

Analisis Dampak Kehilangan Waktu Dan Biaya Operasi Akibat Antrian Pesawat Di Bandara Internasional Soekarno-Hatta

Paulus Raga¹, Novembriani Irenita², Muhammad Fadillah Agustin³

Institut Transportasi dan Logistik Trisakti, Jakarta, Indonesia
Jl. IPN Kebon Nanas No.2, Daerah Khusus Ibukota Jakarta 13410
Email: muhammadfadillahagustin46@gmail.com

Abstrak. Bandar Udara Internasional Soekarno–Hatta merupakan bandar udara utama terbesar di Indonesia dengan fasilitas landasan pacu atau *runway* sebanyak 3 *runway* dengan 2 *runway dependent* dan 1 *runway independent*. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui biaya antri operasional pesawat dan ekspektasi waktu tunggu rata–rata pesawat pada saat melakukan lepas landas dan mendarat tahun 2023 serta dilakukan *forecasting* pada tahun 2025 untuk mengetahui perkembangan pada saat kondisi kembali normal. Dalam penelitian ini dipergunakan metode sistem antrian, data yang digunakan terhitung dari bulan Januari – Desember 2023 dan data tahun 2014 – 2018 untuk analisis peramalan 2025. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa waktu tunggu pesawat pada tahun 2023 yaitu selama 0,00491 jam, dengan pemborosan biaya operasional mencapai Rp 91.594.539.917.00. Dalam hal ini maka Bandar Udara Internasional Soekarno–Hatta dapat meminimalisir waktu dan biaya tersebut dengan menggunakan 3 *runway* secara *independent*, karena biaya yang dikeluarkan untuk melakukan pengoperasian 3 *runway* tersebut sama dengan biaya yang dikeluarkan untuk pengoperasian 2 *runway dependent* dan 1 *runway independent* tetapi waktu dan biaya yang dihasilkan dapat lebih diminimalisir.

Kata kunci: Waktu Antrian, Biaya Konsumsi Pesawat, Sistem Antrian

Abstract. Soekarno-Hatta International Airport is the largest main airport in Indonesia with 3 runway facilities with 2 dependent runways and 1 independent runway. The purpose of this study is to determine the cost of aircraft operational queues and the expected average waiting time of aircraft when taking off and landing in 2023 and forecasting in 2025 to determine developments when conditions return to normal. In this study, the queuing system method is used, the data used is from January - December 2023 and data from 2014 - 2018 for 2025 forecasting analysis. The results of the study showed that the waiting time for aircraft in 2023 was 0.00491 hours, with a waste of operational costs reaching Rp91,594,539,917.00. In this case, Soekarno-Hatta International Airport can minimize the time and cost by using 3 runways independently, because the costs incurred to operate the 3 runways are the same as the costs incurred for operating 2 dependent runways and 1 independent runway but the resulting time and cost can be further minimized.

Keywords: Queuing Time, Aircraft Fuel Consumption, Queuing System

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara kepulauan yang memiliki banyak penduduk. Menurut Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2024 Indonesia memiliki pulau sebanyak 17.001. Oleh karena itu Transportasi merupakan aspek penting bagi negara Indonesia karena dapat digunakan sebagai sarana perpindahan orang dan barang dari suatu tempat ke tempat lain. Transportasi juga merupakan aspek fundamental dalam kehidupan modern yang menghubungkan berbagai aspek kehidupan sosial, ekonomi, dan budaya. Sebagai salah satu elemen kunci dalam pembangunan infrastruktur, sistem transportasi memainkan peran krusial dalam

memfasilitasi pergerakan orang dan barang, serta mendukung pertumbuhan ekonomi dan meningkatkan kualitas hidup.

Seiring dengan berkembangnya peradaban manusia, kebutuhan akan sistem transportasi yang efisien dan efektif semakin meningkat. Awalnya, transportasi bergantung pada metode tradisional seperti pejalan kaki, kuda, dan kereta yang ditarik oleh hewan. Namun, dengan kemajuan teknologi dan inovasi, sistem transportasi telah berevolusi menjadi lebih kompleks dan canggih, mencakup berbagai moda seperti pada moda transportasi udara yaitu pesawat terbang.

Bandar udara adalah fasilitas pesawat terbang untuk memenuhi kebutuhan pesawat terbang dan penumpang itu sendiri. Menurut (JB, 2012) Bandar udara adalah lapangan

terbang yang dipergunakan untuk mendarat dan lepas landas pesawat udara, naik turun penumpang, dan/atau bongkar muat kargo dan /atau pos, serta dilengkapi dengan fasilitas keselamatan penerbangan dan sebagai tempat perpindahan antar moda transportasi. Bandara itu sendiri memiliki dua sisi fasilitas, yaitu fasilitas sisi darat (*land side*) dan juga fasilitas sisi udara (*air side*). Menurut (Azizah et al., 2022) Sisi Udara (*Air Side*) yaitu untuk kegiatan lepas landasnya pesawat dan hanya di khususkan untuk penumpang yang akan berpergian tidak diperuntukkan untuk umum. Keamanan dan pengamanan di dalam area Airside sangat ketat, guna untuk kelancaran dalam kegiatan lepas landasnya pesawat. Penumpang yang akan memasuki pesawat akan terlebih dahulu melakukan pemeriksaan yang ketat. Sedangkan fasilitas sisi darat (*Land side*) menurut (Azizah et al., 2022) yaitu fasilitas yang membantu dalam kegiatan penumpang. Banyak sekali fasilitas-fasilitas yang ada di bagian *Landside*. Seperti area parkir kendaraan penumpang, area keluar masuknya penumpang. Setiap Bandara Udara mempunyai tugas untuk mengelola dan mengembangkan fasilitas-fasilitas yang menunjang, supaya penumpang merasakan kenyamanan menggunakan fasilitas tersebut.

Bandara Internasional Soekarno-Hatta sebagai bandara yang memiliki pergerakan yang padat difasilitasi dengan 3 *runway* dan dapat melayani 1236 perhari pada *peak season*. Oleh karena itu sebagai bandara yang menjadi pusat dalam melayani kota metropolitan JABODETABEK dan sekitarnya baik domestik maupun internasional, ini menjadikan Bandara Soekarno-Hatta menangani lalu lintas udara yang sangat besar setiap harinya, baik penerbangan penumpang, kargo, atau pos di suatu negara maupun antar negara. Ini membuat bandara Soekarno-Hatta menjadi gerbang Pertumbuhan ekonomi yang pesat di Indonesia. Serta menyebabkan peningkatan signifikan dalam jumlah penumpang udara yang menggunakan bandara ini dari waktu ke waktu setiap tahunnya. Dikutip dari laman Kementerian Perhubungan, Jumlah Penumpang Pesawat di Bandara Soekarno-Hatta sudah mulai meningkat hingga 25% dari masa pandemi. Oleh karena itu terjadi antrian pesawat pada saat terutama pada saat *peak season* tahun 2023. Menurut (Junianti et al., 2020) Dengan semakin berkembangnya perekonomian, tentunya akan meningkatkan mobilitas masyarakat yang pada saatnya akan menuntut pelayanan transportasi yang lebih baik dengan tingkat keamanan, keselamatan, kecepatan dan juga kelancaran yang lebih tinggi.

Bandara internasional Soekarno-Hatta ini dikelola oleh PT. Angkasa Pura II (Persero). Bandara ini terletak di kecamatan Benda, kota Tangerang, Provinsi Banten. Dan berjarak sekitar 20 km dari Jakarta Pusat. Bandara ini juga memiliki fasilitas pendukung pesawat yaitu *runway* sejumlah 3 buah. *Runway* 1 berdimensi panjang 3660 meter dan lebar 60 meter, *Runway* 2 juga memiliki dimensi yang sama yaitu 3660m x 60m. Untuk *Runway* 3 memiliki dimensi panjang 3000 meter dan lebar 60 meter. Dengan jarak antara *runway* 2 dan 3 adalah 500 meter, oleh karena itu *runway* ini masih bersifat *dependent*. Tidak boleh

melakukan *takeoff* maupun *landing* secara bersamaan. Sedangkan untuk *runway* 1 dan 2 berjarak 2000 meter, jarak ini sudah cukup untuk kedua *runway* bersifat *independent*. Karena jarak minimum oleh *runway* untuk bisa *independent* adalah sejauh 760 meter dan jarak ideal ICAO adalah 1050 meter.

Ramainya penerbangan di suatu bandara udara tentu menjadi suatu kebanggaan baik bagi perusahaan maupun daerah sekitar. Namun, sebuah antrian tetap bukan menjadi suatu yang diharapkan. Dengan permintaan yang cukup banyak maka tentunya akan memberikan jumlah pergerakan pesawat yang cukup tinggi, oleh karena itu bandara harus meminimalisir antrian itu sendiri, karena antrian akan menimbulkan kerugian dari berbagai aspek. Seperti kerugian dalam waktu bagi penumpang, kerugian dalam biaya operasi pesawat, dan lainlain.

Antrian perlu diminimalisir karena menyangkut kualitas pelayanan, kinerja pelayanan, dan juga biaya operasional yang semakin besar. Perlu ada perbandingan antara *runway* 2 (dua) dan *runway* 3 (tiga) secara penuh, hal ini bertujuan untuk adanya pertimbangan lebih lanjut agar ketiga *runway* dapat dioperasikan sesuai dengan tujuan awal dibangun *runway* tersebut. Diharapkan beroperasinya *Runway* 3 bandara selain bisa menghemat waktu, ke depan akan lebih banyak maskapai asing baru yang bisa masuk ke bandara internasional Soekarno-Hatta. Dengan efektifnya *Runway* 3 untuk menangani lalu-lintas pesawat maka ini dapat mengurangi waktu tunggu sampai penghematan bahan bakar pesawat juga dapat terpengkas. Oleh karena itu, saya memutuskan untuk melakukan studi penelitian terkait permasalahan yang ada dengan judul: “Analisis Dampak Kehilangan Waktu Dan Biaya Operasi Akibat Antrian Pesawat Di Bandara Internasional Soekarno-Hatta”.

2. LANDASAN TEORI

Transportasi adalah alat untuk memindahkan manusia dan barang dari suatu tempat ke tempat lain menggunakan alat tersebut. Menurut (Rita Kurniati, 2021) Transportasi merupakan alat angkut manusia atau barang dari satu tempat ke tempat lainnya dengan menggunakan sebuah kendaraan yang digerakkan oleh manusia atau mesin. Untuk memindahkan barang/jasa dari satu tempat ke tempat yang lain di perlukan adanya jasa angkut. Dari tahun ke tahun transportasi terus menjadi titik tumpu dalam menunjang aktivitas manusia. Oleh karena itu transportasi terus berkembang setiap tahunnya seiring perkembangan teknologi yang ada. Transportasi memegang peranan sangat penting dalam dunia industri. Dimulai pada proses mendatangkan bahan baku produk sampai proses distribusi produk menuju konsumen, seluruh kegiatan ini memerlukan transportasi sebagai perantaranya. Sehingga dapat dikatakan bahwa transportasi itu sendiri adalah bagian tidak terpisahkan dalam proses industri (Putu Decy Arwini & Made Juniastra, 2023).

Sedangkan Sistem Transportasi merupakan komponenkomponen dalam transportasi yang saling berkaitan. Jadi, sistem transportasi adalah suatu jaringan dan metode yang

digunakan untuk memindahkan orang, barang, atau informasi dari satu tempat ke tempat lain. Sistem ini mencakup berbagai elemen seperti infrastruktur (jalan, rel, pelabuhan, bandara), kendaraan (mobil, kereta, kapal, pesawat), serta teknologi dan organisasi yang mendukung pengoperasian dan manajemennya. Bandara merupakan salah satu prasarana memiliki *demand* yang banyak setiap tahunnya, karena dampak dari perkembangan teknologi tersebut maka banyak orang yang beralih ke transportasi udara untuk mendapatkan pelayanan yang cepat dan aman.

Menurut (Rian Riandi et al., 2022) mengenai definisi Bandar Udara, Bandar Udara adalah salah satu tempat publik, sebagai tempat penerbangan, pendaratan, dan atau transit pesawat. Dalam bandara terdapat 2 (dua) sisi yaitu sisi udara dan sisi darat. Sisi udara meliputi *runway*, *taxiway*, *apron*. Sisi darat meliputi terminal, tempat parkir, dan *crub*.

Bandar Udara adalah kawasan di daratan dan/atau perairan dengan batas-batas tertentu yang digunakan sebagai tempat pesawat udara mendarat dan lepas landas, naik turun penumpang, bongkar muat barang, dan tempat perpindahan intra dan antarmoda transportasi, yang dilengkapi dengan fasilitas keselamatan dan keamanan penerbangan, serta fasilitas pokok dan fasilitas penunjang lainnya. (Labaso et al., 2021). Berdasarkan Undang-Undang Nomor 1 Tahun 2009 Tentang Penerbangan, Bandar Udara adalah kawasan di daratan dan atau perairan dengan batas-batas tertentu yang digunakan sebagai tempat pesawat udara mendarat dan lepas landas, naik turun penumpang, bongkar muat barang, dan tempat perpindahan intra dan antarmoda transportasi, yang dilengkapi dengan fasilitas keselamatan dan keamanan penerbangan, serta fasilitas pokok dan fasilitas penunjang lainnya.

Runway atau landasan pacu adalah jalan untuk pesawat dapat melakukan lepas landas (*takeoff*) ataupun mendarat (*Landing*). Landasan pacu ini berbentuk persegi panjang dengan ukuran yang sudah ditentukan oleh ICAO untuk minimum penggunaan tipe-tipe pesawatnya. Wilayah ini juga dijaga keamanan serta kebersihannya. Selain itu Landasan Pacu juga dirancang sedemikian rupa untuk keefektifan pesawat dan juga pilot dalam melakukan *takeoff* ataupun *Landing*. Contohnya seperti pada *Runway* dibuat tanda-tanda atau *marking* yang berfungsi sebagai penanda batasan-batasan yang mempermudah pilot pada saat *takeoff* maupun *Landing*. Arah dalam dibangunnya *Runway* juga dihitung dan ditentukan agar pesawat mendapat performa terbaik dalam beroperasinya sehingga dapat meminimalisir bahan bakar. Pada *Runway* juga disertai dengan Rambu-rambu atau *Signs* yang berfungsi untuk mempermudah pilot serta menjaga keamanan pada *Runway* tersebut. Dalam penelitiannya (Rizki et al., 2020) mengatakan bahwa Landasan pacu Bandar udara merupakan salah satu fasilitas penting dalam *take off / landing* pesawat udara, karena pada area inilah pesawat udara akan berusaha mendapatkan daya angkat melalui kolaborasi antara luasan penampang sayap, masa jenis fluida (udara) dengan kecepatan pesawat dan didukung oleh landasan dengan kondisi

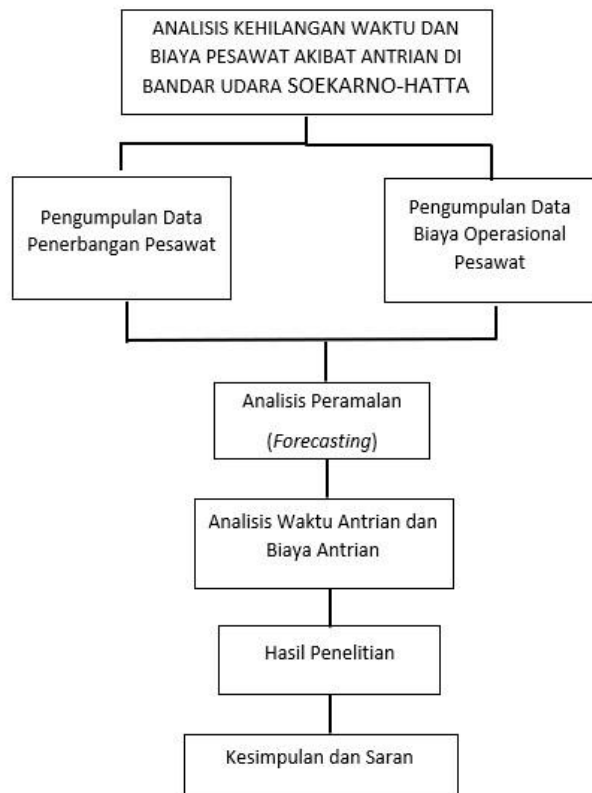
baik. Kondisi landas pacu yang tidak sesuai akan menghambat kecepatan pesawat udara, sehingga menyebabkan pesawat udara kehilangan daya angkat dan daya dorongnya, sehingga tidak bisa melakukan penerbangan.

Menurut (Suprianto et al., 2020) Kapasitas *runway* dapat didefinisikan sebagai kemampuan sistem *runway* untuk mengakomodasi pendaratan dan tinggal landas pesawat yang dinyatakan dalam jumlah operasi pergerakan pesawat per satuan waktu (dalam operasi per jam atau per tahun). Kapasitas Landasan pacu (*Runway*) adalah kapasitas dari sebuah *Runway* berupa jumlah pesawat yang dapat ditangani dalam satuan waktu tertentu. Kapasitas *Runway* ini menentukan atau menggambarkan keberhasilan sebuah bandara dalam menangani penumpang. Biasanya kapasitas *Runway* dihitung dengan satuan perjam sampai pertahun. Di Indonesia itu sendiri bandara dengan kapasitas Landasan Pacu terpadat terdapat pada bandara Internasional Soekarno-Hatta.

Biaya Operasional adalah biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan untuk memenuhi kebutuhan operasional untuk menghasilkan suatu produksi perusahaan. Dalam melakukan suatu produksi, terdapat banyak faktor yang harus dipenuhi untuk dapat menghasilkan produksi tersebut, Seperti halnya biaya langsung, biaya tidak langsung ataupun biaya penyusutan. Menurut (Jumirin & Lubis, 2018) Biaya operasi adalah semua pengeluaran yang langsung digunakan untuk produksi atau pembelian barang atau jasa yang diperdagangkan termasuk didalamnya biaya umum, biaya penjualan, biaya administrasi dan bunga pinjaman. Pada perusahaan jasa ini, biaya operasi terdiri dari biaya operasi langsung dan biaya operasi tidak langsung. Pada prinsipnya semakin kecil biaya operasional maka akan semakin untung suatu perusahaan. Keuntungan yang didapat oleh perusahaan merupakan hasil dari penjualan produksi tersebut, baik itu bidang jasa maupun barang. Sedangkan menurut (Rahmawati1 et al., 2021) Biaya operasional mempunyai pengaruh yang sangat besar terhadap laba, yang menyatakan apabila semakin tinggi biaya operasional yang ada di perusahaan maka laba bersih akan mengalami penurunan. Dan apabila biaya operasional yang dikeluarkan lebih kecil maka akan terjadi kenaikan terhadap laba bersih yang akan didapatkan.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini disusun dengan menggunakan data kuantitatif dari jumlah pergerakan pesawat yang kemudian diolah untuk dilakukan peramalan yang kemudian data tersebut digunakan untuk melakukan analisis antrian dan biaya bahan bakar pesawat. Metode pengumpulan data menggunakan metode observasi dan wawancara di Jakarta Air Traffic Service Center (JATSC) dan dengan pihak-pihak yang berhubungan dengan *airline*.



Gambar 1. Kerangka Berfikir

Teknik Analisis Data

a. Analisis Forecasting

Pada penelitian ini menggunakan analisis metode peramalan kuantitatif dengan jenis *Time Series Forecasting*. Metode *Time series* adalah analisis dengan menggunakan runtutan waktu yang terdiri dari trend, seasonal, cycle, dan random variation. Analisis ini digunakan agar dapat mengetahui jumlah pergerakan pesawat pada tahun 2025 mendatang. Metode peramalan Regresi Linear merupakan metode peramalan yang menggunakan garis lurus untuk menggambarkan dua variabel atau lebih. Regresi Linier menggunakan pola sederhana dengan mengasumsikan bahwa 2 variable dapat dinyatakan dengan suatu garis lurus dengan rumusan. (Yumnau Maulana et al., 2023) Berikut merupakan persamaan linear yang dinyatakan dalam persamaan matematika:

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_nX_n$$

Keterangan:

Y = Variabel Terikat
a = Konstanta b₁, b₂
= Koefisien regresi
X₁, X₂ = Variabel bebas

b. Analisis Antrian Secara umum λ disebut sebagai laju kedatangan dan μ disebut sebagai laju layanan serta pemodelan ini untuk menentukan jika hasilnya dapat digunakan untuk memodifikasi sistem antrian. (Susetyadi, 2012) Analisis antrian pada penelitian ini yaitu dimulai pada saat pesawat memasuki antrian hingga takeoff, hal ini digunakan untuk mengolah data pesawat keberangkatan dan kedatangan pada tahun 2023 dengan menyesuaikan kapasitas runway pada Bandar Udara SoekarnoHatta.

Model yang digunakan dalam antrian pesawat di Bandar Udara Soekarno-hatta ini adalah model antrian Multi Channel Single Phase dengan notasi (M/M/c/FCS/K/∞), yaitu dengan rumusrumus sebagai berikut:

Probabilitas 0 pelanggan :

Ekspektasi unit antrian :

Ekspektasi waktu antrian :

$$ED = \frac{ENq}{\lambda \left(1 - \frac{\lambda^K}{c! c^{K-c} \mu^K} P_0 \right)}$$

Ekspektasi waktu sistem :

$$EW = \frac{ENq}{\lambda \left(1 - \frac{\lambda^K}{c! c^{K-c} \mu^K} P_0 \right)} + \frac{1}{\mu}$$

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{n=0}^{c-1} \frac{\lambda^n}{n! \mu^n} + \frac{\lambda^c}{c!} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^c \left(\frac{1 - \left(\frac{\lambda}{c\mu} \right)^{K-c+1}}{1 - \frac{\lambda}{c\mu}} \right)}$$

Ekspektasi unit sistem :

$$ENq = P_0 \frac{1}{\mu} \frac{\lambda^c}{c!} \left(\frac{1 - (K-c+1) \left(\frac{\lambda}{c\mu} \right)^{K-c} + (K-c) \left(\frac{\lambda}{c\mu} \right)^{K-c+1}}{\left(1 - \frac{\lambda}{c\mu} \right)^2} \right) \text{ untuk } \frac{\lambda}{c\mu} \neq 1$$

c. Analisis Biaya Bahan Bakar Pesawat

Biaya operasional pesawat yang dimaksud adalah biaya tambahan yang dikeluarkan akibat rata-rata waktu antrian pesawat. Dengan melakukan perhitungan perkalian antara

konsumsi bahan bakar masing-masing tipe pesawat udara per jam, dengan nilai rata-rata waktu menunggu proses penerbangan. (Susetyadi, 2013) Seperti halnya bahan bakar pesawat. ketika pesawat mengantri pada saat ingin melakukan *takeoff* maka pesawat tentu akan mengeluarkan bahan bakar lebih karena harus menunggu antrian pesawat dengan posisi mesin menyala. Berikut rumus yang digunakan untuk menghitung kerugian bahan bakar pesawat:

$$(AOC \times Wq) \times C$$

Keterangan:

AOC = Biaya operasional pesawat

C = Total jumlah pesawat

Wq = Waktu rata-rata antrian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Terdapat 3 Landasan Pacu pada Bandar Udara SoekarnoHatta. Dengan Runway 1 pada bagian selatan dengan nomor Runway 07R/25L dengan dimensi 3600 m x 60 m, dan Runway 2 terdapat pada bagian utara dengan nomor Runway 07L/25R berdimensi 3600 m x 60 m, dan Runway 3 pada bagian utara dengan nomor Runway 06/24 berdimensi 3000 m x 60 m. Untuk Runway 2 dan 3 masih bersifat *dependent* karena jarak antar kedua runway masih di bawah 760 meter.

Pada saat ini Bandar Udara Soekarno-Hatta memiliki 3 runway dengan runway 1 *independent* dan runway 2 dan 3 *dependent*. Runway 2 dan 3 ini dipergunakan secara bergantian dimana runway 2 tersebut untuk pesawat *takeoff* dan runway 3

untuk *landing*. Hal ini dikarenakan jarak runway 2 dan 3 yang belum memenuhi persyaratan yang telah ditentukan oleh ICAO untuk bisa menjadi *runway independent*. Masing-masing pesawat mendapatkan waktu pelayanan rata-rata selama 4 menit. Dengan maksimal NAC yang telah ditetapkan perjam adalah maksimal 83 pesawat. Dan dibagi dalam 12 blok dalam 1 jam, jadi batas slot pesawat dalam 5 menit rata-rata adalah 7 pesawat baik untuk *takeoff* maupun *landing*. Berikut merupakan data pergerakan pesawat tahun 2023:

BULAN	JUMLAH	SMALL	MEDIUM	HEAVY
JANUARI	28.134	3	24.757	3.373
FEBRUARI	25.083	2	22.073	3.007
MARET	27.398	3	24.110	3.285
APRIL	28.078	3	24.708	3.367
MEI	30.855	3	27.152	3.700
JUNI	29.613	3	26.059	3.551
JULI	30.999	3	27.279	3.717
AGUSTUS	29.554	3	26.007	3.544
SEPTEMBER	28.558	3	25.131	3.424

OKTOBER	29.898	3	26.310	3.585
NOVEMBER	28.880	3	25.414	3.463
DESEMBER	31.373	3	27.608	3.762
TOTAL	348.423	0,01%	88%	11,99%

Tabel 1. Jumlah Pergerakan Pesawat Tahun 2023

terdapat jumlah pergerakan pesawat pada tahun 2023 baik untuk pesawat yang *takeoff* maupun *landing* sebanyak 348.423 pesawat. Dari jumlah tersebut kemudian diklasifikasikan menjadi beberapa tipe pesawat, yaitu kategori "*small*" sebanyak 0,01%, kategori "*medium*" sebanyak 88%, dan kategori "*Heavy*" sebanyak 12%. Dari data jumlah pergerakan tersebut maka dapat diambil kesimpulan bahwa rata-rata pesawat dalam 1 jam adalah 54 pesawat. Dengan pelayanan perpesawat 3 menit, maka dalam setahun dihasilkan waktu sebanyak 1.045.269 menit untuk melayani 348.423 pesawat. Laju layanan rata-rata dalam 1 jam yaitu 20 pesawat/runway. Dikarenakan Bandara SoekarnoHatta tersebut menggunakan 2 runway dengan 1 runway *dependent* maka, dalam 1 jam laju layanan rata-ratanya adalah 40 pesawat/jam.

4.1 Analisis Peramalan (*Forecasting*)

Dalam menganalisis perhitungan peramalan pergerakan pesawat terbang, digunakan metode regresi linier berganda dengan variabel X sebagai tahun dan variabel Y sebagai jumlah pergerakan pesawat terbang dari tahun 2010 sampai 2018. Penulis tidak memasukkan data tahun 2019-2023 dalam analisis peramalan karena pada tahun tersebut terjadi kejadian luar biasa yaitu Covid-19, sehingga data pergerakan tahun tersebut dianggap tidak dalam kondisi normal.

Dari hasil perhitungan menggunakan Microsoft Excel didapatkan persamaan Y untuk meramalkan pada tahun 2025. Berikut persamaanya:

$$\text{Persamaan Regresi Y} = -36877926,8 + 18453,6 X$$

Dari persamaan Y tersebut maka dapat diketahui jumlah pergerakan pesawat pada tahun 2025 berdasarkan perhitungan *forecasting* analisis regresi linear tersebut. Hasil perhitungan dapat dilihat di bagian lampiran.

Tahun	Data Pergerakan Pesawat
2014	298.943

2015	293.923
2016	315.167
2017	352.897
2018	361.724
2024	472.160
2025	490.613

Tabel 2. Data Forecasting Pergerakan Pesawat Tahun 2025

didapatkan data pergerakan pesawat yang dipengaruhi dari kebijakan kapasitas 2 *runway* yaitu sebanyak 472.160 unit pesawat dan 2025 yaitu sebanyak 490.613 unit pesawat. Data pergerakan pesawat tersebut akan digunakan untuk menganalisis waktu antrian.

Dari hasil perhitungan Analisis Regresi Linear menggunakan Microsoft Excel juga didapatkan Nilai Korelasi dan Koefisien Determinasi peramalan tersebut. Nilai korelasi antara variabel (X) dan (Y) didapatkan dari nilai Multiple R. Pada perhitungan Excel Tabel 4.2 tersebut didapatkan Nilai korelasi atau Multiple R = 0,93. Hal ini menunjukkan bahwa korelasi variabel Tahun (X) terhadap Variabel Pergerakan Pesawat (Y) itu sangat kuat. Sedangkan Koefisien determinasi dari Tabel 4.2 adalah $R^2 = 0,88$ atau 88%. Koefisien determinasi adalah persentase dari R^2 yang menunjukkan seberapa berpengaruh variabel (X) terhadap (Y). Jadi dapat disimpulkan dari perhitungan di atas bahwa variabel Tahun (X) dapat menjelaskan atau mempengaruhi variabel Pergerakan Pesawat (Y) sebesar 88%

Dari hasil peramalan jumlah pergerakan penerbangan tersebut sudah didapatkan jumlah pergerakan pesawat pada tahun 2025.

Tahun	Tipe Pesawat			Jumlah Pergerakan Pesawat (Unit)
	Light (0,01%)	Medium (88%)	Heavy (11,99%)	
2025	49	431.739	58.825,	490.613

Tabel 3. Data Pergerakan Pertipe Pesawat

dilihtkan hasil pergerakan pesawat terbang pada tahun 2025 dengan menggunakan metode *forecasting* Analisis Regresi Linear yang kemudian dihitung kembali dengan persentase tipetipe pesawat pada Bandar Udara Soekarno-Hatta yang kemudian diperoleh jumlah pergerakan pesawat berdasarkan tipe pesawat tersebut pada tahun 2025.

4.2 Analisis Antrian

Pada penelitian ini, model antrian yang digunakan adalah M/M/c atau *Multi Channel Single Phase*. Dimana *Multi Channel Single Phase* ini adalah model antrian dengan satu jalur antrian dan dengan lebih dari satu jalur pelayanan. Pada analisis antrian kali ini digunakan data yang telah diperoleh penulis yaitu data pergerakan pesawat pada tahun 2023.

Dari data yang sudah dihitung dan dikumpulkan oleh penulis maka diperoleh nilai-nilai data yang akan dihitung dengan analisis antrian tersebut. Dimana jumlah pergerakan kedatangan dan keberangkatan pesawat rata-rata perjam yaitu 54 pesawat per jam. Jadi $\lambda = 54$ pesawat / jam. Jumlah Landasan Pacu atau *Runway* pada Bandara Soekarno-Hatta adalah 3, tetapi teritung menggunakan 2 *Runway* untuk pelayanan dikarenakan masih ada *Runway Dependent*. Oleh karena itu, $C = 2$. Serta dari hasil observasi yang dilakukan penulis maka didapatkan jumlah maksimal pesawat dalam suatu sistem dalam satuan waktu yaitu 4. Maka, $K = 4$ Pesawat. Waktu rata-rata pelayanan setiap unit pesawat Bandara Soekarno-Hatta adalah 3 menit, dimana waktu ini merupakan waktu dari pesawat *block off* hingga pesawat *takeoff*. Sehingga dapat ditentukan laju pelayanan selama satu jam yaitu 40 pesawat perjam. Maka μ adalah 40 pesawat / jam.

Probabilitas 0 Pelanggan

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{n=0}^{c-1} \frac{\lambda^n}{n! \mu^n} + \frac{1}{c!} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^c \left\{ \frac{1 - \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^{K-c+1}}{1 - \frac{\lambda}{c\mu}} \right\}} \quad \text{untuk } \frac{\lambda}{c\mu} \neq 1$$

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{n=0}^{c-1} \frac{54^n}{0! 40!^0} + \frac{1}{2!} \left(\frac{54}{40} \right)^2 \frac{1 - \left(\frac{54}{2 \times 40} \right)^{4-2+1}}{1 - \left(\frac{54}{2 \times 40} \right)}} + \dots$$

$$P_0 = 0,1701$$

Oleh karena itu, probabilitas 0 pesawat dalam sistem yaitu sebesar 0,1701. Hasil berikut menunjukkan bahwa $P_0 = 0,1701$

dimana mendekati 0, berarti kemungkinan antrian pesawat dalam sistem yaitu 0 atau bahkan tidak ada.

Ekspektasi Unit Antrian

$$ENq = P_0 \frac{1}{c!} \frac{\lambda^c}{\mu^c} \frac{\lambda}{c\mu} \left(\frac{1 - (K - c + 1) \left(\frac{\lambda}{c\mu} \right)^{K-c} + (K - c) \left(\frac{\lambda}{c\mu} \right)^{K-c+1}}{\left(1 - \frac{\lambda}{c\mu} \right)^2} \right) \text{ untuk } \frac{\lambda}{c\mu} \neq 1$$

$$ENq = 0,1701 \frac{1}{2!} \frac{54^2}{40^2} \frac{54}{2 \times 40} \left(\frac{1 - (4 - 2 - 1) \left(\frac{54}{2 \times 40} \right)^{4-2} + (4 - 2) \left(\frac{54}{2 \times 40} \right)^{4-2-1}}{\left(1 - \frac{54}{2 \times 40} \right)^2} \right)$$

$$ENq = 0,2468$$

Jadi, ekspektasi jumlah unit pesawat dalam antrian yaitu sebanyak 0,2468.

Ekspektasi Unit Sistem

$$EN = ENq \frac{\lambda \left(1 - \frac{\lambda^K}{c! c^{K-c} \mu^K} P_0 \right)}{\mu}$$

$$EN = 0,2468 \frac{54 \left(1 - \frac{54^4}{2! 2^{4-2} 40^4} (0,1701) \right)}{40}$$

$$EN = 0,3095$$

Sehingga didapatkan ekspektasi jumlah unit pesawat dalam sistem yaitu sebanyak 0,3095.

Ekspektasi Waktu Antrian

$$ED = \frac{ENq}{\lambda \left(1 - \frac{\lambda^K}{c! c^{K-c} \mu^K} P_0 \right)}$$

$$ED = \frac{0,2468}{\frac{54}{54 \left(1 - 2! 2^{4-2} 40^4 (0,1701) \right)}}$$

$$ED = 0,0491$$

Jadi, waktu tunggu rata – rata unit pesawat dalam antrian yaitu selama 0,0491 jam atau selama 0,295 menit.

$$EW = \frac{ENq}{\lambda \left(1 - \frac{\lambda^K}{c! c^{K-c} \mu^K} P_0 \right)} + \frac{1}{\mu}$$

$$EW = \frac{0,2468}{54 \left(1 - \frac{54^4}{2! 2^{4-2} 40^4} (0,1701) \right)} + \frac{1}{40}$$

$$EW = 0,02991$$

Jadi, ekspektasi waktu tunggu rata – rata pesawat dalam sistem yaitu selama 0,02991 jam atau 1,7 menit.

Setelah melakukan Analisis Antrian pada data pergerakan pesawat tahun 2023, dilanjutkan dengan menganalisis Antrian pergerakan pesawat pada tahun 2025 dari hasil *forecasting* atau peramalan di atas. Dengan hasil ramalan jumlah pergerakan pesawat tahun 2023 adalah 490.613, maka laju kedatangan rata-rata pesawat perjam adalah 86. Diperoleh data sebagai berikut:

Hasil Analisis Antrian Pesawat Bandara Soekarno-Hatta			
Notasi		2023	2025
λ	Rata-Rata Laju Kedatangan (Pesawat/jam)	54	76
μ	Rata-Rata Laju Pelayanan (Pesawat/jam)	40	40
K	Jumlah unit maksimum dalam sistem (Unit)	4	4
P0	Probabilitas terdapat 0 unit pesawat dalam sistem	0,1701	0,044
ENq	Ekspektasi jumlah pesawat dalam antrian	0,2468	0,3805
ED	Ekspektasi waktu tunggu	0,00491 jam atau 0,295 menit	0,00501 jam atau 0,3 menit

EW	Ekspektasi waktu sistem	0,02991 jam atau 1,7 menit	0,03001 jam atau 1,8 menit
EN	Ekspektasi jumlah pesawat dalam sistem	0,3095 atau 1 pesawat	0,721 atau 1 pesawat

Tabel 4. Hasil Analisis Antrian Tahun 2023 & 2025

Dari hasil Analisis yang diperoleh pada Tabel 4 dapat disimpulkan perbandingan pergerakan pesawat *Takeoff* dan *Landing* tahun 2023 dan 2025 di Bandara Soekarno-Hatta dengan menggunakan fasilitas, aturan dan data *runway* yang ada, maka diperoleh hasil perbandingan sebagai berikut :

1. Probabilitas adanya 0 unit pelanggan dalam sistem pada tahun 2023 yaitu sebesar 0,1701 sedangkan pada tahun 2025 yaitu 0,044. Hal tersebut menandakan bahwa dengan jumlah pergerakan yang ada pada tahun 2023 dan kapasitas pelayanan *runway* yang digunakan sebanyak 2 *runway* maka kemungkinan tidak ada pesawat dalam sistem itu sangat kecil. Begitu juga untuk tahun 2025 menggunakan 2 *runway* kemungkinan tidak ada pesawat dalam sistem semakin kecil lagi karena dengan bertambahnya jumlah pergerakan pesawat tetapi kapasitas penggunaan *runway* masih terhitung 2 saja.
2. Ekspektasi jumlah unit pesawat dalam antrian yaitu sebanyak 0,2468 atau 1 pesawat pada tahun 2023, sedangkan pada tahun 2025 yaitu sebanyak 0,3805 atau 1 pesawat. 1 merupakan penanda penulis bahwa masih terdapat nilai dari hasil tersebut atau dibulatkan menjadi 1. Hal ini menandakan bahwa terjadi kenaikan jumlah unit antrian tetapi masih dalam angka yang kecil.
3. Ekspektasi jumlah pesawat dalam sistem di tahun 2023 yaitu sebanyak 0,3095 atau 1 pesawat dan di tahun 2025 sebanyak 0,721 atau 1 pesawat. 1 merupakan penanda penulis bahwa masih terdapat nilai dari hasil tersebut atau dibulatkan menjadi 1. Hal ini menandakan bahwa terjadi kenaikan jumlah unit antrian tetapi masih dalam angka yang kecil.
4. Waktu rata – rata yang dihabiskan 1 (satu) pesawat dalam sistem pada tahun 2023 yaitu selama 0,02991 jam atau 1,7 menit, sedangkan pada peramalan tahun 2025 yaitu selama 0,03001 jam atau 1,8 menit. Maka terjadi kenaikan waktu sistem dari tahun 2023 ke 2025 untuk pesawat menghabiskan waktu dalam sistem.
5. Ekspektasi waktu tunggu rata – rata yang dihabiskan 1 (satu) unit pesawat dalam antrian pada tahun 2023 yaitu selama 0,00491 jam atau 0,295 menit. Ekspektasi waktu tunggu rata – rata yang dihabiskan 1 (satu) unit pesawat dalam antrian untuk tahun 2025 yaitu selama 0,00501 jam atau 0,3 menit.

Maka terjadi kenaikan waktu tunggu antrian pesawat dari tahun 2023 ke tahun 2025 yang tidak signifikan atau tergolong rendah.

Setelah melakukan Analisis Antrian pada data pergerakan pesawat tahun 2023 dan 2025 dengan didapatkan ekspektasi waktu tunggu pesawat selama 0,295 menit pada tahun 2023 dan 0,3 menit pada tahun 2025. Apabila setiap pesawat dilayani dengan rata-rata waktu pelayanan 3 menit dan setiap 5 menit terdapat 4 pesawat maka waktu maksimal menunggu adalah selama 12 menit untuk melakukan *takeoff* atau *landing*. Sedangkan apabila pada tahun 2025 dalam setiap 5 menitnya terdapat 5 pesawat, maka waktu maksimal menunggu adalah 15 menit di setiap *runway* nya untuk mendapatkan pelayanan *takeoff* atau *landing*.

Kondisi *Runway* Bandara Soekarno-Hatta dalam keadaan kurang maksimal dalam menghasilkan pelayanan pergerakan pesawat dikarenakan Bandara Soekarno-Hatta memiliki 3 jumlah *Runway* tetapi penggunaannya terhitung 2 *Runway* saja. Dalam penelitian kali ini penulis mencoba menghitung bagaimana jika *Runway* Bandara Soekarno-Hatta dapat dimaksimalkan dengan menggunakan 3 *Runway* untuk pelayanan. Tentunya akan menghasilkan antrian yang lebih minim lagi. Dengan penggunaan 3 *Runway* maka laju pelayanan rata-rata perjamnya adalah $\mu = 60$ pesawat per jam. Berikut hasil analisis antriannya:

Hasil Analisis Antrian Pesawat Bandara Soekarno-Hatta dengan 3 Runway			
Notasi		2023	2025
λ	Rata-Rata Laju Kedatangan (Pesawat/jam)	54	76
μ	Rata-Rata Laju Pelayanan (Pesawat/jam)	60	60
K	Jumlah unit maksimum dalam sistem (Unit)	4	4
P0	Probabilitas terdapat 0 unit pesawat dalam sistem	0,904	0,1972
ENq	Ekspektasi jumlah pesawat dalam antrian	0,0329	0,0466
ED	Ekspektasi waktu tunggu	0,0004 jam atau 0,024 menit	0,0006 jam atau 0,036 menit

EW	Ekspektasi waktu sistem	0,01706 jam atau 1,02 menit	0,01726 jam atau 1,03 menit
EN	Ekspektasi jumlah pesawat dalam sistem	0,0286 atau 1 pesawat	0,063 atau 1 pesawat

Tabel 5. Analisis Antrian Tahun 2023 & 2025 dengan 3 *runway*

Pada tabel 5 dijelaskan perbandingan hasil perhitungan antrian pada tahun 2024 dan 2025 dengan asumsi menggunakan 3 *runway* di Bandara Soekarno-Hatta, sehingga kesimpulannya adalah:

1. Probabilitas adanya 0 unit pelanggan dalam sistem pada tahun 2023 yaitu sebesar 0,904 sedangkan pada tahun 2025 yaitu 0,1972. Hal tersebut menandakan bahwa dengan jumlah pergerakan yang ada pada tahun 2023 dan kapasitas pelayan *runway* yang digunakan sebanyak 3 *runway* maka kemungkinan tidak ada pesawat dalam sistem itu sangat besar karena mendekati 1. Begitu juga untuk tahun 2025 menggunakan 3 *runway* kemungkinan tidak ada pesawat dalam sistem rendah karena bertambahnya jumlah pergerakan pesawat.
2. Ekspektasi jumlah unit pesawat dalam antrian yaitu sebanyak 0,0329 atau dibulatkan menjadi 1 pesawat pada tahun 2023, sedangkan pada tahun 2025 yaitu sebanyak 0,0466 atau dibulatkan menjadi 1 pesawat. 1 merupakan penanda penulis bahwa masih terdapat nilai dari hasil tersebut atau dibulatkan menjadi 1. Hal ini menandakan bahwa terjadi kenaikan jumlah unit antrian tetapi masih dalam angka yang kecil dengan jumlah yang lebih rendah dari penggunaan 2 *runway*..
3. Ekspektasi jumlah pesawat dalam sistem di tahun 2023 yaitu sebanyak 0,0286 atau 1 pesawat dan di tahun 2025 sebanyak 0,063 atau 1 pesawat. 1 merupakan penanda penulis bahwa masih terdapat nilai dari hasil tersebut atau dibulatkan menjadi 1. Hal ini menandakan bahwa terjadi kenaikan jumlah unit antrian tetapi masih dalam angka yang kecil. Maka terjadi kenaikan waktu sistem dari tahun 2023 ke 2025 untuk pesawat menghabiskan waktu dalam sistem dengan jumlah yang lebih rendah dari penggunaan 2 *runway*.
4. Waktu rata – rata yang dihabiskan 1 (satu) pesawat dalam sistem pada tahun 2023 yaitu selama 0,0004 jam atau 0,024 menit, sedangkan pada peramalan tahun 2025 yaitu selama 0,0006 jam atau 0,036 menit. Maka terjadi kenaikan waktu sistem dari tahun 2023 ke 2025 untuk pesawat menghabiskan waktu dalam sistem dengan waktu yang lebih rendah dari penggunaan 2 *runway*.

5. Ekspektasi waktu tunggu rata – rata yang dihabiskan 1 (satu) unit pesawat dalam antrian pada tahun 2023 yaitu selama 0,01706 jam atau 1,02 menit. Ekspektasi waktu tunggu rata – rata yang dihabiskan 1 (satu) unit pesawat dalam antrian untuk tahun 2025 yaitu selama 0,01726 jam atau 1,03 menit. Maka terjadi kenaikan waktu tunggu antrian pesawat dari tahun 2023 ke tahun 2025 yang tidak signifikan atau tergolong rendah dan dibandingkan dengan penggunaan 2 *runway* terdapat perbedaan waktu yang cukup signifikan.

Apabila tahun 2023 menggunakan 3 *runway*, setiap pesawat dilayani dengan rata-rata waktu pelayanan 3 menit dan setiap 5 menit terdapat 4 pesawat maka waktu maksimal menunggu adalah selama 6 menit untuk melakukan *takeoff* atau *landing*. Sedangkan apabila pada tahun 2025 dalam setiap 5 menitnya terdapat 3 pesawat, maka waktu maksimal menunggu adalah 9 menit di setiap *runway* nya untuk mendapatkan pelayanan *takeoff* atau *landing*.

4.3 Analisis Biaya Bahan Bakar

Biaya Operasional pesawat terdiri dari banyak komponen, terdapat biaya langsung dan juga tidak langsung. Tetapi komponen biaya yang berhubungan atau berdampak karena adanya antrian adalah Biaya Bahan Bakar Pesawat. Oleh karena itu pada Analisis Biaya di penelitian ini akan berfokus pada dampak biaya Bahan Bakar Pesawat yang diklasifikasikan menjadi 3 kategori pesawat. Yaitu *Light*, *Medium* dan *Heavy*.

Setiap pesawat memiliki konsumsi pesawat yang berbeda-beda tergantung masa dan jenis *engine* pesawat yang digunakan masing-masing pesawat. Pada penelitian kali ini telah dibagi 3 tipe pesawat berdasarkan *Wake Turbulance Categories* (WTC) yaitu *Light*, *Medium* dan *Heavy*. Dari setiap WTC diambil sample pesawat berdasarkan populasi paling banyak di Bandara Soekarno-Hatta. Untuk pesawat kategori *Light* terdapat pesawat Gulfstream G100, kategori *Medium* terdapat pesawat A320 dan kategori *Heavy* terdapat pesawat B77W atau Boeing 777-300ER. Berikut merupakan data Konsumsi Bahan Bakar Pesawat berdasarkan tipenya:

Tipe Pesawat	Engine	Konsumsi Bahan Bakar (liter/jam)	Konsumsi Bahan Bakar (liter/menit)
Light	Garrett TFE731	704	11,73
Meidum	CFM56	3.025	50,41
Heavy	GE90	9.300	155,00

Tabel 6. Konsumsi Bahan Bakar Pesawat Berdasarkan Tipe

Pada Tabel 6 dijelaskan bahwa konsumsi bahan bakar pesawat dalam setiap tipe-tipe pesawat. Pengisian Bahan Bakar pesawat dilakukan oleh pihak penyelenggara Bandar Udara dan pihak Pertamina. Dengan menggunakan Bahan Bakar Avtur, maka harga Bahan Bakar yang digunakan dalam penelitian ini adalah harga Bahan Bakar Avtur perliter. Harga Avtur saat ini (Agustus 2024) adalah Rp 14.157 / Liter.

Analisis Biaya Waktu Antrian

No.	Tipe Pesawat	Jumlah Pergerakan 2023 (Unit)	Konsumsi Pesawat (liter/menit)	Biaya Antrian Pesawat Tahun 2023 (Rupiah)
1	L	35	11,73	139,491
2	M	306.613	50,41	5,251,576,976
3	H	41.775	155,00	2,200,040,271
Total		348.423	-	7,451,756,738

Biaya Antrian = $\sum$ Pesawat X Konsumsi BBM X Harga Avtur X Waktu Antrian

yaitu selama 0,024 menit dan dengan harga avtur Rp 14.157 / liter, Maka biaya yang dikeluarkan selama 1 tahun dengan jumlah pesawat 348.423 yaitu:

Biaya Antrian Tahun 2023

Berdasarkan hasil perhitungan analisis antrian pergerakan pesawat terbang dengan 2 runway di tahun 2023 pada Tabel 4 yaitu selama 0,295 menit dan dengan harga avtur Rp 14.157 / liter, Maka biaya yang dikeluarkan selama 1 tahun dengan jumlah pesawat 348.423 yaitu:

No.	Tipe Pesawat	Jumlah Pergerakan 2023 (unit)	Konsumsi Pesawat (liter/menit)	Biaya Antrian Pesawat Tahun 2023 (Rupiah)
1	L	35	11,73	1,714,586
2	M	306.613	50,41	64,550,663,667
3	H	41.775	155,00	27,042,161,664
Total		348.423	-	91,594,539,917

Tabel 7. Biaya Antrian Tahun 2023

Pada Tabel 7 dijelaskan bahwa dengan konsumsi mesin pesawat terbang dan waktu antrian yang diperoleh pada tahun 2023 diperoleh biaya akibat antrian pesawat dalam setahun yaitu mencapai berjumlah Rp 91,594,539,917,00

Biaya Antrian Tahun 2023 Dengan 3 Runway

Berdasarkan hasil perhitungan analisis antrian pergerakan pesawat terbang dengan 3 runway di tahun 2023 pada Tabel 5

Tabel 8 Biaya Antrian 2023 dengan 3 Runway

Pada Tabel 8 dijelaskan bahwa dengan konsumsi mesin pesawat terbang dan waktu antrian yang diperoleh pada tahun 2023 diperoleh biaya akibat antrian pesawat dalam setahun yaitu mencapai berjumlah Rp 7.451.756.738. Terjadi penghematan biaya dalam setahun yaitu sebesar Rp 84.142.783.179. Perbedaan yang signifikan ini terjadi karena data yang dianalisis berdasarkan data hasil pergerakan pesawat yang menggunakan jumlah pergerakan pesawat tahun 2023 tetapi dengan kapasitas pelayanan berjumlah 3 runway.

Biaya Antrian Tahun 2025

Berdasarkan hasil perhitungan analisis antrian pergerakan pesawat terbang dengan 2 runway di tahun 2025 pada Tabel 4 yaitu selama 0,3 menit dan dengan harga avtur Rp 14.157 / liter, Maka biaya yang dikeluarkan selama 1 tahun dengan jumlah pesawat 558.262 yaitu:

No.	Tipe Pesawat	Jumlah Pergerakan 2025 (Unit)	Konsumsi Pesawat (liter/menit)	Biaya Antrian Pesawat Tahun 2025 (Rupiah)
1	L	56	11,73	2,789,835
2	M	491.271	50,41	105,179,308,801
3	H	66.935	155,00	44,063,343,967
Total		558.262	-	149,245,442,603

Tabel 9. Biaya Antrian 2025

Pada Tabel 4.9 dijelaskan bahwa dengan konsumsi mesin pesawat terbang dan waktu antrian yang diperoleh pada tahun 2025 diperoleh biaya akibat antrian pesawat dalam setahun yaitu mencapai berjumlah Rp 149,245,442,603,00. Terjadi kenaikan dari tahun 2023 apabila masih menggunakan 2 *runway*, yaitu kenaikan sebesar Rp 57.650.902.686. Perbedaan yang signifikan ini terjadi karena data yang dianalisis berdasarkan data hasil *forecasting* pergerakan pesawat yang tetap menggunakan kebijakan 2 *runway*.

Biaya Antrian Tahun 2025 Dengan 3 Runway

Berdasarkan hasil perhitungan analisis antrian pergerakan pesawat terbang dengan 3 *runway* di tahun 2025 pada Tabel 5 yaitu selama 0,036 menit dan dengan harga avtur Rp 14.157 / liter, Maka biaya yang dikeluarkan selama 1 tahun dengan jumlah pesawat 558.262 yaitu:

No.	Tipe Pesawat	Jumlah Pergerakan 2025 (Unit)	Konsumsi Pesawat (liter/menit)	Biaya Antrian Pesawat Tahun 2025 (Rupiah)
1	L	56	11,73	334,780
2	M	491.271	50,41	12,621,517,056
3	H	66.935	155,00	5,287,601,276
Total		558.262	-	17,909,453,112

Tabel 10. Biaya Antrian Tahun 2025 dengan 3 Runway

Pada Tabel 10 dijelaskan bahwa dengan konsumsi mesin pesawat terbang dan waktu antrian yang diperoleh pada tahun 2025 diperoleh biaya akibat antrian pesawat dalam setahun yaitu mencapai berjumlah Rp 17,909,453,112,00. Terjadi penghematan biaya sebesar Rp 131.335.989.491. Perbedaan yang signifikan ini terjadi karena jumlah pergerakan pesawat tahun 2025 dari hasil *forecasting* apabila menggunakan 3 *runway* menghasilkan waktu tunggu yang sangat kecil.

Biaya Antrian Pesawat di Holding Area

Kapasitas Maksimum antrian *Runway* Bandara SoekarnoHatta adalah 4 pesawat dengan jarak antar pesawat yaitu 6NM, baik untuk pesawat yang ingin melakukan *landing*. Apabila terjadi situasi dimana pesawat melebihi batasan antrian tersebut pada saat mendarat, maka pesawat diharuskan untuk melakukan putaran atau *Turn Around*. Diasumsikan jika pesawat melakukan putaran pada *holding area* dengan ketinggian di bawah 14.000 ft membutuhkan waktu sebanyak 1 menit. Analisis ini menggunakan pesawat *medium* dan *heavy* sebagai pesawat

terbanyak yang datang di Bandara Soekarno-Hatta, maka didapatkan:

$$\text{Biaya Antrian} = \text{Konsumsi BBM} \times \text{Harga Avtur} \times \text{Waktu Antrian}$$

No.	Tipe Pesawat	Putaran (menit)	Konsumsi Bahan Bakar (liter/menit)	Biaya Turn Around (Rupiah)
1	A320	1	50,41	713,654
2	A320	2	50,41	1,427,308
3	A320	3	50,41	2,140,963
4	A320	4	50,41	2,854,617
Total				7,136,542

Tabel 11. Biaya Pesawat *Medium* di Holding Area

Pada Tabel 11 dijelaskan bahwa dengan konsumsi mesin pesawat terbang *Medium* maka diperoleh biaya akibat antrian yang terjadi di *Holding Area* sebanyak 4 putaran adalah Rp 7,136,542.

No.	Tipe Pesawat	Putaran (menit)	Konsumsi Bahan Bakar (liter/menit)	Biaya Turn Around (Rupiah)
1	B777-300ER	1	155,00	2,194,335
2	B777-300ER	2	155,00	4,388,670,00
3	B777-300ER	3	155,00	6,583,005
4	B777-300ER	4	155,00	8,777,340
Total				Total

Tabel 12. Biaya Pesawat *Heavy* di Holding Area

Pada Tabel 12 dijelaskan bahwa dengan konsumsi mesin pesawat terbang *Medium* maka diperoleh biaya akibat antrian yang terjadi di *Holding Area* sebanyak 4 putaran adalah Rp 21,943,350.

Biaya Antrian Pesawat Per 5 Menit

Jika dalam 1 jam dengan batas maksimum antrian 4 dan data setiap jam dengan menggunakan 2 *runway* terdapat 24 pesawat yang tidak mengantri dari 84 pesawat rata-rata perjam. Serta dengan catatan dalam 1 jam dibagi per 5 menit untuk block to blocknya, maka dapat dihitung biaya perantrian pesawat:

Tipe Pesawat	Antrian	ED (menit)	Biaya yang dihabiskan (Rupiah)
G100	1	0,295	48,988,00
G100	2	0,59	97,976,00
G100	3	0,885	146,965,00
G100	4	1,18	195,953,00
Total			489,882,00

Tabel 13. Biaya Antrian *Light* per 5 menit

Pada Tabel 13 dijelaskan bahwa dengan antrian per 5 pesawat dengan tipe pesawat yang digunakan adalah A320 atau pesawat *Light* mendapatkan total biaya antrian Rp 489,882,00. Jadi dalam 1 jam dengan jumlah pesawat 84 maka akan menghabiskan biaya sebesar Rp 5,878,584,00.

Tipe Pesawat	Antrian	ED (menit)	Biaya yang dihabiskan (Rupiah)
A320	1	0,295	210,528
A320	2	0,59	421,056
A320	3	0,885	631,584
A320	4	1,18	842,112
Total			2,105,280

Tabel 14. Biaya Antrian *Medium* per 5 menit

Pada Tabel 14 dijelaskan bahwa dengan antrian per 5 pesawat dengan tipe pesawat yang digunakan adalah A320 atau pesawat *Medium* mendapatkan total biaya antrian Rp 2,105,280,00. Jadi dalam 1 jam dengan batas jumlah pesawat 84 maka akan menghabiskan biaya sebesar Rp 25,263,360,00. Maka, hanya dibutuhkan waktu 4 jam bagi maskapai yang

pesawatnya terdapat pada antrian ke 4 di setiap slotnya untuk setiap jamnya dapat menempuh konsumsi antrian bahan bakar yang setara dengan perjalanan Jakarta-Jogjakarta. Dimana apabila terdapat maskapai yang mengantri pada antrian ke-4 maka hanya dibutuhkan sebanyak 48 kali secara berulang untuk dapat menghasilkan konsumsi biaya bahan bakar akibat antrian sebesar Rp 40.421.376, dimana biaya dengan jumlah tersebut sudah dapat menghasilkan satu kali penerbangan dari JakartaJogjakarta dengan waktu tempuh satu jam dan dengan asumsi *Load Factor* 70% dari kapasitas penumpang A320 yaitu 180 *seat* maka, sudah dapat menghasilkan penumpang sebanyak 126 penumpang.

Tipe Pesawat	Antrian	ED (menit)	Biaya yang dihabiskan (Rupiah)
B777-300ER	1	0,295	647,329
B777-300ER	2	0,59	1,294,658
B777-300ER	3	0,885	1,941,986
B777-300ER	4	1,18	2,589,315
Total			6,473,288

Tabel 15. Biaya Antrian *Heavy* per 5 menit

Pada Tabel 15 dijelaskan bahwa dengan antrian per 5 pesawat dengan tipe pesawat yang digunakan adalah B777300ER atau pesawat *Heavy* mendapatkan total biaya antrian Rp 6,473,288,00. Jadi dalam 1 jam dengan jumlah pesawat 84 maka akan menghabiskan biaya sebesar Rp 77.679.456,00. Dimana apabila terdapat maskapai yang mengantri pada antrian ke-4 maka hanya dibutuhkan sebanyak 16 kali secara berulang untuk dapat menghasilkan konsumsi biaya bahan bakar akibat antrian sebesar Rp 41.429.040, dimana biaya dengan jumlah tersebut sudah dapat menghasilkan satu kali penerbangan dari JakartaJogjakarta dengan waktu tempuh 1 jam dengan asumsi *Load Factor* 70% dari kapasitas penumpang A320 yaitu 212 *seat* maka, sudah dapat menghasilkan penumpang sebanyak 149 penumpang.

5. SIMPULAN

Dari hasil penelitian dan analisis data yang dilakukan oleh penulis terkait judul penelitian, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Ekspektasi waktu tunggu per pesawat akibat antrian di Soekarno-Hatta dengan data pergerakan tahun 2023 dan dengan 2 (dua) *runway* adalah selama 0,295 menit. Dan

waktu yang dihabiskan akibat antrian di Soekarno-Hatta dengan hasil data *forecasting* tahun 2025 dan dengan 2 (dua) *runway* adalah selama 0,3 menit. Maka terjadi kenaikan waktu tunggu antrian pesawat dari tahun 2023 ke tahun 2025 yang tidak signifikan atau tergolong rendah. Dan setiap 5 menit terdapat 4 pesawat yang mengantri maka pesawat ke 4 harus menunggu selama 12 menit untuk melakukan *takeoff* atau *landing* dengan waktu rata-rata pelayanan per pesawat 3 menit. Setiap 1 pesawat berhasil dilayani terdapat 3 pesawat yang sudah menunggu untuk dilayani.

2. Biaya konsumsi bahan bakar akibat menunggu dalam antrian pada tahun 2023 dengan penggunaan 2 (dua) *runway* adalah sebesar Rp 91.594.539.917.00. Sedangkan pada tahun 2025 dari hasil peramalan dengan menggunakan 2 (dua) *runway* mengalami potensi peningkatan biaya mencapai Rp 149,245,442,603,00. Sehingga diperoleh adanya potensi peningkatan sebesar 62,9% dari biaya tahun 2023 - 2025. Biaya kerugian pesawat terbang yang dihasilkan akibat antrian yang terjadi di *Holding Zone* pada saat pesawat ingin melakukan pendaratan dengan pesawat *Medium* adalah sebesar Rp 7.136.542 dari total 4 putaran. Biaya kerugian pesawat terbang yang dihasilkan akibat antrian yang terjadi di *Holding Zone* pada saat pesawat ingin melakukan pendaratan dengan pesawat *Heavy* adalah sebesar Rp 21.943.350 dari total 4 putaran. Serta masing-masing kerugian biaya pada saat mengantri adalah, dengan pesawat *Light* maka antrian 1 menghasilkan biaya Rp 48.988.00 antrian ke 2 menghasilkan biaya Rp 97.976.00, antrian ke 3 menghasilkan biaya Rp 146.965.00 dan antrian ke 4 menghasilkan biaya Rp 195.953.00. dengan pesawat *Medium* maka antrian 1 menghasilkan biaya Rp 210.528.00 antrian ke 2 menghasilkan biaya Rp 421.056.00, antrian ke 3 menghasilkan biaya Rp 631.584.00 dan antrian ke 4 menghasilkan biaya Rp 842.112.00. dengan pesawat *Heavy* maka antrian 1 menghasilkan biaya Rp 647.329.00 antrian ke 2 menghasilkan biaya Rp 1.294.658.00, antrian ke 3 menghasilkan biaya Rp 1.941.986.00 dan antrian ke 4 menghasilkan biaya Rp 2.589.315.00.
3. Ekspektasi waktu tunggu per pesawat akibat antrian di Soekarno-Hatta dengan data pergerakan tahun 2023 dan dengan 3 (dua) *runway* adalah selama 0,024 menit. Dan adapun waktu yang dihabiskan akibat antrian di Soekarno-Hatta dengan hasil data *forecasting* tahun 2025 dan dengan 3 (dua) *runway* adalah selama 0,036 menit. Maka terjadi perbedaan waktu yang cukup signifikan apabila menggunakan 2 *runway* dan 3 *runway*. Hal ini disebabkan karena data pergerakan yang digunakan merupakan data dari hasil *forecasting* dengan menggunakan sistem penggunaan 2 *runway*. Biaya konsumsi bahan bakar akibat menunggu dalam antrian pada tahun 2023 bila dihitung dengan penggunaan 3 *runway* maka didapatkan kerugian per

pesawat sebesar Rp 7.451.756.738,00. Terjadi penghematan biaya sebesar Rp 84.142.783.179 atau 1.129%, apabila semula menggunakan 2 *runway* kemudian menjadi 3 *runway*. Sedangkan biaya konsumsi bahan bakar akibat menunggu dalam antrian pada tahun 2025 bila dihitung dengan penggunaan 3 *runway* maka didapatkan kerugian per pesawat sebesar Rp 16.914.483.494.00 Terjadi penghematan biaya sebesar Rp 132.330.959.109.00 atau 882%, apabila semula menggunakan 2 *runway* kemudian menjadi 3 *runway*.

DAFTAR PUSTAKA

- Airport Engineering Division AAS-, F. (2022). AC 150/530013B, *Airport Design, March 31, 2022 updated with errata*.
https://www.faa.gov/airports/engineering/airport_design/.
- Aminah, R, A., & A, kresnajaya. (2013). *Model Antrian Pesawat Terbang di Bandar Udara Internasional Hasanuddin Makassar*.
- Azizah, A. N., Div,), Udara, M. T., Tinggi, S., Kedirgantaraan, T., & Abstrak, Y. (2022). ANALISIS PENGARUH FASILITAS PADA TERMINAL 1 TERHADAP KEPUASAN PENUMPANG DI BANDAR UDARA JUANDA SURABAYA (Vol. 4, Issue 2).
- Erga, T., & Mamok, A. S. (2022). *Perancangan Aplikasi Pengelola Keuangan Pribadi Berbasis Android*. 16(1).
<https://journal.uniku.ac.id/index.php/ilkom>
- Hasanah, H. (2016). *TEKNIK-TEKNIK OBSERVASI (Sebuah Alternatif Metode Pengumpulan Data Kualitatif Ilmuilmu Sosial)*.
- Ika Murpratiwi, S., Ayu Indah Cahya Dewi, D., & Aranta, A. (2021). ANALISIS PERBANDINGAN HASIL PERAMALAN DATA TRANSAKSI PERUSAHAAN JASA DENGAN METODE DERET BERKALA.
- International Civil Aviation Organization *Aerodrome Design Manual Part 2 Taxiways, Aprons and Holding Bays*. (2005). www.icao.int.
- JB, P. (2012). ANALISIS PENGEMBANGAN BANDAR UDARA INTERNASIONAL SOEKARNO HATTA-JAKARTA.
- Jumirin, J., & Lubis, Y. (2018). PENGARUH BIAYA OPERASIONAL TERHADAP PENINGKATAN PENDAPATAN OPERASIONAL PADA PT PELABUHAN INDONESIA I (PERSERO) CABANG BELAWAN. *Jurnal Riset Akuntansi Dan Bisnis*, 18(2), 162–177. <https://doi.org/10.30596/jrab.v18i2.3310>
- Junianti, P., Sisca, M., Pandey, V., & Lamentik, L. G. J.

- (2020). ANALISIS KAPASITAS LANDASAN PACU (RUNWAY) PADA BANDAR UDARA INTERNASIONAL SAM RATULANGI MANADO. *Jurnal Sipil Statik*, 8(1), 83–90.
- Labaso, E. R., Tahir, A., & Susilo, D. M. (2021). REKONSTRUKSI TADULAKO Analisis Kebutuhan Sisi Udara Bandar Udara Mutiara SIS AL-JUFRI Palu. 2(2), 129–134.
<https://new.jurnal.untad.ac.id/index.php/renstra>
- Matematika, J., dan Statistika Volume, K., Studi Matematika, P., Matematika, J., Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, F., Ngurah Adhi Wibawa, G., Abapihi, B., & Studi Statistika, P. (2023). PEMODELAN REGRESI POISSON TERHADAP FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI TERJADINYA HIPERTENSI DI KOTA KENDARI Tendriyawati.
<http://jmks.uho.ac.id/index.php/journal>
- Nengsih, K. M., & Yustanti, N. V. (2012). ANALISIS SISTEM ANTRIAN PELAYANAN ADMINISTRASI PASIEN RAWAT JALAN PADA RUMAH SAKIT PADMALALITA MUNTILAN.
- Putu Decy Arwini, N., & Made Juniastira, I. (2023). PERAN TRANSPORTASI DALAM DUNIA INDUSTRI. 6(1).
- Radinta, M., Sasongko, R., Fmipa, M., Hartono, U., Matematika, P., & Uny, F. (2023). *Jurnal Kajian dan Terapan Matematika Model Sistem Antrian dan Analisis Keterlambatan Pesawat (Studi Kasus: Yogyakarta International Airport) Model of Queuing System and Analysis of Aircraft Delay (Case Study: Yogyakarta International Airport)*.
<http://journal.student.uny.ac.id/ojs/index.php/jktm>:
- Rahmawati¹, F., Kurmiati, Y., Sari², E., Sopian³, D., S1, S., Stieb, A., & Mandiri, P. (2021). PENGARUH BIAYA OPERASIONAL TERHADAP LABA BERSIH (Studi Kasus pada Perum Jasa Tirta II Jatiluhur Purwakarta. 9(1).
- Ratnakusuma, A., Hoyyi, A., Jurusan Statistika FSM Universitas Diponegoro, M., & Pengajar Jurusan Statistika, S. (2015). ANALISIS SISTEM ANTRIAN PESAWAT TERBANG DI BANDARA INTERNASIONAL AHMAD YANI SEMARANG. 4, 725–733.
<http://ejournals1.undip.ac.id/index.php/gaussian>
- Rian Riandi, Novalia, N., & Kurniawan, A. (2022). EVALUASI PEMELIHARAAN RUNWAY DI BANDAR UDARA HUSEIN SASTRANEGARA BANDUNG (Vol. 7, Issue 2).
- Rita Kurniati, N. L. W. (2021). Dampak Ekonomi Pengoperasian Transjakarta Ditinjau dari Persepsi Pengguna. *Jurnal Penelitian Transportasi Darat*, 22(2), 194–205. <https://doi.org/10.25104/jptd.v22i2.1669>
- Rizki, R., Bachdar, K., Malingkas, G. Y., & Tarore, H. (2020). ANALISIS RISIKO PELAKSANAAN PERAWATAN LANDAS PACU BANDAR UDARA SAM RATULANGI MANADO. *Jurnal Ilmiah Media Engineering*, 10(1), 21–34.
- Sri, K., Dewi, K., & Suwena, K. R. (2017). ANALISIS PERAMALAN TINGKAT JUMLAH TAMU MENGINAP MENGGUNAKAN METODE SINGLE EXPONENTIAL SMOOTHING DI VILLA X DI DESA GOBLEG, KABUPATEN BULELENG TAHUN 2018.
- Sudarismiati, A., & Tridiah Sari, M. (2016). 2.-Anik-Sudarismiati_FEUNARS_2016 (1).
- Sugito, & Hoyyi, A. (2013). 226170-proses-antrian-dengan-kedatangan-berdist-8c73e9ea.
- Suprianto, H., Sharly Arifin, T. P., & Haryanto, B. (2020). JURNAL TEKNOLOGI SIPIL Jurnal Ilmu Pengetahuan dan teknologi sipil ANALISIS PERHITUNGAN KAPASITAS RUNWAY PADA BANDAR UDARA INTERNASIONAL AJI PANGERAN TUMENGUNG PRANOTO SAMARINDA.
- Susetyadi, A. (2013). PENGARUH ANTRIAN PELAYANAN PENERBANGAN TERHADAP PENGGUNAAN AVTUR DI BANDAR UDARA SOEKARNO HATTA.
- Susetyadi, A. (2012). WAKTU TUNGGU TAKE OFF DAN LANDING PESAWAT UDARA PADA RUNWAY BANDAR UDARA SOEKARNO HATTA.
- Trivaika, E., Andri Senubekti, M., & Manajemen Informatika Dan Komputer HASS, A. (2022). Perancangan Aplikasi Pengelola Keuangan Pribadi Berbasis Android. 16(1).
<https://journal.uniku.ac.id/index.php/ilkom>
- Wahyudi, D., Yundari, H., & Perdana, I. (2022). ANALISIS SISTEM ANTRIAN PADA POLA KEDATANGAN BERKELOMPOK DI KAFE. In *Buletin Ilmiah Math. Stat. dan Terapannya (Bimaster)* (Vol. 11, Issue 5).
- YOKI, A., EVI, L., & YUSUARSONO. (2019). KUALITAS PELAYANAN KESEHATAN DI PUSAT KESEHATAN MASYARAKAT KEMBANG SERI KECAMATAN TALANG EMPAT KABUPATEN BENGKULU TENGAH.
- Yumnan Maulana, A., Agus Pranoto, Y., & Xaverius Ariwibisono, F. (2023). PERAMALAN PENJUALAN THRIFT PADA TOKO KLASSWEAR MENGGUNAKAN METODE REGRESI LINEAR BERBASIS WEBSITE. In *Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika* (Vol. 7, Issue 4).

