (PKN) yang mela

yani penumpang dengan jumlah lebih besar dari atau sama dengan 1.000.000 dan lebih kecil dari 5.000.000 orang per tahun; dan (c) bandar udara pengumpul dengan skala pelayanan tersier yaitu bandar udara sebagai salah satu prasarana penunjang pelayanan Pusat Kegiatan Nasional (PKN) dan Pusat Kegiatan Wilayah (PKW) terdekat yang melayani penumpang dengan jumlah lebih besar dari atau sama dengan 500.000 dan lebih kecil dari 1.000.000 orang per tahun. (3) Bandar udara pengumpulan merupakan: (a) bandar udara yang mempunyai cakupan pelayanan dan mempengaruhi perkembangan ekonomi lokal; (b) bandar udara tujuan atau bandar udara penunjang dari bandar udara pengumpul; dan (c) bandar udara sebagai salah satu prasarana penunjang pelayanan kegiatan lokal. Hierarki bandar udara ditetapkan berdasarkan penilaian atas kriteria sebagai berikut: (1) bandar udara terletak di kota yang merupakan pusat kegiatan ekonomi; (2) tingkat kepadatan lalu lintas angkutan udara; dan (3) berfungsi untuk menyebarkan penumpang dan kargo ke bandar udara lain. Bandar udara terletak di kota yang merupakan pusat kegiatan ekonomi ditunjukkan dengan variabel sebagai berikut: (1) status kota di mana bandar udara tersebut berada sesuai dengan status yang telah ditetapkan dalam rencana tata ruang wilayah nasional; dan (2) penggunaan bandar udara. Tingkat kepadatan lalu lintas angkutan udara ditunjukkan dengan variabel: (1) jumlah penumpang datang berangkat dan transit; (2) jumlah kargo; dan (3) jumlah frekuensi penerbangan. Fungsi untuk menyebarkan penumpang dan kargo ke bandar udara lain ditunjukkan dengan variabel: (1) jumlah rute penerbangan dalam negeri; (2) jumlah rute penerbangan luar negeri; dan (3) jumlah rute penerbangan dalam negeri yang menjadi cakupannya.

Taxi Out Menurut Minda Mora dan Tito Yusmar (2014), Secara konsep 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 landasan 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 sematamata 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/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. 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 *pushback* atau waktu aktual *taxi-out* yang berbeda.

Delay Menurut Undang-undang Republik Indonesia Nomor 1 Tahun 2009 tentang Penerbangan pada Bab I Pasal 1 Ayat 30 keterlambatan/*delay* adalah terjadinya perbedaan waktu antara waktu keberangkatan atau kedatangan yang dijadwalkan dengan realisasi waktu keberangkatan atau kedatangan. Sedangkan dalam Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor: PM 89 Tahun 2015 tentang Penanganan Keterlambatan Penerbangan (*Delay Management*) pada Badan Usaha Angkutan Udara Niaga Berjadwal Di Indonesia pada Bab II Pasal 4 menyatakan, bahwa keterlambatan penerbangan adalah perbedaan waktu antara waktu keberangkatan atau kedatangan yang dijadwalkan dengan realisasi waktu keberangkatan atau kedatangan yaitu pada saat pesawat *block off* meninggalkan tempat parkir pesawat (*apron*) atau pada saat pesawat *block on* dan parkir di *apron* bandara tujuan. Keterlambatan penerbangan pada badan usaha angkutan udara niaga berjadwal terdiri dari: 1) Keterlambatan penerbangan (*flight*

delayed). 2) Tidak terangkatnya penumpang dengan alasan kapasitas pesawat udara (*denied boarding passenger*); 3) Pembatalan penerbangan (*cancelation of flight*).

3. PERMASALAHAN

3.1. Faktor yang memengaruhi *airport surface congestion*, berdasarkan ICAO Doc. 9426 *ATS Planning Manual*: 1984 Part II-I-1-2 ayat 1.2.4.4, Penyebab utama kemacetan lalu lintas udara adalah:

- Penimbunan lalu lintas udara selama periode tertentu setiap tahunnya dan juga waktu-waktu tertentu dalam seminggu dan dalam sejam di harinya.
- Perbedaan kapasitas dari berbagai sistem ATC atau bagian dari sistem yang terpengaruh oleh penimbunan lalu lintas.
- Pemberitahuan awal yang tidak memadai (untuk unit ATC) dari permintaan lalu lintas yang mungkin dapat menyebabkan *overloading* dari sistem pada titik tertentu, pada wilayah tertentu, dan/atau selama periode waktu tertentu.
- Kurangnya teknik dan prosedur yang dapat dipulihkan, dalam situasi kritis, keseimbangan antara permintaan lalu lintas dan kapasitas ATC yang tersedia dengan cara dapat diterima oleh operator pesawat udara baik dari sisi operasional ataupun dari sudut pandang ekonomi.

3.2. Peraturan Pemerintah yang mengatasi *airport surface congestion*, berdasarkan Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Nomor: KP 112 Tahun 2017 tentang Tata Cara Alokasi Ketersediaan Waktu Terbang (*Slot Time*) Bandar Udara Pasal 7, Badan usaha angkutan udara niaga/ pemegang izin kegiatan angkutan udara bukan niaga dan perusahaan angkutan udara

asing dilarang menggunakan slot time di luar persetujuan slot time yang diberikan. Batas toleransi ketidak tepatan waktu pelaksanaan penerbangan adalah 15 menit sebelum atau 15 menit sesudah dari slot yang diberikan. Apabila pesawat udara badan usaha angkutan udara, pemegang izin kegiatan angkutan udara bukan niaga dan perusahaan angkutan udara asing mengalami ketidaktepatan waktu pelaksanaan penerbangan lebih dan batas toleransi, maka badan usaha angkutan udara, pemegang izin kegiatan angkutan udara bukan niaga dan perusahaan angkutan udara asing harus mengajukan permohonan slot time baru kepada Penyelenggara Bandar Udara dan Perum LPPNPI setempat. Apabila terjadi ketidak tepatan waktu pelaksanaan penerbangan sebagai mana dimaksud pada angka 7.3, maka Penyelenggara Bandar Udara setempat dan Perum LPPNPI setempat dapat mengubah slot time pada jam yang masih tersedia. Badan usaha angkutan udara, pemegang izin kegiatan angkutan udara bukan niaga dan perusahaan angkutan udara asing, yang tidak melayani penerbangan sesuai dengan persetujuan slot yang telah diberikan wajib menyampaikannya kepada Pengelola Slot Time Bandar Udara.

3.4. Konsumsi bahan bakar pesawat udara Pengertian Menurut Dale Crane (2000), BSFC (*brake specific fuel consumption*) adalah ukuran jumlah total bahan bakar yang digunakan untuk jumlah total tenaga yang dihasilkan dari mesin yang panas. BSFC dinyatakan dalam besar pon dari bahan bakar yang terbakar setiap jam untuk setiap *brake horse-power* yang dihasilkan mesin. Cara penggunaan bahan bakar pesawat udara (efisiensi) Menurut Harshad Khadilkar and Hamsa B. (2011), bahwa, konsumsi bahan bakar pada saat *taxi*

out sering kali ditentukan menggunakan indeks konsumsi bahan bakar yang ditampilkan *International Civil Aviation Organization (ICAO) engine emissions databank*. Indeks konsumsi bahan bakar ICAO menyediakan laju konsumsi bahan bakar hanya untuk penyetelan 4 *engines* (sesuai dengan 7% untuk *taxi/idle*, 30% untuk *approach*, 85% untuk *climb-out*, dan 100% untuk *take off*), dan sesuai dengan perkiraan yang disediakan oleh perusahaan manufaktur mesin.

3.5. Faktor-faktor yang mempengaruhi konsumsi bahan bakar pesawat udara

- *Airport surface congestion* Menurut Simaiakis, dkk (2011), *airport surface congestion* menghasilkan kenaikan yang signifikan dalam waktu *taxi*, pembakaran bahan bakar, dan emisi di bandara-bandara utama.
- *Stoichiometric Mixture* Menurut Dale Crane (2000), penghematan bahan bakar yang maksimum diperoleh dengan menggunakan campuran yang mendekati stoikiometrik.
- Tipe *idle discharges holes in the throttle body*. Menurut Dale Crane (2000), Ada beberapa tipe untuk *idle discharges holes* dalam *throttle body* dimana tekanan yang terendah terjadi ketika *throttle valve* tertutup. Ketika *valve* tidak beraturan, arus dari lubang yang terbesar akan tertutup, dan saat itulah terjadi peningkatan bahan bakar yang dilepaskan ke dalam *air stream*.

3.6. Bandara Internasional Soekarno-Hatta Jakarta, Bandar udara Internasional Soekarno-Hatta adalah bandar udara yang berlokasi di Tangerang, Banten. Saat ini Bandara Soekarno Hatta merupakan Bandara pengumpul (Hub) terbesar yang ada di Indonesia. Melayani ribuan penerbangan baik Domestik maupun Inter

nasional. Memiliki 2 buah landasan yang sejajar (paralel), yang masing-masing landasan memiliki panjang kurang lebih 3600 meter. Bandara Soekarno Hatta dioperasikan oleh PT. Angkasa Pura II sebagai pengelola Bandara, sedangkan untuk jasa navigasi penerbangan, diberikan oleh Perum LPPNPI (Airlines Indonesia) Kantor Cabang Jakarta *Air Traffic Service Center* (JATSC) (Sumber: www.bandara-soekarno-hatta.com)

4. HASIL PENELITIAN

Hasil penelitian terdahulu merupakan referensi bagi Peneliti untuk melakukan penelitian ini. Penelitian terdahulu yang dijadikan sebagai referensi dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut:

- Menurut I. Simaiakis, dkk (2011), Bahwa kepadatan di permukaan bandar udara menyebabkan peningkatan yang signifikan terhadap waktu *taxi*, pembakaran bahan bakar dan emisi emisi di bandar udara utama. Pendekatan di jurnal ini menentukan tingkat yang disarankan untuk mengukur *pushback* dari *gate*, untuk mencegah permukaan bandara menjadi padat dan mengurangi waktu yang penerbangan habiskan dengan mesin yang menyala pada saat *taxi* ke *runway*. Hasil penelitian ini menunjukkan keuntungan yang dapat diraih sangat signifikan melalui strategi ini: diuji selama 84 jam di bulan Agustus dan September 2010, bahan bakar yang digunakan di perkiraan berkurang sampai 12.000-15.000 kg (3.900-4.900 *US gallons*), sementara waktu yang dibutuhkan pesawat untuk *pushback* dari *gate* meningkat dengan rata-rata hanya 4.3 menit.
- Menurut Lu Hao, dkk (2016), strategi menghemat bahan bakar untuk transportasi udara yaitu menahan pesawat di *gate*, atau suatu tempat, sampai pesawat udara bisa *taxi* tanpa terhambat ke *departure runway*. Hasil penelitian ini menunjukkan pengurangan *taxi delay* akan mengurangi keseluruhan konsumsi bahan bakar pesawat udara sekitar 1%.
- Menurut Minda Mora (2014), penelitian ini menjelaskan tentang 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.
- Menurut Suyono Wiryatmojo (2014), penelitian ini menjelaskan perhitungan emisi Gas Rumah Kaca yang dihasilkan pesawat udara di Indonesia pada tahun 2012 dan prediksi gas rumah kaca sampai dengan tahun 2030. Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan bahwa emisi GRK pesawat udara di Indonesia pada tahun 2012 didominasi oleh gas CO₂ yaitu sebesar 8.145kTon (99.7%) sedangkan emisi gas hidrokarbon sebesar 1,04kTon. Pada tahun 2030, emisi gas rumah kaca pesawat udara di Indonesia diprediksi mencapai 16.814kTon.
- Menurut Wahyu Purwanta (2014), Penelitian ini menjelaskan tentang polutan yang dihasilkan dari mesin-mesin pesawat udara (exhaust gas

pollution) perlu diperhatikan dampak buruknya terhadap lingkungan, meskipun hanya menyumbang sekitar 3% dari total emisi udara dunia tapi dengan banyaknya pesawat udara komersial yang beroperasi dari hari kehari semakin meningkat, maka angka persentase emisi tersebut diprediksi akan meningkat. Dari hasil perhitungan dalam studi ini diperoleh total emisi GRK (CO₂ dan CH₄) sebesar 8.171,04 kTon CO₂ eq terdiri atas emisi saat LTO 1.203,5 kTon CO₂ eq (15%) dan saat cruise sebesar 6.967,5 kTon CO₂ eq (85%) basis data 2012. Emisi GRK didominasi oleh gas CO₂ (99,7%) sedangkan hidrokarbon kurang dari 0,3%. Emisi GRK pesawat udara pada saat tahap cruise sangat dominan mencapai 85% dari emisi total.

Perbedaan dengan penelitian yang akan diteliti yaitu:

- Penelitian yang peneliti lakukan tidak sampai dengan membuat rancangan solusi bagaimana mengatasi *airport surface congestion*.
- Penelitian yang peneliti lakukan tidak sampai dengan membuat strategi *gate hold* untuk mengatasi hal *airport surface congestion*.
- Penelitian yang peneliti lakukan juga meneliti seberapa besar pengaruh *airport surface congestion* terhadap konsumsi bahan bakar pesawat udara sedangkan dalam penelitian Minda Mora dan Tito Yusmar tidak diteliti.
- Peneliti tidak meneliti terlalu dalam mengenai profil emisi gas rumah kaca.

5. KERANGKA BERFIKIR



Gambar 2. Kerangka Berfikir

Berdasarkan kerangka berfikir yang telah peneliti gambarkan di atas, peneliti berfikir jika pergerakan lalu lintas penerbangan di permukaan padat, maka akan menyebabkan antrian yang panjang di *holding point runway* dan beban kerja yang tinggi pada petugas pemandu lalu lintas udara. Kemudian, jika antrian yang panjang terjadi di *holding point runway*, maka akan menyebabkan terjadinya *taxi out delay*. Selanjutnya, jika *taxi out delay* yang terjadi cukup lama, maka akan mempengaruhi konsumsi bahan bakar pesawat udara dan terjadinya keterlambatan jadwal penerbangan. Setelah itu, jika terjadi pemborosan konsumsi bahan bakar pesawat udara, maka akan mempengaruhi pemanasan global.

6. HIPOTESIS PENELITIAN

Berdasarkan kerangka berfikir yang telah peneliti paparkan di atas, peneliti mengajukan hipotesis bahwa “Diduga terdapat pengaruh signifikan yang positif antara *airport surface congestion* terhadap konsumsi bahan bakar pesawat udara.”

7. METODOLOGI

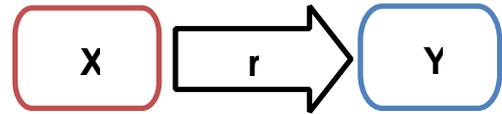
Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode statistik deskriptif

korelasional dengan menggunakan pendekatan kuantitatif, yakni mencari hubungan *airport surface congestion* terhadap konsumsi bahan bakar pesawat udara. Statistik deskriptif adalah statistik yang digunakan untuk mendeskripsikan atau menggambarkan data yang telah terkumpul sebagaimana adanya tanpa bermaksud membuat kesimpulan yang berlaku untuk umum atau generalisasi (Sugiyono: 2018:147).

Variabel Penelitian Dalam penelitian ini, peneliti membagi variabel-variabel yang akan diteliti menjadi dua, yaitu:

- Variabel Independen atau Variabel Bebas (X) Variabel ini sering disebut sebagai variabel *stimulus, predictor, antecedent*. Dalam bahasa Indonesia sering disebut sebagai variabel bebas. Variabel bebas adalah variabel yang memengaruhi atau yang menjadi sebab perubahannya atau timbulnya variabel dependen/terikat (Sugiyono:2018:39). Dalam penelitian ini yang dinyatakan sebagai variabel independen atau variabel bebas adalah *airport surface congestion*, karena variabel ini akan mempengaruhi konsumsi bahan bakar pesawat udara.
- Variabel Dependen atau Variabel Terikat (Y) Variabel terikat merupakan variabel yang dipengaruhi atau yang menjadi akibat, karena adanya variabel bebas (Sugiyono: 2018:39). Dalam penelitian ini yang dinyatakan sebagai variabel yang dependen atau variabel terikat adalah konsumsi bahan bakar pesawat udara di Bandar Udara Soekarno-Hatta. Paradigma penelitian dapat dilihat di bawah ini:

- Paradigma penelitian ini terdiri atas satu variabel independen dan dependen yaitu:



X = *airport surface congestion*
Y = konsumsi bahan bakar pesawat udara

- Definisi konseptual konsumsi bahan bakar pesawat udara adalah suatu kuantitas bahan bakar dari penggunaan mesin pesawat udara selama periode tertentu, seperti konsumsi bahan bakar ketika pesawat *taxi out, take off, climbing, cruising, descending, landing, dan taxi in*.
- Definisi Operasional konsumsi bahan bakar pesawat udara adalah skor total yang diperoleh berdasarkan hasil pengumpulan data dari JATSC terhadap kelancaran arus lalu lintas penerbangan, apakah lancar atau terjadi penundaan.

Tujuan operasional dalam penelitian ini secara umum adalah untuk memperoleh data empiris tentang Pengaruh Airport Surface Congestion terhadap Konsumsi Bahan Bakar Pesawat Udara di Bandar Udara Internasional Soekarno Hatta di Tangerang Banten. Adapun tujuan operasional penelitian ini secara khusus, sebagai berikut:

- Untuk memperoleh data empiris apakah *airport surface congestion* memengaruhi konsumsi bahan bakar pesawat udara.
- Untuk memperoleh data empiris seberapa besar pengaruhnya *airport surface congestion* terhadap kebutuhan konsumsi bahan bakar pesawat udara.

7. POPULASI DAN SAMPEL PENELITIAN

1	2	3	4	5	6	7
			1. Kecepatan gerak pesawat			
			2. Waktu tunggu			
			3. Jumlah pesawat			
			4. Jumlah penumpang			
			5. Jumlah kru			
			6. Jumlah bahan bakar			
			7. Jumlah waktu			

Populasi penelitian ini adalah waktu pelayanan *aerodrome control tower* perum LPPNPI cabang JATSC bulan Januari sampai dengan Juni 2019. Sampel Penelitian Sampel penelitian dipilih dari populasi berdasarkan teknik *sampling purposive* yaitu pada saat libur Hari Raya Idul Fitri dari tanggal 22 Mei sampai dengan 20 Juni 2019 yang merupakan *peak season* periode tersebut. *Sampling Purposive* adalah teknik penentuan sampel dengan pertimbangan tertentu (Sugiyono: 2018:85).

Tabel 2 Penggunaan Statistik Parametris dan Non Parametris untuk Menguji Hipotesis

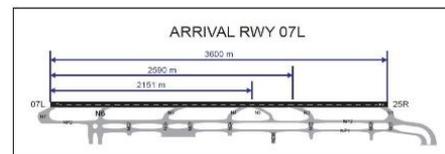
Macam Data	Bentuk Hipotesis					
	Deskriptif (Satu Variabel atau Satu Sampel)	Komparatif (2 sampel)		Komparatif (lebih dari 2 sampel)		Asosiatif (hubungan)
		Related	Independen	Related	Independen	
1	2	3	4	5	6	7
Nominal	1. Binominal 2. χ^2 satu sampel	Mc Nemar	1. Fisher Exact Probability 2. χ^2 dua sampel	Cochran Q	χ^2 untuk k sampel	Contingency Coefficient C
Ordinal	Run Test	1. Sign Test 2. Wilcoxon MACTest	1. Median test 2. Mann-Whitney Utest	Fried Two-Way Anova	1. Median Extension 2. Kruskal Wallis One Way Anova	1. Spearman Rank Correlation 2. Kendall Tau

Sumber: Sugiyono, 2018

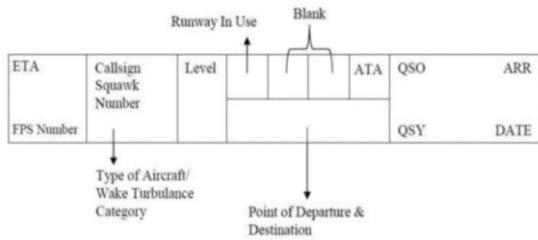
8. HASIL DAN PEMBAHASAN PENELITIAN

Gambaran umum obyek penelitian adalah Bandar Udara Internasional Soekarno-Hatta, yang di Tangerang terletak di Provinsi Banten dengan koordinat 06°07'25" LS 106°39'40" BT di sebelah Barat Laut Ibukota Republik Indonesia, Jakarta dengan jarak 20,22 km (10,92 NM) dan berada pada ketinggian 34 feet diukur dari *mean sea level*. Bandar udara ini dikelola oleh PT Angkasa Pura II (Persero) dan pelayanan navigasi penerbangannya dikelola oleh *Air Navigation Services* Perum LPPNPI Kantor Cabang Jakarta *Air Traffic Service Centre* (JATSC) dengan ICAO Code WIII dan IATA Code CGK memiliki *parallel runway* dengan *runway designator* 07L dengan 25R dan 07R dengan 25L yang masing-masing *runway* memiliki dimensi 3600 x 60 m.

Setiap masing-masing *runway* dihubungkan dengan 16 *apron* (*Apron A, Apron B, Apron C, Apron Cargo, Remote Apron B, Remote Apron C, Apron D, Apron E, Apron F, Remote Apron D, Remote Apron E, Remote Apron F, Apron G* (G11 sampai G14), *Apron G, Apron H* dan *Apron I*) melalui 44 *taxiway* (*Taxiway EC1, Taxiway EC2, Taxiway NP1, Taxiway NP2, Taxiway N1, Taxiway N2, Taxiway N3, Taxiway N4, Taxiway N5, Taxiway N6, Taxiway N7, Taxiway NPE, Taxiway NPW, Taxiway NC1, Taxiway NCX, Taxiway NC2, Taxiway NCM, Taxiway NC4, Taxiway NCY, Taxiway NC5, Taxiway NCZ, Taxiway WC1, Taxiway WC2, Taxiway SP1, Taxiway SP2, Taxiway SPW, Taxiway S1, Taxiway S2, Taxiway S3, Taxiway S4, Taxiway S5, Taxiway S6, Taxiway S7, Taxiway S8, Taxiway S9, Taxiway SC1, Taxiway SC2, Taxiway SC3, Taxiway SC4, Taxiway SCX, Taxiway SC5, Taxiway SC6, Taxiway SC8, dan Taxiway SC9*). Dengan prasarana *taxiway* diatas tersebut dapat menjadikan *runway* lebih efisien dalam penggunaannya untuk membantu proses pelayanan lalu lintas udara, seperti dapat mengurangi *runway occupancy time* dengan cara ditetapkan nya posisi untuk *take-off from intersection* bagi pesawat yang akan *take-off* (lihat gambar 3 sampai 6 halaman 43 sampai 44) dan posisi *rapid exit taxiway* bagi pesawat yang akan *landing* (lihat gambar 7 sampai 10 di halaman 44 sampai 45).



Gambar 3. *Take-off from intersection for departure runway 07L*



Gambar 12. *Flight progress strip for arrival flight pada aerodrome control tower (TWR)*

9. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Dalam mengolah data, peneliti menggunakan data dalam penerbangan domestik/penerbangan internasional di Bandar Udara Internasional Soekarno-Hatta, yang di Tangerang, Banten pada tanggal 22 Mei sampai dengan 20 Juni 2019. Data yang digunakan adalah waktu aktual *push-back* dari *apron* setiap penerbangan, waktu aktual *take off* setiap penerbangan, maskapai penerbangan dan nomor penerbangan, tempat parkir (*parking stand*) dan *runway* yang digunakan, dan jenis pesawat udara. Kemudian dari data waktu aktual *push-back* dan waktu aktual *take off* akan didapat data aktual *taxiout* setiap penerbangan. Data tersebut diperoleh dari *flight progress strip aerodrome control tower (TWR)* yang telah didokumentasikan dan diolah oleh unit ATFM. Kemudian, data konsumsi bahan bakar dihitung pada kondisi *taxi-out* aktual dan pada kondisi *taxi-out* pesawat yang tidak terhambat. Konsumsi bahan bakar dihitung dengan mengasumsikan bahwa setiap penerbangan memasang *setting* mesin dalam keadaan 7% *throttle* dan semua pesawat udara yang beroperasi pada tanggal 22 Mei sampai dengan 20 Juni 2019 menggunakan mesin CFMI CFM56-7B26E. Data konsumsi bahan bakar akan didapatkan dengan cara mengkalikan waktu *taxi-out* dengan data *specific fuel burn coefficient* untuk tipe mesin pesawat udara yang

diperoleh dari *ICAO Engine Emission Database*.

Berikutnya pada tabel 3 di bawah ini, peneliti akan memaparkan jumlah pergerakan keseluruhan *traffic departure* pada saat libur hari raya Idul Fitri tahun 2019 (Tanggal 22 Mei – 20 Juni 2019).

JUMLAH PERGERAKAN TRAFFIC DEPARTURE PADA SAAT LIBUR HARI RAYA IDUL FITRI TAHUN 2019		
NO	TANGGAL	JUMLAH TRAFFIC DEPARTURE
1	22/05/2019	430
2	23/05/2019	430
3	24/05/2019	444
4	25/05/2019	450
5	26/05/2019	483
6	27/05/2019	445
7	28/05/2019	498
8	29/05/2019	558
9	30/05/2019	588
10	31/05/2019	588
11	01/06/2019	595
12	02/06/2019	581
13	03/06/2019	542
14	04/06/2019	478
15	05/06/2019	424
16	06/06/2019	438
17	07/06/2019	496
18	08/06/2019	574
19	09/06/2019	605
20	10/06/2019	584
21	11/06/2019	571
22	12/06/2019	555
23	13/06/2019	527
24	14/06/2019	538
25	15/06/2019	543
26	16/06/2019	585
27	17/06/2019	533

Jumlah Pergerakan *Traffic Departure* pada saat Libur Hari Raya Idul Fitri Tahun 2019 (Tanggal 22 Mei – 20 Juni 2019). *Sumber: Perum LPPNPI Cabang JATSC dan diolah Peneliti, Juli, 2019*, berdasar kan tabel di atas menjelaskan bahwa pada tanggal 22 Mei – 20 Juni 2019 pergerakan *traffic departure* mencapai 15611. Setelah itu, karena adanya penambahan *parking stand* baru dan belum ada data mengenai *estimate taxi out time (EXOT) parking stand* tersebut, dan keterbatasan waktu Peneliti untuk meneliti lebih lanjut, data *traffic departure* yang menggunakan *parking stand* baru tersebut tidak diteliti. Data yang akan diteliti = seluruh data *traffic departure* yang menggunakan *parking stand* baru data yang akan diteliti = $15611 - 1361 = 14250$, sehingga data yang akan diteliti sebesar 14250 *traffic*. Kemudian dari data *traffic* yang akan diteliti di atas, peneliti akan menentukan pesawat yang *delay* (waktu *taxi out* aktualnya melebihi waktu *taxi out* tanpa hambatan atau EXOT) dan pesawat yang *on time* (waktu *taxi out* aktualnya kurang dari atau sama dengan waktu *taxi out* tanpa hambatan atau

EXOT) (lihat lampiran 4 di halaman 91). Hasil penentuan ini dipaparkan pada tabel 4 di halaman 52.

No	Tanggal	ACID	ATYPE	ATD	ADEP	ADES	TAXI TIME	TAXIOUT TIME	EXOT	DELAY	Parking	RWY
1	22/05/2019	GIA2XX	B738	01:58	WIII	WAHQ	01:49	00:09	00:08	DELAY	G57	25R
2	22/05/2019	QTR5XX	B788	02:07	WIII	OTHQ	01:52	00:15	00:08	DELAY	G19	25R
3	22/05/2019	CTV7XX	A320	02:07	WIII	WARA	02:00	00:07	00:09	ONTIME	C13	25L
4	22/05/2019	LN16XX	B739	02:11	WIII	WADL	02:03	00:08	00:08	ONTIME	B31	25L
2861	29/05/2019	BTK71XX	B739	00:02	WIII	WMKP	23:57	00:05	00:09	ONTIME	F41	25R
2862	29/05/2019	ANA8XX	B788	00:04	WIII	RJTT	00:00	00:04	00:08	ONTIME	G33	25R
2863	29/05/2019	GIA2XX	B738	00:46	WIII	WMMN	00:38	00:08	00:08	ONTIME	G61	25R
6429	05/06/2019	LN13XX	B738	00:12	WIII	WMMN	00:03	00:09	00:08	DELAY	B13	25L
6429	05/06/2019	AIW22XX	A322	00:08	WIII	VTBD	00:01	00:07	00:10	ONTIME	R59	25R
6430	05/06/2019	GIA0XX	B738	00:06	WIII	WILL	00:01	00:05	00:08	ONTIME	G45	25R
14248	20/06/2019	AIW22XX	A322	23:39	WIII	WMKP	23:29	00:10	00:09	DELAY	F41	25R
14249	20/06/2019	BTK68XX	B738	23:59	WIII	WMMN	23:46	00:13	00:09	DELAY	E42	25R
14250	20/06/2019	GIA2XX	CRJX	23:41	WIII	WIMS	23:35	00:06	00:09	ONTIME	R81	25R

Tabel 4 Data Traffic Pesawat On Time dan Delay Sumber : Perum LPPNPI Cabang JATSC dan diolah Peneliti, Juli, 2019

Dari tabel 4 menampilkan data pesawat yang mengalami delay dan pesawat yang on time pada tanggal 22 Mei - 20 Juni 2019. Kemudian dari seluruh pergerakan traffic sebelumnya, peneliti akan menghitung jumlah pesawat yang waktu taxi out aktualnya melebihi waktu taxi out tanpa hambatan juga menghitung waktu delay pesawat tersebut dan dipaparkan pada tabel 5 di bawah ini.

JUMLAH PESAWAT YANG WAKTU TAXI OUT AKTUALNYA MELEBIHI WAKTU TAXI OUT TANPA HAMBATAN			
NO	TANGGAL	JUMLAH PESAWAT	TOTAL WAKTU KETERLAMBATAN (MENIT)
1	2	3	4
1	22/05/2019	61	233
2	23/05/2019	54	130
3	24/05/2019	85	263
4	25/05/2019	71	217
5	26/05/2019	58	159
6	27/05/2019	63	183
7	28/05/2019	71	216
8	29/05/2019	129	424
9	30/05/2019	139	486
10	31/05/2019	121	396
11	01/06/2019	141	557
12	02/06/2019	140	561
13	03/06/2019	127	445
14	04/06/2019	38	358
15	05/06/2019	38	150
16	06/06/2019	42	213
17	07/06/2019	73	297
18	08/06/2019	124	769

Tabel 5 Jumlah Pesawat dan Waktu Delay Pesawat yang Waktu Taxi Out Aktualnya Melebihi Waktu Taxi Out tanpa Hambatan. Sumber Perum LPPNPI Cabang JATSC dan diolah Peneliti, Juli, 2019

Dari tabel di atas menjelaskan bahwa jumlah total pesawat yang mengalami keterlambatan pada tanggal 22 Mei - 20 Juni 2019 sejumlah 3112 dan jumlah waktu taxi out delay yang terjadi sejumlah 12451 menit. Ini menunjukkan bahwa persentase pesawat departure yang taxi out on time pada peak season tersebut mencapai 78%, sedangkan yang mengalami delay mencapai 22%.

Jumlah pesawat yang mengalami keterlambatan ini akan dijadikan koefisien X dalam penelitian ini. Setelah mendapat jumlah waktu taxi out delay yang terjadi, peneliti akan menghitung jumlah konsumsi bahan bakar yang dikeluarkan pesawat pada saat taxi out delay dan akan dipaparkan pada tabel 6 di halaman 55.

JUMLAH KONSUMSI BAHAN BAKAR			
NO	TANGGAL	TOTAL WAKTU KETERLAMBATAN (MENIT)	TOTAL KONSUMSI BAHAN BAKAR (KG/SEC)
1	22/05/2019	233	1509,94
2	23/05/2019	130	842,4
3	24/05/2019	263	1704,24
4	25/05/2019	217	1408,18
5	26/05/2019	159	1033,32
6	27/05/2019	183	1185,84
7	28/05/2019	219	1399,88
8	29/05/2019	424	2747,52
9	30/05/2019	486	3149,28
10	31/05/2019	396	2588,08
11	01/06/2019	557	3609,38
12	02/06/2019	561	3635,28
13	03/06/2019	445	2883,6
14	04/06/2019	358	2319,84
15	05/06/2019	150	972
16	06/06/2019	213	1389,24
17	07/06/2019	297	1865,38
18	08/06/2019	769	4983,12
19	09/06/2019	862	5589,78
20	10/06/2019	339	2177,38
21	11/06/2019	530	3434,4
22	12/06/2019	411	2683,28
23	13/06/2019	289	1743,12
24	14/06/2019	450	2910
25	15/06/2019	758	4911,84
26	16/06/2019	542	3512,18
27	17/06/2019	467	3029,58
28	18/06/2019	820	4017,6
29	19/06/2019	650	4212
30	20/06/2019	509	3288,32
TOTAL		12451	80682,48

Tabel 6 Jumlah Konsumsi Bahan Bakar yang Dikeluarkan Pesawat pada saat TaxiOut Delay. Sumber: Peneliti, Juli 2019.

Dari tabel 6 menjelaskan bahwa pada tanggal 22 Mei - 20 Juni 2019 jumlah total konsumsi bahan bakar yang dikeluarkan sebesar 80.682,48 kg. Jumlah konsumsi bahan bakar pesawat yang mengalami keterlambatan ini akan dijadikan koefisien Y pada penelitian ini.

10. KESIMPULAN

- Kegiatan penerbangan di Bandar Udara Internasional Soekarno-Hatta saat ini masih mengalami fenomena kepadatan pergerakan di permukaan hingga menyebabkan pada tanggal 22 Mei sampai dengan 20 Juni 2019 terdapat 3112 pesawat mengalami keterlambatan ketika taxi out dan mempengaruhi konsumsi bahan bakar pesawat udara sampai jumlah total bahan bakar yang terbuang. ketika menunggu di taxiway sebesar 80,682 ton.

- *Airport surface congestion* yang terjadi di Bandar Udara Internasional Soekarno-Hatta sangat mempengaruhi konsumsi bahan bakar pesawat udara yaitu dengan nilai koefisien korelasi dan determinasi sebesar 0,9001 dan 0,81. Ini berarti bahwa pengaruh *airport surface congestion* terhadap konsumsi bahan bakar sebesar 81% dan 19% lainnya dipengaruhi faktor-faktor lain yang tidak diteliti.

11. SARAN

- Perlu adanya pengkajian penerapan sistem DMAN sehingga pesawat akan mendapatkan jadwal *take off* yang pasti dan dalam proses penggunaan *runway* tidak terdapat dua atau lebih pesawat udara menggunakannya secara bersamaan pada suatu waktu.
- Kemudian juga dapat mengkaji tentang penerapan strategi *Pushback Rate Control* untuk mengatur tingkat di mana pesawat *pushback* dari *gate* mereka selama periode *departure demand* yang tinggi sehingga bandara tidak mengalami kepadatan yang berlebihan dan tidak diinginkan.
- Perlu adanya penelitian lebih lanjut untuk menanggulangi terjadinya *airport surface congestion* karena pengaruhnya yang sangat besar terhadap konsumsi bahan bakar.

12. REFERENSI

AirNav Indonesia, Peraturan Direksi Perusahaan Umum (Perum) Lembaga Penyelenggara Pelayanan Navigasi Penerbangan Indonesia Nomor PER. 007/LPPNPI/X/2017

tentang Organisasi dan Tata Letak Laksana Perusahaan Umum Lembaga Penyelenggara.

AirNav Indonesia, Peraturan Direksi Perusahaan Umum Lembaga Penyelenggara Pelayanan Navigasi Penerbangan Indonesia Nomor PER. 008/LPPNPI/X/2017 tentang Organisasi dan Tata Letak Laksana Perusahaan Umum Lembaga Penyelenggara Pelayanan Navigasi Penerbangan Indonesia Cabang Jakarta *Air Traffic Service Center (JATSC)*, Tangerang: Direksi Direktur Utama.

AirNav Indonesia, Surat Nomor: 08.03/01/LPPNPI/02/2018/562 perihal Revisi *Declared Runway Capacity Bandara Soekarno Hatta*, Tangerang: *General Manager* Cabang Utama JATSC.

Aminarno Budi Pradana, Metode Penelitian Ilmiah, Curug Sekolah Tinggi Penerbangan Indonesia, 2019.

Ashford, Norman J, *Influence of Aircraft Movement Balancing towards Airport Performance Improvement (Case Study: Soekarno-Hatta Internasional Airport)*, 1991.

Böhme, Dietmar, *Tactical Departure Management With The Eurocontrol/Dlr Dman*, Germany, 2004

Bps.go.id, Jumlah Penumpang yang Berangkat pada Penerbangan Domestik di Bandara Utama Indonesia, 2006-2019 (Orang). [Online].

<https://www.bps.go.id/dynamictable/2015/03/10/812/jumlah-penumpang-yang-berangkat-pada-penerbangan-domestik-di-bandara>
<https://www.bps.go.id/dynamictable/2015/03/10/812/jumlah-penumpang-yang-berangkat-pada-penerbangan->

- domestik-di-bandara-utama-indonesia-2006-2019-orang.htmlutama-indonesia-2006-2019-orang-.html
- Crane, Dale, *Aviation Maintenance Technician Series: Powerplant*, Washington, 2000.
- Direktur Jenderal Perhubungan, KP 112 Tahun 2017 tentang Tata Cara Alokasi Ketersediaan Waktu Terbang (*Slot Time*) Bandar Udara.
- Fleuti, Emanuel, Maraini, Silvio, *Taxi-Emissions at Zurich Airport: Calculation Analysis and Opportunities*, Zurich, 2017
- Hao Lu, dkk, *Estimating Fuel Burn Impacts Of Taxi-Out Delay with Implications for Gate-Hold Benefits*, USA: Elsevier, 2016.
- International Civil Aviation Organization, *ICAO Engine Emissions Databank*. Montreal, 2007
- International Civil Aviation Organization, Doc. 9426-OPS/611, *Air Traffic Services Planning Manual*, 1984.
- International Civil Aviation Organization, Doc. 4444, *Air Traffic Management, 16th Edition*, Montreal, 2016.
- International Civil Aviation Organization, Doc. 9971, *Manual on Collaborative Air Traffic Flow Management (ATFM), 3rd Edition*, Montreal: Secretary General, 2018.
- Khadilkar, Harshad, Balakrishnan, Hamsa, *Estimation of Aircraft Taxi-out Fuel Burn using Flight Data Recorder Archives*, Cambridge: Massachusetts Institute of Technology, 2011.
- Menteri Perhubungan, PM no 69 Tahun 2013 tentang *Tatanan Kebandaraan Nasional*.
- Menteri Perhubungan, PM 89 Tahun 2015 tentang Penanganan Keterlambatan Penerbangan (*Delay Management*) pada Badan Usaha Angkutan Udara Niaga Berjadwal di Indonesia.
- Minda Mora, Tito Yusmar, Pengaruh Kepadatan Lalu Lintas Penerbangan pada saat *Taxi-Out* terhadap Konsumsi Bahan Bakar Pesawat Udara (Studi Kasus: Bandar Udara Internasional Soekarno Hatta), Jakarta: Jurnal Perhubungan Udara Warta Ardhia, 2014.
- Pelayanan Navigasi Penerbangan Indonesia Kantor Pusat, Tangerang: Direksi Direktur Utama.
- PHARE, DOC 98-70-18 (Volume 5 of 10) Advanced Tools Departure Manager Final Report*, Europe, 1999.
- Roosens, Paul, *Congestion And Air Transport: a challenging phenomenon*, Antwerp: Department of International Economics, International Management and Diplomacy, 2008.
- Simaiakis, I, dkk, *Demonstration Of Reduced Airport Congestion Through Pushback Rate Control*, Cambridge: MIT International Center for Air Transportation (ICAT), 2011.
- Simaiakis, Ioannis, Balakrishnan, Hamsa, *Impact of Congestion on Taxi Times, Fuel Burn, and Emissions at Major Airport*, Washington: Transportation Research Board of the National Academies, 2010.

Sugiyono, Prof., Dr., Statistika untuk Penelitian, Bandung: Alfabeta, 2008

Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan RnD, Bandung: Alfabeta, 2018.

Suyono Wiryoatmojo, Emisi Gas Rumah Kaca Pesawat Udara di Indonesia, Bandung: Jurnal Perhubungan Udara Warta Ardhia, 2014.

Undang-undang Republik Indonesia no 1 Tahun 2009 tentang *Penerbangan*.

Wahyu Purwanta, Profil Emisi Gas Buang dari Pesawat Udara di sejumlah Bandara Indonesia, Tangerang: Pusat Teknologi Lingkungan, 2014.

Yamada Izumi, dkk, *Numerical Analysis Of Surface Congestion Factors For Modeling Of Taxi-Out Times*, Tokyo: Electronic Navigation Research Institute, 2014.

World Meteorological Organization, *Intergovernmental Panel on Climate Change Special Report on Aviation and the Globa*