

SIMULASI PANJANG WAKTU KETERLAMBATAN PENERBANGAN (*DELAY*) PADA BANDAR UDARA TRANSIT SEBAGAI DAMPAK DARI KETERLAMBATAN SALAH SATU TITIK PENERBANGAN AWAL

FLIGHT DELAY TIME SIMULATION IN TRANSIT AIRPORT AS THE IMPACT OF ONE OF STARTING DELAY FLIGHT POINT

M. Herry Purnama

Badan Litbang Perhubungan
Jl. Medan Merdeka Timur No 5, Jakarta Pusat 10110
[e-mail : litbang_udara@yahoo.co.id](mailto:litbang_udara@yahoo.co.id)

Diterima: 4 November 2013, Revisi 1: 29 November 2013, Revisi 2: 11 Desember 2013, Disetujui: 20 Desember 2013

ABSTRAK

Sistem *Connecting flight* akan semakin memperbesar terjadinya resiko *delay* pada bandar udara-bandar udara transit. Hal ini terjadi apabila salah satu rute penerbangan menuju bandar udara transit, maka pada rute berikutnya untuk pesawat udara yang menunggu penumpang transit berikutnya akan mengalami keterlambatan. Terkait dengan hal tersebut diatas, maka perlu dilakukan penghitungan simulasi panjang waktu keterlambatan penerbangan (*delay*) pada bandar udara transit sebagai dampak dari keterlambatan salah satu titik penerbangan awal.

Dari hasil pengolahan data, diketahui bahwa apabila suatu pesawat udara harus menunggu kedatangan pesawat berikutnya yang mengalami keterlambatan selama 30 menit untuk berangkat karena membawa penumpang transit, maka pesawat tersebut harus mengalami *delay* selama 1 jam. Sementara itu, pada kondisi tersebut, sudah terdapat 2 pesawat yang juga menunggu untuk berangkat, dan mengalami *delay* selama 30 menit.

Kata kunci: penerbangan lanjutan, keterlambatan, laju kedatangan

ABSTRACT

Connecting flight system will further increase the risk of delay in the airport-airport transit. This happens when one of these flights to airports in transit, then the next route for aircraft awaiting the next transit passengers will experience delays. Related to the above, it is necessary to count the long simulation time flight delays (delay) in the airport transit as a result of the delay one point early flight.

From the data processing, it is known that if an aircraft had to await the arrival of the next plane has been delayed for 30 minutes to go as carry transit passengers, the aircraft must undergo during the 1 hour delay. Meanwhile, in these conditions, there are also 2 aircraft waiting to depart, and had a 30 minute delay.

Keywords: connecting flight, delay, rate of arrival

PENDAHULUAN

Pesawat udara yang memiliki kelebihan menjangkau jarak tempuh jauh dalam waktu singkat, mengalami peningkatan yang *significant* sejak mulai bersaingnya berbagai maskapai penerbangan di Indonesia. Tingginya permintaan terhadap pelayanan penerbangan (*demand*), diikuti oleh peningkatan

jumlah rute dan frekuensi penerbangan.

Indonesia yang merupakan negara kepulauan terdiri dari beberapa kota besar (metropolitan) dan banyak kota-kota kecil yang sedang membangun. Oleh sebab itu, pada beberapa rute penerbangan terdapat kota-kota tertentu yang menjadi favorit maskapai penerbangan untuk menyediakan layanan

penerbangan karena jumlah *demand* yang besar. Sementara itu, besarnya wilayah Indonesia menjadi peluang bagi maskapai penerbangan untuk menawarkan banyaknya rute penerbangan. Setiap pesawat udara akan melalui beberapa rute penerbangan ke berbagai kota tujuan di Indonesia. Oleh sebab itu, pada beberapa tujuan, penumpang harus transit dahulu sebelum menuju kota tujuan.

Pelayanan maskapai penerbangan kadangkala kurang memuaskan penumpang. Salah satu penyebabnya adalah *delay*. Menurut Perum Lembaga Penyelenggara Pelayanan Navigasi Penerbangan Indonesia (LPPNPI), <http://www.tempo.co/read/news/2013>, ada tiga jenis faktor keterlambatan, yaitu faktor teknis operasional, faktor nonteknis operasional, dan faktor cuaca. Faktor teknis operasional dapat disebabkan oleh bandar udara asal atau tujuan yang tidak dapat digunakan untuk operasional pesawat, gangguan fungsi lingkungan menuju bandara atau landasan bandara, seperti keretakan, banjir atau kebakaran, terjadinya antrean pesawat yang hendak lepas landas maupun mendarat, atau "*slot time*" di bandar udara, dan proses pengisian bahan bakar. Sementara itu, untuk faktor nonteknis operasional, dapat terjadi karena keterlambatan pilot, kopilot dan awak kabin, keterlambatan jasa boga atau "*catering*", keterlambatan penanganan di darat, menunggu penumpang, baik yang baru melapor atau "*check in*", pindah pesawat atau "*transfer*", atau yang akan mengikuti penerbangan lanjutan atau "*connecting flight*". Selain faktor teknis dan non teknis operasional tersebut, faktor cuaca juga dapat menyebabkan terjadinya *delay* seperti hujan lebat, petir, badai hujan lebat, petir, badai, kabut, dan asap. Selain itu jarak pandang di bawah standar minimal dan kecepatan angin melampaui standar maksimal merupakan kondisi cuaca yang perlu diwaspadai.

Sistem *Connecting flight* akan semakin memperbesar terjadinya resiko *delay* pada bandar udara-bandar udara transit. Hal ini terjadi apabila salah satu rute penerbangan menuju bandar udara transit, maka pada rute berikutnya untuk pesawat udara yang menunggu penumpang transit berikutnya akan mengalami keterlambatan. Terkait dengan hal tersebut diatas, maka perlu dilakukan penghitungan simulasi panjang waktu keterlambatan penerbangan (*delay*) pada bandar udara transit sebagai dampak dari keterlambatan salah satu titik penerbangan awal.

TINJAUAN PUSTAKA

Puput, Pengertian Simulasi, <http://>

seaparamita.blogspot.com, 2009, menyampaikan bahwa simulasi adalah suatu cara untuk menduplikasi/menggambarkan ciri, tampilan, dan karakteristik dari suatu sistem nyata. Ide awal dari simulasi adalah untuk meniru situasi dunia nyata secara matematis, kemudian mempelajari sifat dan karakter operasionalnya, dan akhirnya membuat kesimpulan dan membuat keputusan berdasar hasil dari simulasi. Dengan cara ini, sistem di dunia nyata tidak disentuh /dirubah sampai keuntungan dan kerugian dari apa yang menjadi kebijakan utama suatu keputusan di uji cobakan dalam sistem model.

Nyoman Martin Adiputra, *Pengenalan Pemodelan dan Simulasi*, 2009, menyatakan bahwa Model adalah suatu representasi yang sederhana dari kenyataan. Terdapat 2 (dua) tipe model yaitu model konseptual dan model matematik. Dalam proses pemodelan sistem diperlukan pemahaman tentang dasar probabilitas, statistika dan kalkulus dasar. Ada 5 (lima) tipe umum pembuatan model, yaitu :

1. *Regression Models*, adalah alat untuk membangun model statistika yang hubungannya memiliki ciri antara variable yang saling bergantung dan variable yang bebas.
2. Model Analisis Resiko (*Risk Analysis Models*), mendukung kebutuhan bisnis dalam penilaian resiko.
3. Model Analisis Keputusan, membantu dalam pengambilan keputusan dengan cara membandingkan alternatif pilihan yang jumlahnya sedikit dan mencari pilihan yang terbaik.
4. Model Simulasi, membantu untuk menganalisis keputusan yang melibatkan ketidakpastian yang tinggi.
5. Model Optimasi, membantu pembuat keputusan untuk mengidentifikasi tindakan terbaik yang harus dilakukan, biasanya ketika dihadapkan dengan sumberdaya yang terbatas.

Simulasi adalah tiruan dari fasilitas atau proses dari suatu operasi, biasanya menggunakan komputer. Kapan harus dan tak harus menggunakan simulasi. Simulasi biasa digunakan untuk mempelajari sistem yang kompleks, sehingga dengan adanya simulasi dapat mengetahui detail-detail kerja dari sistem yang kompleks tersebut. Jadi untuk sistem yang kompleks, simulasi sangat diperlukan. Simulasi digunakan untuk mempelajari akibat dari perubahan-perubahan dari sistem yang ada, maksudnya dengan melakukan simulasi, dapat diketahui kelemahan dari sistem yang ada sebelum sistem dibangun.

Thea, Model Simulasi Diskrit, <http://dtheablog.blogspot.com,2011>, menyatakan bahwa Sistem adalah sekumpulan obyek yang tergabung dalam suatu interaksi dan interdependensi yang teratur. Sistem dibedakan menjadi dua tipe yaitu sistem diskrit dan sistem kontinu. Simulasi adalah suatu prosedur kuantitatif, yang menggambarkan sebuah sistem, dengan mengembangkan sebuah model dari system tersebut dan melakukan sederetan uji coba untuk memperkirakan perilaku sistem pada kurun waktu tertentu.

Arman Maulana, Teori Antrian, Riset Operasi, <http://armandjexo.blogspot.com, 2012>, Antrian timbul disebabkan oleh kebutuhan akan layanan melebihi kemampuan (kapasitas) pelayanan atau fasilitas layanan, sehingga pengguna fasilitas yang tiba tidak bisa segera mendapat layanan disebabkan kesibukan layanan. Pada banyak hal, tambahan fasilitas pelayanan dapat diberikan untuk mengurangi antrian atau untuk mencegah timbulnya antrian. Akan tetapi biaya karena memberikan pelayanan tambahan, akan menimbulkan pengurangan. Salah satu model yang sangat berkembang sekarang ini ialah model matematika. Umumnya, solusi untuk model matematika dapat dijabarkan berdasarkan dua macam prosedur, yaitu: analitis dan simulasi. Pada model simulasi, solusi tidak dijabarkan secara deduktif. Sebaliknya, model dicoba terhadap harga – harga khusus variabel jawab berdasarkan syarat – syarat tertentu (sudah diperhitungkan terlebih dahulu), kemudian diselidiki pengaruhnya terhadap variabel kriteria. Karena itu, model simulasi pada hakikatnya mempunyai sifat induktif. Misalnya dalam persoalan antrian, dapat dicoba pengaruh bermacam – macam bentuk sistem pembayaran sehingga diperoleh solusi untuk situasi atau syarat pertibaan yang mana pun.

1. Ada 4 model struktur antrian dasar yang umum terjadi dalam seluruh sistem antrian : *Single Channel – Single Phase*, *Single Channel* berarti hanya ada satu jalur yang memasuki sistem pelayanan atau ada satu fasilitas pelayanan. *Single Phase* berarti hanya ada satu pelayanan.
2. *Single Channel – Multi Phase*, Istilah *Multi Phase* menunjukkan ada dua atau lebih pelayanan yang dilaksanakan secara berurutan (dalam phase phase).
3. *Multi Channel – Single Phase*, *Sistem Multi Channel – Single Phase* terjadi kapan saja di mana ada dua atau lebih fasilitas pelayanan dialiri oleh antrian tunggal.

4. *Multi Channel – Multi Phase.*

Van Ocoel Cavarella Van the Boch, Queuing Theory Models, Mengetahui Tentang Teori Antrian, 2012, menyatakan bahwa menurut **Siagian (1987)**, antrian adalah suatu garis tunggu dari nasabah yang memerlukan layanan dari satu atau lebih pelayanan (fasilitas). Secara umum antrian ini dapat dikelompokkan menjadi sistem yang berbeda-beda dimana teori antrian dan simulasi sering diterapkan secara luas. Pengelompokkannya menurut Hillier dan Lieberman adalah sebagai berikut:

1. Sistem pelayanan komersial
2. Sistem pelayanan bisnis industri
3. Sistem pelayanan transportasi
4. Sistem pelayanan sosial

Teori antrian ini bertujuan untuk merancang fasilitas pelayanan yang sesuai untuk mengatasi permintaan pelayanan yang secara random yang terjadi dan untuk menjaga keseimbangan antara biaya pelayanan (waktu idle) dan biaya (waktu) yang diperlukan selama antri.

Komponen dari sistem antrian terbagi atas beberapa sistem antara lain:

Kedatangan, Setiap masalah antrian melibatkan kedatangan, misalnya orang, mobil, atau panggilan telepon untuk dilayani. Kedatangan ini sering dinamakan proses input. Proses input meliputi sumber kedatangan atau biasa dinamakan calling population dan cara terjadinya. Kedatangan pada umumnya merupakan proses random. Sebagai contoh jumlah mahasiswa yang antri untuk registrasi di sebuah perguruan tinggi sudah diketahui jumlahnya (*finite*), sedangkan jumlah nasabah bank yang antri untuk setor, menarik tabungan, maupun membuka rekening baru, bisa tak terbatas (*infinte*).

1. Pelayanan atau mekanisme pelayanan dapat terdiri dari satu atau lebih pelayan, atau satu atau lebih fasilitas pelayanan. Contohnya, jalan tol dapat memiliki beberapa pintu tol. Mekanisme pelayanan dapat hanya terdiri dari satu pelayan dalam satu fasilitas pelayanan yang ditemui pada loket seperti pada penjualan tiket di gedung bioskop. Di samping itu, perlu diketahui cara pelayanan dirampungkan, yang kadang-kadang merupakan proses random. Teori permainan adalah suatu cara belajar yang digunakan dalam menganalisa interaksi antara sejumlah pemain maupun perorangan yang menunjukkan strategi-strategi yang rasional.

Teori permainan pertama kali ditemukan oleh

sekelompok ahli Matematika pada tahun 1944. Teori itu dikemukakan oleh John von Neumann and Oskar Morgenstern yang berisi: "Permainan terdiri atas sekumpulan peraturan yang membangun situasi bersaing dari dua sampai beberapa orang atau kelompok dengan memilih strategi yang dibangun untuk memaksimalkan kemenangan sendiri atau pun untuk meminimalkan kemenangan lawan. Peraturan-peraturan menentukan kemungkinan tindakan untuk setiap pemain, sejumlah keterangan diterima setiap pemain sebagai kemajuan bermain, dan sejumlah kemenangan atau kekalahan dalam berbagai situasi."

2. **Antri, Inti dari analisa antrian** menurut **J. Von Neumann and O. Morgenstern, Theory of Games and Economic Behavior, 1953**, adalah antri itu sendiri. Timbulnya antrian terutama tergantung dari sifat kedatangan dan proses pelayanan. Penentu antrian lain yang penting adalah disiplin antri. Disiplin antri adalah aturan keputusan yang menjelaskan cara melayani pengantri, misalnya, datang awal dilayani dulu, datang terakhir dilayani dulu, berdasar prioritas, dan secara random. Jika tak ada antrian berarti terdapat pelayan yang nganggur atau kelebihan fasilitas pelayanan.

Dalam komponen terdapat macam-macam aturan antrian yaitu:

- a. **FIFO: First in First out**, Kedatangan pelanggan pertama menerima pelayanan lebih dulu. Contoh: Membeli tiket bioskop
- b. **LIFO: Last in First out**, Kedatangan terakhir menerima pelayanan lebih dulu. Contoh: pembongkaran barang dari truk
- c. **Random** (acak) Penerimaan pelayanan secara acak Contoh: penanganan terhadap pasien gawat di rumah sakit, pengawasan mutu barang dalam quality control.

Model antrian adalah model probabilistik karena unsur-unsur tertentu proses antrian yang dimasukkan dalam model adalah variabel random. Variabel random ini sering digambarkan dengan distribusi probabilitas

Struktur Sistem Antrian, Dalam teori antrian terdapat juga struktur sistem antrian yang memperlihatkan proses antrian yang terjadi dalam suatu aktifitas yang dilakukan dalam kehidupan sehari-hari. Ada 4 macam struktur dasar antrian yaitu:

1. **Single Channel – Single Phase**, Berarti hanya ada

satu jalur yang memasuki sistem pelayanan atau ada satu fasilitas pelayanan. Single Phase berarti hanya ada satu pelayanan.

2. **Single Channel – Multi Phase**, Istilah Multi Phase menunjukkan ada dua atau lebih pelayanan yang dilaksanakan secara berurutan. Sebagai contoh pencucian mobil.
3. **Multi Channel – Single Phase**, Sistem Multi Channel terjadi kapan saja dimana ada dua atau lebih fasilitas pelayanan dialiri oleh antrian tunggal. Sebagai contoh adalah antrian pada teller bank.
4. **Multi Channel – Multi Phase**, Setiap sistem-sistem ini mempunyai beberapa fasilitas pelayanan pada setiap tahapnya. Sebagai contoh, registrasi para mahasiswa di kampus, pelayanan kepada pasien di rumah sakit pada saat pendaftaran, diagnosa, dan penyembuhan sampai pembayaran.

Panay Leite , Throughput, Delay & jitter, 2010, menjelaskan bahwa *Delay* adalah waktu tunda yang disebabkan oleh proses transmisi dari satu titik ke titik lain yang menjadi tujuannya. Sementara itu, **Fahmizal, Waktu tunda (delay time), 2012**, menjelaskan bahwa delay merupakan ukuran waktu yang menyatakan faktor keterlambatan respon output terhadap input, diukur mulai $t = 0$ s/d respon mencapai 50% dari respon *steady state*.

Dr. Ir. Harinaldi, M.Eng "Prinsip-Prinsip Statistik Untuk Teknik dan Sains", Penerbit Erlangga, Jakarta, 2005. Menjelaskan bahwa tingkat pelayanan (*service rate*) adalah rata-rata jumlah pelanggan yang dapat dilayani selama periode waktu tertentu. Biasanya tingkat pelayanan mengikuti distribusi probabilitas eksponensial (*exponential probability distribution*).

Anwar Ef, <http://www.dapatinfo.com>, 2012, Connecting flight adalah penerbangan yang berhenti di bandara lain sebelum berangkat lagi menuju tujuan yang sebenarnya. *Connecting flight* bisa menggunakan pesawat dari *airlines* yang sama dan bisa juga menggunakan pesawat dengan *airlines* yang berbeda.

Studi Terdahulu

Lukman Suryani, Model Antrian Kendall-Lee (Studi Kasus: Antrian Pembelian Tiket Kereta Kaligung Jurusan Semarang Tegal Di Stasiun Poncol Semarang), 2011, Ukuran keefektifan suatu sistem antrian Kendall-Lee $M / M / 1$ meliputi ekspektasi jumlah pelanggan dalam antrian (L_q),

ekspektasi jumlah pelanggan dalam sistem (L_s), ekspektasi waktu menunggu dalam antrian (W_q), ekspektasi waktu menunggu dalam sistem (W_s), dan ekspektasi waktu kosong pelayanan (X). Sistem antrian efektif jika waktu tunggu pelanggan dalam sistem maupun antrian tidak terlalu lama.

Ima Wahyudi, penerapan model antrian dua fase (studi kasus di rumah sakit mata dr. Yap Yogyakarta). Skripsi thesis, Uin Sunan Kalijaga Yogyakarta, 2010, menyampaikan bahwa Dari hasil penelitian ini diketahui bahwa dengan waktu tunggu rata-rata pasien dalam sistem maupun dalam antrian kurang lebih 60 menit (1 jam), dan melihat bahwa antrian terjadi di sebuah rumah sakit, maka dapat dikatakan bahwa model antrian dua fase sudah begitu efektif digunakan di rumah sakit Mata Dr. Yap Yogyakarta. Oleh karena itu, tidak perlu dilakukan penambahan loket lagi, baik di bagian pendaftaran maupun ruang praktek, karena fasilitas pelayanan sudah cukup memadai.

R. Djiwandoro Hendrobawono, Peningkatan Pelayanan Keberangkatan Penumpang Pesawat Udara Dengan Menggunakan Model Antrian (Studi Kasus Di Bandar Udara Juanda-Surabaya), 2006, menyampaikan bahwa selama tahun 1995 rata-rata tingkat keterlambatan penerbangan domestik 39 % dan internasional 28,3 %. Berdasarkan hasil pengamatan diketahui bahwa penyebab keterlambatan tersebut adalah 11,2 % disebabkan oleh pelayanan di terminal bandar udara (station handling). Dengan menggunakan pelayanan model antrian, dapat diketahui berapa jumlah pelayan yang efektif dan optimal agar waktu pelayanan yang ditentukan diharapkan dapat dicapai.

Ataline Muliasari. ST.MT, Kajian Penggunaan Body Scanning Terhadap Antrean X-Ray Dan Walk Through Metal Detector Di Terminal 1a Bandar Udara Soekarno Hatta, 2010, menyampaikan bahwa Apabila *Walk Through Metal Detector* tetap difungsikan, dan semua calon penumpang di Bandar Udara Soekarno Hatta tetap harus melalui *Body Scanning* maka akan terdapat antrean yang cukup panjang yaitu 22 orang permenit. Sementara itu, bila *Walk Through Metal detector* diganti dengan *Body Scanning* maka akan terdapat antrean yang sangat panjang yaitu 20 orang permenit. Peralatan *body scanning* belum memungkinkan untuk diberlakukan pada semua calon penumpang karena akan terjadi antrean yang sangat panjang, tentunya akan memperlambat proses pelayanan *check in* pada penumpang. Pemanfaatan fasilitas *body scanning* hanya untuk penumpang yang mencurigakan untuk

sementara sudah baik mengingat masih ada *walk through metal detector* yang mampu mendeteksi logam dan barang-barang berbahaya.

Ari Susetyadi, Waktu Tunggu Take Off Dan Landing Pesawat Udara Pada Runway Bandar Udara Soekarno Hatta, 2012, menyampaikan bahwa Peluang pesawat dapat terlayani tanpa harus menunggu sebesar 0.558, sehingga dapat diketahui bahwa setiap menitnya terdapat 1 (satu) pesawat menunggu. Dengan nilai laju efektif 1 pesawat permenit, dan dengan pelayanan per pesawat 4 menit, maka setiap 1 pesawat terlayani, masih terdapat 4 pesawat menunggu dalam antrean. Sehingga, untuk pesawat ke 4 harus menunggu selama 16 menit untuk dapat *take off* dan *landing*.

Rini Sulianti, Waktu Tunggu Antrean Angkutan Kota (Angkot) Di Terminal Kampung Melayu Jakarta Untuk Beroperasi, 2011, menyampaikan bahwa Penurunan minat masyarakat memanfaatkan fasilitas angkutan kota (angkot) akan menyebabkan terjadi penumpukan moda transportasi umum di Terminal Kampung Melayu untuk menunggu kedatangan penumpang. Terkait dengan hal tersebut diatas, maka diperlukan penelitian terhadap waktu tunggu antrean angkutan kota (angkot) di terminal kampung melayu Jakarta untuk beroperasi. Dari hasil analisis terlihat bahwa rata-rata waktu yang diperlukan Angkot M 18 berada dalam antrian saat peak hours adalah 1,753 jam, atau 106 menit.

Ari Susetyadi, Pengaruh Antrean Pelayanan Penerbangan Terhadap Penggunaan Avtur Di Bandar Udara Soekarno Hatta, 2012, menyampaikan bahwa Bandar udara Soekarno Hatta yang terletak di area metropolis ibukota Indonesia merupakan bandar udara tersibuk nomor 12 (dua belas) dunia. Bandar udara dengan fasilitas 2 (dua) *runway* ini setiap jamnya harus melayani *take off* dan *landing* rata-rata hingga 52 penerbangan setiap jamnya. Kepadatan ini tentunya menimbulkan antrean pelayanan.

Berdasarkan hasil pengolahan data dan analisis dapat disimpulkan bahwa pada umumnya, setiap pesawat udara menghabiskan avtur sebanyak 50 liter per menit. Apabila sebuah pesawat udara harus mengalami antrian selama 10 menit, maka pesawat tersebut mengalami kerugian sebanyak Rp. 4.922.500.

METODOLOGI PENELITIAN

Model Antrian

Teori antrian berkenaan dengan seluruh aspek dari

situasi dimana pesawat harus menunggu pesawat sebelumnya *connecting flight* untuk dapat kembali terbang berdasarkan rute berikutnya. Situasi antrian yang terjadi di bandar udara transit adalah antrean terhadap untuk dapat kembali terbang.

Antrian merupakan bagian dari kehidupan manusia sehari-hari. Antrian terbentuk bilamana banyaknya yang akan dilayani melebihi kapasitas layanan yang tersedia. Dalam banyak hal, penambahan jumlah layanan dapat dipenuhi untuk mengurangi antrian atau menghindari antrian yang terus membesar.

Terdapat beberapa tipe sistem antrian, akan tetapi semua itu dapat diklasifikasikan ke dalam ciri-ciri berikut:

Proses input atau kedatangan: proses ini mencakup banyaknya kedatangan per satuan waktu, jumlah antrian yang dapat dibuat, maksimum panjang antrian, dan maksimum jumlah pelanggan potensial (yang menghendaki layanan).

Proses layanan: proses ini mencakup sebaran waktu untuk melayani seorang pelanggan, banyaknya layanan yang tersedia, dan pengaturan layanan (paralel atau seri).

Disiplin antrian: ini merupakan bentuk dimana pelanggan membentuk antrian: yang datang duluan dilayani duluan atau FIFO (*First In First Out*), yang datang terakhir dilayani duluan atau LIFO (*Last In First Out*), pemilihan secara acak, pemilihan berdasarkan prioritas, dan lain sebagainya.

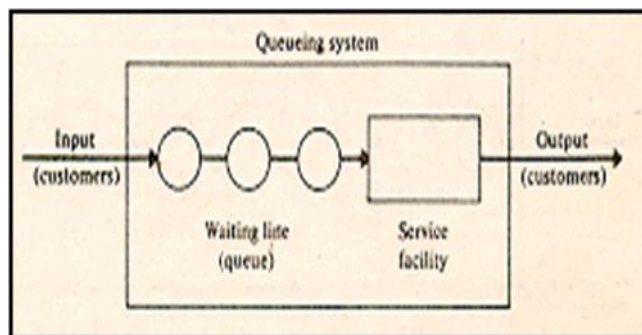
Dalam bagian ini, kita asumsikan bahwa:

Layanan mengikuti aturan siapa datang dahulu, akan dilayani dahulu pula (FIFO)

Datangnya Penumpang benar-benar secara acak namun dengan laju tertentu.

Sistem antrian berada dalam kondisi *steady-state*.

Untuk itu dapat dilihat model antrean pada gambar 2 sebagai berikut:



Gambar 1. Antrean Dengan Model FIFO (*First In First Out*)

Ketiga asumsi ini valid dalam kebanyakan sistem

antrian yang realistik dan akan digunakan untuk menggambarkan penggunaan teori antrian dengan asumsi:

Menerangkan bahwa pelanggan yang datang duluan akan dilayani terlebih dulu tak peduli apakah calon penumpang akan berada dalam antrian atau tidak.

Menerangkan bahwa kedatangan memiliki kesempatan yang sama kapan saja dan tidak tergantung oleh waktu yang telah berlalu sejak kedatangan terakhir. Ini setara dengan mengatakan bahwa banyaknya kedatangan per satuan waktu merupakan peubah acak (*random variable*) yang menyebar menurut sebaran Poisson. Dimana bila X = banyaknya kedatangan per satuan waktu, maka

$$f(x) = P(X = x) = \frac{e^{-a} a^x}{x!} \quad x = 0, 1, 2, \dots, x > 0$$

dan

$$E(X) = a$$

Dimana a : banyaknya kedatangan per satuan waktu. Hasil menarik lainnya (asumsi (b)) adalah bahwa waktu diantara dua kedatangan berturutan, T (juga sering disebut dengan *interarrival time*) memiliki sebaran eksponensial dengan parameter yang sama, a .

HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses transfer pesawat udara

Indonesia memiliki beberapa bandar udara transit, salah satu diantaranya adalah bandar udara Sultan Hasanudin Makassar. Dari bandar udara ini, terdapat beberapa rute penerbangan yang proses keberangkatannya harus menunggu kedatangan dari rute penerbangan yang lainnya.

Sebagai contoh, asumsi untuk rute penerbangan menuju ke Manado yang harus menunggu penerbangan dari rute-rute yang lainnya seperti digambarkan sebagai berikut:

Dari gambar, diasumsikan suatu pesawat udara, untuk terbang dari bandar udara Sultan Hasanudin Makassar harus mengangkut penumpang transit dari Kendari, Denpasar, Surabaya, dan Jakarta. Apabila pada salah satu atau lebih dari rute penerbangan sebelumnya terjadi keterlambatan atau delay, maka akan mempengaruhi penerbangan berikutnya.

Laju kedatangan pesawat



Gambar 2. Asumsi Penerbangan Transit dan Lanjutan

Dalam penelitian terkait dengan simulasi panjang waktu kedatangan, diasumsikan bahwa laju kedatangan () diambil dari keterlambatan kedatangan penumpang transit dari penerbangan-penerbangan sebelumnya. Oleh sebab itu, diasumsikan sebuah pesawat udara untuk berangkat harus menunggu pesawat yang datang sebelumnya, dan pesawat-pesawat tersebut mengalami keterlambatan kedatangan berkisar antara 10 hingga 30 menit.

Waktu yang diperlukan oleh pesawat untuk menunggu keberangkatan

Sebagaimana disampaikan sebelumnya, bahwa simulasi panjang waktu keterlambatan penerbangan (*delay*) ini diasumsikan untuk penerbangan rute Makassar – Manado. Pesawat tersebut harus menunggu 4 (empat) penumpang transit dari rute-rute sebelumnya. Laju kedatangan pada simulasi ini diambil pesawat yang ditunggu paling lama, sehingga ($a = 1$).

Suatu pesawat udara umumnya harus melakukan ground sebelum terbang kembali selama 30 menit. Sementara itu, bila salah satu pesawat yang membawa penumpang transit harus ditunggu selama 30 menit, maka pesawat tersebut harus mengalami ground selama 60 menit. Oleh sebab itu waktu pelayanan terhadap pesawat di apron ($\ll$) adalah 60 menit.

Sebelum menghitung pesawat menunggu keberangkatan, maka perlu diketahui peluang sebuah pesawat dapat berangkat tanpa harus menunggu kedatangan pesawat-pesawat yang

membawa penumpang transit sebelumnya $a = 1$ dan $\ll = 60$

$$P_o = \frac{1}{\left[\frac{a}{\ll} + \frac{1}{2} \left(\frac{a}{\ll} \right)^2 + \frac{1}{2} \left(\frac{a}{\ll} \right)^3 \frac{1}{1 - \frac{a}{3\ll}} \right]}$$

$$P_o = \frac{1}{1 + (1/60) + \frac{1}{2}(1/60)^2 + \frac{1}{6}(1/60)(1 - 1/(3 \times 60))}$$

$$= \frac{1}{1 + 0.017 + (0.00029)^2 + 0.0028(1.0056)}$$

$$= \frac{1}{1.02}$$

$$= 0.98$$

Dengan diketahuinya peluang pesawat dapat terlayani tanpa harus menunggu sebesar 0.98 maka rata-rata pesawat yang menunggu didalam adalah:

$$L = \frac{a}{\ll - a}$$

$$L = 1 / (60 - 1)$$

$$L = 0.017$$

$$LQ = 1 - (0.98 - 0.017)$$

$$= 0.037$$

Nilai laju efektif

$$a_{\text{eff}} = 60 (1 - 0.98)$$

$$= 1.2 \text{ per jam}$$

$$= 2 \text{ pesawat per jam.}$$

Dari hasil perhitungan tersebut diatas, maka dapat diketahui bahwa dalam 1 jam sudah terdapat dua pesawat yang menunggu pesawat-pesawat transit untuk keberangkatan pada rute berikutnya .

KESIMPULAN

Dari hasil pengolahan data, diketahui bahwa apabila suatu pesawat udara harus menunggu kedatangan pesawat berikutnya yang mengalami keterlambatan selama 30 menit untuk berangkat karena membawa penumpang transit, maka pesawat tersebut harus mengalami delay selama 1 jam. Sementara itu, pada kondisi tersebut, sudah terdapat 2 pesawat yang juga menunggu untuk berangkat, dan mengalami delay selama 30 menit.

DAFTAR PUSTAKA

- Anwar Ef, <http://www.dapatinfo.com>, 2012, *Connecting flight*.
- Ari Susetyadi, 2012, *Pengaruh Antrean Pelayanan Penerbangan Terhadap Penggunaan Avtur Di Bandar Udara Soekarno Hatta*.
- Ari Susetyadi, 2012, *Waktu Tunggu Take Off Dan Landing Pesawat Udara Pada Runway Bandar Udara Soekarno Hatta*.
- Arman Maulana, 2012, *Teori Antrian*, Riset Operasi, <http://armandjexo.blogspot.com>.
- Ataline Muliasari, 2010, *Kajian Penggunaan Body Scanning Terhadap Antrean X-Ray Dan Walk Through Metal Detector Di Terminal 1a Bandar Udara Soekarno Hatta*.
- Dr. Ir. Harinaldi, M.Eng, 2005, *Prinsip-Prinsip Statistik Untuk Teknik dan Sains*, Penerbit Erlangga, Jakarta
- Fahmizal, 2012, *Waktu tunda (delay time)*
- Ima Wahyudi, 2010, *penerapan model antrian dua fase (studi kasus di rumah sakit mata dr. Yap Yogyakarta)*. Skripsi thesis, Uin Sunan Kalijaga Yogyakarta.
- J. Von Neumann and O. Morgenstern, 1953, *Theory of Games and Economic Behavior*.
- Lukman Suryani, 2011, *Model Antrian Kendall-Lee (Studi Kasus: Antrian Pembelian Tiket Kereta Kaligung Jurusan Semarang Tegal Di Stasiun Poncol Semarang)*.
- Nyoman Martin Adiputra, 2009, *Pengenalan Pemodelan dan Simulasi*.
- Panay Leite, 2010, *Throughput, Delay & jitter*
- Puput, Pengertian Simulasi, <http://seaparamita.blogspot.com>, 2009
- R. Djiwandoro Hendrobawono, 2006, *Peningkatan Pelayanan Keberangkatan Penumpang Pesawat Udara Dengan Menggunakan Model Antrian (Studi Kasus Di Bandar Udara Juanda-Surabaya)*
- Rini Sulianti, 2011, *Waktu Tunggu Antrean Angkutan Kota (Angkot) Di Terminal Kampung Melayu Jakarta Untuk Beroperasi*.
- Thea, 2011, *Model Simulasi Diskrit*, <http://dtheablog.blogspot.com>.
- Van Ocoel Cavarella Van the Boch, 2012, *Queuing Theory Models, Mengetahui Tentang Teori Antrian*.