MODEL SISTEM ANTRIAN DAN ANALISIS KETERLAMBATAN PESAWAT
(Studi Kasus: Bandara Abdulrachman Saleh Malang)

SKRIPSI

OLEH
SILVIA NAFARIN
NIM. 16610095

JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2020

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

MODEL SISTEM ANTRIAN DAN ANALISIS KETERLAMBATAN PESAWAT
(Studi Kasus: Bandara Abdulrachman Saleh Malang)

SKRIPSI

Diajukan kepada
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Matematika (S.Mat)

Oleh
SILVIA NAFARIN
NIM. 16610095

JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
2020

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

MODEL SISTEM ANTRIAN DAN ANALISIS KETERLAMBATAN PESAWAT
(Studi Kasus: Bandara Abdulrachman Saleh Malang)

SKRIPSI

Oleh
SILVIA NAFARIN
NIM. 16610095

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji
Tanggal 15 Mei 2020

Pembimbing I,	Pembimbing II,
Ria Dhea Layla N.K, M.Si	Dr. Hairur Rahman, M.Si
NIDT 19900709 20180201 2 228	NIP 19800429 200604 1 003

Mengetahui,
Ketua Jurusan Matematika

Dr. Usman Pagalay, M.Si
NIP 19650414 200312 1 001

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

MODEL SISTEM ANTRIAN DAN ANALISIS KETERLAMBATAN PESAWAT
(Studi Kasus: Bandara Abdulrachman Saleh Malang)

SKRIPSI

Oleh
SILVIA NAFARIN
NIM. 16610095

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi
Dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Matematika (S.Mat)
Tanggal 15 Mei 2020

Penguji Utama	: Abdul Aziz, M.Si	.....
Ketua Penguji	: Heni Widayani, M.Si	.....
Sekertaris Penguji	: Ria Dhea Layla N.K, M.Si	.....
Anggota Penguji	: Dr. Hairur Rahman, M.Si	.....

Mengesahkan,
Ketua Jurusan Matematika

Dr. Usman Pagalay, M.Si
NIP 19650414 200312 1 001

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama	: Silvia Nafarin
NIM	: 16610095
Jurusan	: Matematika
Fakultas	: Sains dan Teknologi
Judul Skripsi	: Model Sistem Antrian dan Analisis Keterlambatan Pesawat (Studi kasus: Bandara Abdulrachman Saleh Malang).

menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya sendiri, bukan merupakan pengambilan data, tulisan, atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumebr cuplikan pada daftar pustaka. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 15 Mei 2020
Yang membuat pernyataan,

Silvia Nafarin
NIM. 16610095

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

MOTO

“Jadilah diri sendiri, dalam baik maupun buruk”

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

PERSEMBAHAN

Skripsi ini penulis persembahan untuk:

Ibunda Robiul Lailah, Ayahanda Deni Setyawan, serta adik tersayang Nailufar Qorbi Aqilah. Semua keluarga besar As-sulaimani yang telah mendukung setiap langkah penulis, dan Gugun Ferdiansyah sekeluarga yang telah banyak membantu baik fisik maupun nonfisik.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Segala puji bagi Allah Swt, atas rahmat, taufik serta hidayah-Nya. Sehingga penulis mampu menyelesaikan penyusunan skripsi ini sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana dalam bidang Matematika di Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

Dalam proses penyusunan skripsi ini, penulis banyak mendapat bimbingan dan arahan dari berbagai pihak. Untuk itu ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya dan penghargaan yang setinggi-tingginya penulis sampaikan terutama kepada:

1. Prof. Dr. Abd. Haris, M.Ag, selaku rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. Sri Harini, M.Si, selaku dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Dr. Usman Pagalay, M.Si, selaku ketua Jurusan Matematika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Ria Dhea Layla N.K, M.Si, selaku dosen pembimbing I yang telah banyak memberikan arahan, nasihat, motivasi, dan berbagi pengalaman yang berharga kepada penulis.
5. Dr. Hairur Rahman, M.Si, selaku dosen pembimbing II yang telah banyak memberikan arahan dan berbagi ilmunya kepada penulis.
6. Abdul Aziz, M.Si, selaku dosen penguji utama yang telah banyak memberikan arahan serta membimbing kepada penulis.
7. Heni Widayani, M.Si, selaku dosen penguji kedua yang telah meluangkan waktu untuk membimbing penulis.
8. Segenap civitas akademika Jurusan Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang terutama seluruh dosen, terima kasih atas segala ilmu dan bimbingannya.
9. Ayah dan Ibu yang selalu memberikan doa, semangat, serta motivasi kepada penulis sampai saat ini.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

10. Seluruh teman-teman di Jurusan Matematika angkatan 2016, terutama "Keluarga Tim Belajar", "Keluarga Nemo Never End", "Keluarga Khadijah 21", yang berjuang bersama-sama meraih mimpi, terima kasih atas dukungan dalam bentuk apapun dan kenangan indah yang telah dirajut dalam menggapai impian.
11. Semua pihak yang ikut membantu dalam menyelesaikan skripsi ini baik moril maupun materiil.

Akhirnya penulis berharap semoga skripsi ini bermanfaat bagi penulis dan bagi pembaca.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb

Malang, 15 Mei 2020

Penulis

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL

HALAMAN PENGAJUAN

HALAMAN PERSETUJUAN

HALAMAN PENGESAHAN

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

HALAMAN MOTO

HALAMAN PERSEMBAHAN

KATA PENGANTAR viii

DAFTAR ISI x

DAFTAR TABEL xiii

DAFTAR GAMBAR xiv

DAFTAR SIMBOL xv

DAFTAR LAMPIRAN xvi

ABSTRAK xvii

ABSTRACT xviii

ملخص xix

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang 7

1.2 Rumusan Masalah 7

1.3 Tujuan Penelitian 7

1.4 Manfaat Penelitian 7

1.5 Batasan Masalah 8

1.6 Sistematika Penulisan 8

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Teori Antrian 10

2.1.1 Distribusi Kedatangan 11

2.1.2 Distribusi Waktu Pelayanan 12

2.1.3 Kapasitas Sistem 12

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

2.1.4 Komponen Sistem Lapangan Udara 13
2.1.5 Disiplin Antrian 14
2.1.6 Sistem Antrian 15
2.1.7 Notasi Kendall 17
2.1.8 Proses Poisson dan Distribusi Eksponensial 18
2.1.9 Uji Kolmogorov Smirnov 23
2.1.10 Ukuran Steady State 24
2.1.11 Model Antrian dan Ukuran Keefektifan Sistem 24
2.2 Keterlambatan Pesawat *(Delay)* 28
2.2.1 Faktor Penyebab Keterlambatan Pesawat *(Delay)* 29
2.2.2 Kompensasi Keterlambatan Penerbangan Pesawat 30
2.2.3 Distribusi Keterlambatan 31
2.2.4 Proses Distribusi Keterlambatan *(Delay)* 32
2.3 Gambaran Umum Bandara Abdulrachman Saleh Malang 34

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian 35
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian 35
3.3 Jenis dan Sumber Data 35
3.4 Prosedur Penelitian 35
3.5 Flowchart Penelitian 37

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Pemodelan Sistem Antrian 39
4.1.1 Analisis Deskriptif Kedatangan dan Pelayanan Pesawat 39
4.1.1.1 Deskripsi Kedatangan Pesawat 41
4.1.1.2 Deskripsi Pelayanan Pesawat 43
4.1.2 Analisis Sistem Antrian 46
4.1.2.1 Uji Distribusi Poisson pada Kedatangan Pesawat 46
4.1.2.2 Uji Distribusi Eksponensial pada Pelayanan Pesawat 47
4.1.2.3 Analisis Model Antrian 49
4.2 Analisis Keterlambatan Pesawat 52

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

4.2.1 Analisis Deskriptif Keterlambatan Pesawat 52
4.2.1.1 Deskripsi Keterlambatan Kedatangan Pesawat 54
4.2.1.2 Deskripsi Keterlambatan Keberangkatan Pesawat 55
4.2.2 Analisis Tingkat Keterlambatan Pesawat 57
4.2.2.1 Uji Distribusi Eksponensial pada Keterlambatan Kedatangan Pesawat 58
4.2.2.2 Uji Distribusi Eksponensial pada Keterlambatan Keberangkatan Pesawat 60
4.2.2.3 Tingkat Keterlambatan berdasarkan Jenis Maskapai 61
4.2.2.4 Tingkat Keterlambatan berdasarkan Bandara Asal/Tujuan 63
4.2.2.5 Tingkat Keterlambatan berdasarkan Faktor Penyebab 66

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan 69
5.2 Saran 70

DAFTAR PUSTAKA 72
LAMPIRAN
DAFTAR RIWAYAT HIDUP
BUKTI KONSULTASI SKRIPSI

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Rekaptulasi Data Kedatangan dan Waktu pelayanan Pesawat di Bandara Abdulrachman Saleh Malang 40

Tabel 4.2 Rekaptulasi Kedatangan Pesawat Setiap Interval 120 Menit 41

Tabel 4.3 Rekaptulasi Pelayanan Pesawat Setiap Interval 10 Menit 41

Tabel 4.4 Deskripsi Data Kedatangan Pesawat pada Tanggal 1 Bulan Januari 2019 42

Tabel 4.5 Deskripsi Data Pelayanan Pesawat pada Tanggal 1 Bulan Januari 2019 45

Tabel 4.6 Uji Distribusi Kedatangan Pesawat pada Tanggal 1 Bulan Januari 2019 46

Tabel 4.7 Uji Distribusi Pelayanan Pesawat pada Tanggal 1 Bulan Januari 2019 48

Tabel 4.8 Rekaptulasi Keterlambatan Kedatangan Pesawat Setiap Minggu pada Bulan Januari 2019 53

Tabel 4.9 Rekaptulasi Keterlambatan Keberangkatan Pesawat Setiap Minggu pada Bulan Januari 2019 53

Tabel 4.10 Deskripsi Data Keterlambatan Kedatangan Pesawat pada Bulan Januari 2019..... 54

Tabel 4.11 Deskripsi Data Keterlambatan Keberangkatan Pesawat pada Bulan Januari 2019..... 56

Tabel 4.12 Uji Distribusi Keterlambatan Kedatangan Pesawat pada Bulan Januari 2019..... 58

Tabel 4.13 Uji Distribusi Keterlambatan Keberangkatan Pesawat pada Bulan Januari 2019..... 60

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Alur Sistem Pelayanan Single Channel – Single Phase	15
Gambar 2.2	Alur Sistem Pelayanan Multiple Channel – Single Phase...	16
Gambar 2.3	Alur Sistem Pelayanan Multiple Channel – Multiple Phase	16
Gambar 2.4	Alur Sistem Pelayanan Single Channel – Multiple Phase...	17
Gambar 3.1	Flowchart Alur Penelitian	38
Gambar 4.1	Alur Pelayanan Pesawat di Bandara Abdulrachman Saleh Malang	39
Gambar 4.2	Persentase Kedatangan Pesawat pada 1 Januari 2019.....	42
Gambar 4.3	Plot Sebaran Data Kedatangan Pesawat.....	43
Gambar 4.4	Persentase Pelayanan Pesawat pada 1 Januari 2019	44
Gambar 4.5	Plot Sebaran Data Pelayanan Pesawat	45
Gambar 4.6	Persentase Keterlambatan Kedatangan Seluruh Maskapai pada Bulan januari 2019.....	54
Gambar 4.7	Plot Keterlambatan kedatangan Pesawat	55
Gambar 4.8	Persentase Keterlambatan Keberangkatan Seluruh Maskapai pada Bulan januari 2019.....	56
Gambar 4.9	Plot Keterlambatan keberangkatan Pesawat	57
Gambar 4.10	Keterlambatan Kedatangan berdasarkan Jenis Maskapai ...	62
Gambar 4.11	Keterlambatan Keberangkatan berdasarkan Jenis Maskapai	63
Gambar 4.12	Rata-rata Keterlambatan Kedatangan berdasarkan Bandara Asal	64
Gambar 4.13	Rata-rata Keterlambatan Keberangkatan berdasarkan Bandara Tujuan	65
Gambar 4.14	Faktor Penyebab Keterlambatan Kedatangan Pesawat	66
Gambar 4.15	Faktor Penyebab Keterlambatan Keberangkatan Pesawat .	67

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

DAFTAR SIMBOL

D : Pelayanan konstan / Deterministik

G : Distribusi Umum/General

M : Distribusi Poisson atau Eksponensial

e : Bilangan euler, 2,71828

λ : Jumlah rata-rata konsumen yang datang pada setiap satuan waktu

μ : Jumlah rata-rata waktu dalam melayani konsumen

n : Jumlah kedatangan

p : Intensitas waktu layanan dalam fasilitas pelayanan

t : Waktu pelayanan

p_n : Probabilitas kedatangan ke-n

L_q : Jumlah rata-rata konsumen dalam antrian

L_s : Jumlah rata-rata konsumen dalam sistem

W_q : Rata-rata waktu tunggu konsumen dalam antrian

W_s : Rata-rata waktu tunggu konsumen dalam sistem

$1/\lambda$: Jarak waktu kedatangan rata-rata

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Kedatangan Pesawat

Lampiran 2 Data Pelayanan Pesawat

Lampiran 3 Data Keterlambatan Pesawat

Lampiran 4 Output Uji Distribusi Kedatangan pesawat menggunakan Program Minitab

Lampiran 5 Output Uji Distribusi Pelayanan Pesawat menggunakan Program Minitab

Lampiran 6 Output Hasil Analisis Model Antrian Pesawat Menggunakan Program POM for Window

Lampiran 7 Output Uji Distribusi Keterlambatan Kedatangan Pesawat menggunakan Program Minitab

Lampiran 8 Output Uji Distribusi Keterlambatan Keberangkatan Pesawat menggunakan Program Minitab

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

ABSTRAK

Nafarin, Silvia. 2020. **Model Sistem Antrian dan Analisis Keterlambatan Pesawat (Studi kasus: Bandara Abdulrachman Saleh Malang).** Tugas akhir / skripsi. Jurusan Matematika Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Ria Dhea Layla N.K, M.Si. (II) Dr. Hairur Rahman, M.Si

Kata kunci: Model sistem antrian, Keterlambatan, Poisson, Eksponensial, Bandara Abdulrachman Saleh Malang

Sistem antrian pesawat di Bandara Abdulrachman Saleh Malang perlu dilakukan analisis menggunakan teori antrian. Teori antrian merupakan alat yang efektif dan praktis untuk membantu pengambilan keputusan dalam mengelola sumber daya di segala bidang terutama transportasi. Teori ini diaplikasikan pada sistem kedatangan, pelayanan dan keterlambatan di Bandara Abdulrachman Saleh Malang untuk mengoptimalkan pelayanan dengan mengefektifkan waktu pelayanan serta tetap mengutamakan kualitas kinerja dari sistem tersebut. Berdasarkan analisis antrian, dapat diketahui model sistem antrian di Bandara Abdulrachman Saleh Malang yaitu [M/M/1] : [GD/K/∞]. Rata-rata kedatangan pesawat yaitu 3 pesawat setiap 120 menit dan rata-rata waktu pelayanan yaitu 35,059 menit setiap pesawat. Berdasarkan analisis tersebut dapat diketahui bahwa sistem antrian di Bandara Abdulrachman Saleh Malang sudah cukup baik. Pada analisis keterlambatan pesawat diketahui bahwa maskapai dengan tingkat persentase keterlambatan kedatangan paling tinggi yaitu maskapai Wings Air dan maskapai Batik Air pada keterlambatan keberangkatan, sedangkan maskapai Lion Air memiliki tingkat keterlambatan konstan atau selalu terlambat. Bandara asal yang memiliki pengaruh keterlambatan paling tinggi yaitu Bandara Cengkareng *(Soekarno Hatta),* sedangkan untuk bandara tujuan yang memiliki pengaruh keterlambatan paling tinggi yaitu bandara Denpasar *(Ngurah Rai)*. Faktor penyebab keterlambatan kedatangan maupun keberangkatan di dominasi oleh faktor Operasional.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

ABSTRACT

Nafarin, Silvia. 2020. **Queuing System Model and Delays Analyze Aircraft (Case study: Bandara Abdulrachman Saleh Malang).** Thesis. Department of Matematics, Faculty Of Science and Technology, Islamic State University of Maulana Malik Ibrahim Malang. Advisors: (I) Ria Dhea Layla N.K, M.Si. (II) Dr. Hairur Rahman, M.Si

Keyword: Queuing System Model, Delays, Poisson, Eksponential, Bandara Abdulrachman Saleh Malang

The thesis analyzed the aircraft queuing system at Abdulrachman Saleh Airport Malang with queuing theory. Queuing theory is an effective way of analyzing this research in managing resources in all sectors, especially transportation. This theory is applied to passengers' arrival, service, and tardiness systems at Abdulrachman Saleh Airport Malang to optimize the services by streamlining service time and prioritized the quality performance. Based on the queuing analysis, it can be seen that the queuing system model at Abdulrachman Saleh Airport Malang using [M / M / 1]: [GD / K / ∞]. The average number of aircraft arrival is 3 planes in every 120 minutes and the average service time is 35,059 minutes of each. The result shows that the queuing system at Abdulrachman Saleh Airport Malang is quite good already. In the analysis of aircraft delay, the airlines with the highest percentage in the airport, the arrival delay levels are Wings, and Batik airlines on departure delay. In contrast, Lion Air airlines have a constant delay level. The origin airport which has the highest effect of delay is Cengkareng Airport (*Soekarno Hatta*), while the destination airport that has the highest delay effect is Denpasar airport (*Ngurah Rai*). Operational factors dominate the cause of arrival and departure delay.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

ملخص

نفر، سلفية ٢٠٢٠ . **نموذج نظام الانتظار وتحليل تأخّر الطائرة (في مطار عبد الرحمن صالح مالانج)** بحث جامعي.قسم الرياضيات، كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة الاسلامية مولانا مالك إبراهيم مالانج.

المشرفة الأولى: ريا ديا ليلة ن,ك الماجستير. المشرف الثاني: د. خير الرحمن الماجستير

الكلمة المفتحية : نموذج نظام الانتظار، التأخّر، السموم، الآسي، مطار عبد الرحمن صالح مالانج

تقتضى نظام الانتظار للرحلات في مطار عبد الرحمن صالح في مالانج على تحليل بنظرية الانتظار. تعد نظرية الانتظار أداة فعالة وعملية للمساعدة في قضاء القرار في إدارة الموارد في جميعِ المجالات وخاصة عن وسائل النقل. يتم تطبيق هذه النظرية على أنظمة الوصول والخدمة والتأخّر في مطار عبد الرحمن صالح في مالانج لتحسين الخدمات من خلال تبسيط وقت الخدمة واستمرار إعطاء الأولوية لجودة أداء النظام. بناءا على تحليل الانتظار في مطار عبد الرحمن صالح في مالانج[M/M/1]: [GD/K/∞]، يبلغ متوسط وصول الرحلة ٣ طائرات كل ١٢٠ دقيقة ومتوسط وقت الخدمة ٣٥,٠٥٩ دقيقة للطائرة، استنادا إلى هذا التحليل، يمكن الملاحظة أنّ نظام الانتظار في مطار عبد الرحمن صالح في مالانج جيد بما فيه الكفاية. من المعرُوْف أنّ تحليل التأخّر في الرحلة هو أنّ الخطوط الجوية التي لديها أعلى نسبة من مستويات الوصول المتأخر في شركتي Wings Air وBatik Air في أوقات المغادرة المتأخرة، لكن خطوط Lion Air لديها مستوى ثابت أو متأخر دائما. المطار الأصلي الذي يتمتع بأكبر قدر من التأخّر هو مطار(*Soekarno Hatta*) Cengkareng ، في حين أنّ مطار الوجهة الذي لديه أعلى تأثير تأخّر هو مطار (*Ngurah Rai*) Denpasar . العوامل التي تتسبب في الوصول والمغادرة المتأخرة تهيمن عليها العوامل التشغيلية.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu problematika yang kerap terjadi dalam kehidupan sehari-hari yaitu kejadian menunggu. Kejadian menunggu merupakan dasar adanya baris antrian pada suatu pelayanan. Menurut Nia (2014), antrian terjadi dikarenakan kebutuhan layanan melebihi kapasitas pelayanan atau fasilitas layanan, sehingga konsumen yang datang tidak segera mendapatkan layanan menyebabkan keterlambatan bagi konsumen lain karena kesibukan layanan. Tambahan fasilitas pada pelayanan dapat diberikan dengan tujuan mengurangi antrian dan untuk mencegah timbulnya antrian. Namun, dalam proses layanan ada biaya yang harus dipertimbangkan agar tidak menimbulkan berkurangnya keuntungan sehingga mengalami kerugian. Sebaliknya, panjang antrian akan mengakibatkan hilangnya pelanggan / konsumen.

Antrian panjang seringkali terjadi seperti pada bank, pada bandara, pada rumah sakit, meningkatnya permintaan dengan sumber daya yang terbatas seringkali menimbulkan permasalahan. Perusahaan harus melayani pelanggan atau konsumen supaya tidak menunggu lama karena bertambahnya pelanggan maka bertambah pula transaksi dalam dunia usaha. Sehubungan dengan hal itu pemahaman teori antrian sangat dibutuhkan. Teori antrian yaitu salah satu materi mengenai sebuah urutan tunggu atau (antrian) yang menjelaskan elemen dilayani di posisi antrian paling depan, proses menunggu elemen di tengah-tengah antrian, dan proses pemasukkan elemen baru pada antrian (Gharta, 2011).

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Kejadian menunggu atau mengantri juga diterangkan dalam al-qur'an, sebagaimana firman allah SWT dalam QS. Al-Fajr : 22, yang berbunyi:

وَجَاءَ رَبُّكَ وَالْمَلَكُ صَفًّا صَفًّا۝

Terjemahnya:

"Dan datanglah tuhanmu, sedang malaikat berbaris-baris".

Berdasarkan QS. Al-Fajr ayat 22 dijelaskakan bahwa Allah SWT akan datang pada hari Kiamat untuk menyelesaikan permasalahan di antara hamba-hamba-Nya dalam naungan awan, namun kita tidak mengetahui bagaimana datangnya (mengimaninya wajib dan menanyakannya adalah bid'ah), wallahu a'lam. Demikian pula para malaikat dari setiap langit akan datang satu shaf-satu shaf dan mengepung manusia. Berbarisnya mereka ini adalah berbaris dengan sikap tunduk dan merendahkan diri kepada Allah SWT. Malaikat berbaris untuk merendahkan diri karena allah menyukai barisan yang teratur sebagaimana firman allah SWT dalam QS. As-Saff : 4, berbunyi:

إِنَّ اللَّهَ يُحِبُّ الَّذِينَ يُقَاتِلُونَ فِي سَبِيلِهِ صَفًّا كَأَنَّهُمْ بُنْيَانٌ مَرْصُوصٌ۝

Terjemahnya:

"Sesunguhnya Allah SWT menyukai orang yang berperang dijalan-Nya dalam barisan yang teratur seakan akan mereka seperti suatu bangunan yang tersusun kokoh".

Berdasarkan QS. As-Saff ayat 4 dijelaskakan bahwa Allah SWT menyukai barisan yang teratur. Barisan yang teratur dalam kehidupan sehari-hari biasa diapliksikan dalam sebuah kejadian yang berhubungan dengan objek yang banyak, sehingga satu sama lain dapat mencerminkan sikap menghargai, sikap toleransi, sabar dan tidak menyebabkan keributan. Allah SWT mencintai barisan yang teratur termasuk didalamnya yaitu perihal sholat dan menunggu dalam antrian. Menunggu atau mengantri merupakan bagian dari sistem antrian dalam suatu layanan yang

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

akan membentuk sebuah baris antrian. Artinya yaitu allah menganjurkan atas hambanya menjalankan suatu perintah, termasuk perintah menunggu antrian untuk mendapatkan suatu layanan dengan membentuk barisan yang teratur, dengan mendahulukan konsumen yang datang terlebih dahulu. Rasulullah SAW mengajarkan umat manusia untuk menjadi orang yang beriman. Sebagai umat manusia yang beriman, kita dianjurkan untuk bersabar dalam menghadapi kejadian menunggu pada suatu sistem antrian.

Penelitian dilakukan di Bandara Abdulrachman Saleh Malang yang merupakan bandara yang dikelola oleh pemerintah daerah yang beroperasi di wilayah domestik (lokal). Banyak pesawat yang aktif di Bandara Abdulrachman Saleh Malang sehingga diperlukan analisis antrian pesawat yang akan mendarat maupun tinggal landas menggunakan teori antrian. Teori antrian ini akan diaplikasikan pada sistem pelayanan di bandara tersebut. Bandara Abdulrachman Saleh Malang harus mengoptimalkan pelayanan dengan pengefektifan waktu pelayanan dengan tetap mengutamakan kualitas pelayanan.

Teori antrian juga digunakan dalam bidang kesehatan, fasilitas kesehatan harus sering meningkatkan kualitasnya dalam hal penggunaan pasien rawat inap, atau pasien darurat dengan membedakan pasien darurat dan pasien tidak mendesak agar tidak mengalami penundaan. Analisis antrian dapat digunakan dalam mengevaluasi potensi antara fasilitas yang lebih fleksibel. Teori antrian merupakan alat yang efisien dan praktis karena model antrian memerlukan data yang relatif sedikit dan sederhana dan cepat untuk digunakan. Sama halnya dengan industri pesawat juga perlu adanya model untuk meningkatkan kualitas fasilitasnya. Namun terdapat perbedaan sistem dalam bidang kesehatan dengan bidang transportasi, jika

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

pada bidang kesehatan menggunakan disiplin anrian SIRO *(Service of random order)* sedangkan pada bidang transportasi menggunakan antrian FIFO *(first in first out)* (Green, 2004). Terdapat beberapa model antrian yang dapat digunakan di bandara yang dibedakan menurut subjek aplikasinya. Model [M/M/I] antrian memiliki proses pelayanan acak dengan banyak pelayanan sebanyak 1 dengan kedatangan tidak terbatas, model [M/D/1] memliki proses pelayanan deterministik pada proses ini tidak memiliki varians dan koefisien variansinya zero, untuk model [M/G/1] antrian yang datang tidak terbatas dan waktu pelayanan berdistribusi umum (Thiagaraj, 2014).

Perjalanan pesawat terdapat penundaan jam terbang *(delay)* sama halnya dengan proses pelayanan ketika permintaan melebihi kapasitas fasilitas maka penundaan jam terbang *(delay)* akan terjadi. Penundaan jam terbang *(delay)* juga termasuk faktor penyebab berkurangnya efektifitas waktu palayanan yang dapat mengurangi pendapatan suatu perusahaan karena jika terdapat lebih dari 1 pelanggan yang mengalami penundaan maka akan membentuk antrian dan jika penundaan terjadi terlalu lama maka pengguna diharuskan menunggu, proses menunggu akan menambah biaya dan waktu. *Delay* merupakan kinerja yang kurang baik dalam suatu layanan yang mungkin dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu kemacetan dalam lalu lintas udara dan kondisi cuaca. Analisis keterlambatan sangat penting dilakukan untuk mengurangi penundaan, serta dapat meningkatkan pelayanan sehingga konsumen tidak dirugikan karena adanya keterlambatan. Mengurangi penundaan dapat dilakukan dengan menimbang biaya perbaikan dari berbagai segi misalnya segi keamanan, peralatan dan beban kerja (Thiagaraj, 2014).

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Kejadian keterlambatan juga diterangkan dalam al-qur'an, sebagaimana firman allah SWT dalam QS. Al-Anbiya : 90, dan QS. Al-Mukminun : 61 yang berbunyi:

إِنَّهُمْ كَانُوا يُسَارِعُونَ فِي الْخَيْرَاتِ وَيَدْعُونَنَا رَغَبًا وَرَهَبًا ۖ وَكَانُوا لَنَا خَاشِعِينَ۝

Terjemahnya:

"Sesungguhnya mereka adalah orang-orang yang selalu bersegera dalam (mengerjakan) perbuatan-perbuatan yang baik dan mereka berdoa kepada Kami dengan harap dan cemas. Dan mereka adalah orang-orang yang khusyu' kepada Kami".

أُولَٰئِكَ يُسَارِعُونَ فِي الْخَيْرَاتِ وَهُمْ لَهَا سَابِقُونَ۝

Terjemahnya:

"Mereka itu bersegera untuk mendapat kebaikan-kebaikan, dan merekalah orang-orang yang segera memperolehnya".

Berdasarkan QS. Al-Anbiya ayat 90 dan QS. Al-Mukminun : 61 dijelaskakan bahwa sifat orang yang bertaqwa dan hamba-hamba Allah SWT yang do'a-nya dikabulkan yaitu orang-orang yang bersegera dalam mengerjakan kebaikan dan tidak menunda-nunda suatu amal. Penundaan merupakan hal yang tidak disukai Allah SWT dalam bentuk apapun, sehingga sebagai hamba yang beriman harus melakukan segala perintah dan menjahui larangan termasuk dalam hal tidak menunda dalam segala kejadian. Selain merupakan hal yang tidak disukai Allah SWT, keterlambatan juga dapat membuat baris antrian sehingga dapat memberikan kerugian terhadap konsumen lain. Terhadap sesama kita dianjurkan untuk saling toleransi dan tidak merugikan satu sama lain sehingga perlu dilakukan analisis keterlambatan kedatangan maupun keberangkatan pesawat untuk mengurangi kerugian serta mengoptimalkan tingkat keterlambatan di Bandara Abdulrachman Saleh Malang.

Antrian pesawat di Bandar Udara Internasional Hasanuddin Makassar merupakan model [M/G/1]:[(GD/∞/∞] untuk pesawat yang mendarat pada waktu

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

kedatangan. Artinya antrian mempunyai 1 pelayanan dengan waktu kedatangan berdistribusi poisson dan waktu pelayanan berdistribusi eksponensial, mempunyai disiplin antrian FIFO (*first in frist out*) dan mempunyai tak hingga pelanggan yang dapat memasuki sistem. Model antrian pesawat yang tinggal landas yaitu [M/G/1]:[GD/∞/∞], artinya mempunyai 1 pelayanan dengan waktu kedatangan berdistribusi poisson dan waktu pelayanan berdistribusi eksponensial. Bobot kinerja kedua model menunjukkan banyak pesawat yang mengantri untuk dilayani mendarat maupun tinggal landas tidak terlalu banyak. Sehingga waktu tunggu untuk dilayani baik mendarat maupun tinggal landas tidak terlalu lama (Aminah, 2013).

Perbedaan penelitian yang akan dilakukan dengan penelitian terdahulu yaitu kapasitas sistem antriannya. Kapasitas sistem antriannya tak hingga sedangkan pada penelitian ini kapasitas sistem antriannya terbatas. Sistem antrian terbatas yaitu sistem antrian dimana kedatangan pelanggan dibatasi. Model sistem antrian di Bandara Abdulrachman Saleh Malang lebih spesifik pada kapasitas berapa pesawat yang dapat ditampung oleh Bandara tersebut serta mengaplikasikan kedalam sistem bandara, kemudian dapat dilakukan analisis keterlambatan. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis model sistem antrian dan keterlambatan agar dapat menjadi referensi dalam pengambilan keputusan bagi pihak bandara, sehingga dapat memberikan kenyamanan pelayanan bagi pesawat dengan tidak merugikan bagi pihak bandara tersebut. Berdasarkan uraian yang telah dipaparkan maka dilakukan penelitian dengan judul "Model Sistem Antrian dan Analisis Keterlambatan Pesawat (Studi Kasus : Bandara Abdulrachman Saleh Malang)".

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang dipaparkan, dapat dirumuskan beberapa masalah dalam penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana model sistem antrian pesawat di Bandara Abdulrachman Saleh Malang?
2. Bagaimana tingkat keterlambatan pesawat ditinjau dari jenis maskapai, bandara asal atau tujuan, dan penyebab keterlambatan?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang masalah yang dipaparkan, tujuan dalam penelitian ini yaitu:

1. Mengetahui model dan keefektifan sistem antrian pesawat di Bandara Abdulrachman Saleh Malang.
2. Mengetahui serta membandingkan persentase tingkat keterlambatan pesawat ditinjau dari jenis maskapai, bandara asal atau tujuan, dan penyebab keterlambatan.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dalam penelitian yang diharapkan yaitu:

1. Mengaplikasikan ilmu mengenai Proses Stokastik tentang Teori Antrian, sehingga dapat mengetahui model dan keefektifan sistem antrian di Bandara Abdulrachman Saleh Malang.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

3. Memberikan gambaran untuk meningkatkan sistem pelayanan yang lebih baik dengan mengetahui persentase tingkat keterlambatan pesawat ditinjau dari jenis maskapai, bandara asal atau tujuan, dan penyebab keterlambatan.

1.5 Batasan Masalah

Adapun berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan masalah dalam penelitian ini dibatasi pada:

1. Kedatangan dan pelayanan pesawat yang terdiri dari pewasat komersil yaitu maskapai Sriwijaya Air, Wings Air, Batik Air, Lion Air, Citilink, dan Garuda Indonesia.
2. Keterlambatan pesawat berdasarkan pada bandara asal dan tujuan yaitu Bandara Cengkareng *(Soekarno Hatta),* Denpasar *(Ngurah Rai),* Bandung *(Husein Sastranegara),* dan Bandara Halim Perdana Kusuma.

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk memperoleh gambaran menyeluruh mengenai rancangan isi karya tulis ini, secara umum dapat dilihat dari penulisan dibawah ini:

BAB I : PENDAHULUAN

Pada bagian ini dijelaskan mengenai pendahuluan yang di dalamnya terdapat latar belakang yaitu alasan penulis memilih judul, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II: TINJAUAN PUSTAKA

Pada bagian ini dibahas mengenai hal-hal yang mendasari teori yang digunakan sebagai kerangka pikir penyelesaian masalah dalam penelitian,

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

serta pemaparan pustaka yang dipakai pada waktu penelitian dan penulisan. Teori ini diambil dari buku literature,jurnal dan internet.

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

Pada bagian ini terdapat uraian mengenai jenis penelitian, waktu dan tempat penelitian, jenis dan sumber data, teknik pengumpulan data, variabel dan definisi operasional variabel dan prosedur penelitian.

BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini menjelaskan hasil penelitian dan pembahasan dari proses penelitian yang kemudian dapat ditarik kesimpulan.

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

Bagian ini memaparkan hasil akhir / kesimpulan serta saran dari penelitian yang telah dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Teori Antrian

Teori antrian *(queueing theory)* merupakan salah satu proses yang penting dalam stokastik. Teori antrian biasa digunakan dalam industri transportasi, pergerakan mesin, sistem desain, keuangan, dan penggunaan fasilitas umum. Menurut sejarah, buku pertama tentang teori antrian yaitu *"Queues Inventories, and Maintance"* ditulis oleh Morse pada tahun 1958. Tidak berselang lama Saaty menulis buku populer *"Elements of Queueing Theory with Aplication"* pada tahun 1961. Penemuan tersebut dilakukan untuk menginterpretasikan proses antrian kedalam sistem yang kemudian dapat dieksekusi. Teori antrian menjelaskan elemen dalam proses antrian sampai pada proses memasukkan elemen baru (Haghighi & P.mishev, 2013).

Teori antrian pertama membahas mengenai pertukaran telepon oleh Erlang. Teori antrian menjadi bidang probabilitas terapan dan telah banyak digunakan dalam riset operasi, ilmu komputer, dan stokastik. Suatu antrian membutuhkan sebuah sistem, dimana sistem antrian terdiri dari konsumen yang datang secara acak pada suatu fasilitas untuk mendapatkan layanan. Sistem digunakan untuk melihat pola kedatangan konsumen sehingga dapat memperkirakan fasilitas pelayanan untuk kosumen dengan menimbang biaya. Potensi kedatangan konsumen bisa dipengaruhi oleh faktor menunggu yang terlalu lama. Faktor yang paling penting dalam suatu sistem antrian yaitu konsumen dan pelayan, yang mana terdapat periode waktu yang dibutuhkan konsumen ketika

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

menunggu untuk mendapatkan suatu pelayanan. Konsumen akan mendapatkan pelayanan tepat jika datang pada waktu yang tepat (Kakikay, 2004). Sistem antrian diklasifikasikan berdasarkan distribusi kedatangan pelanggan, distribusi pelayanan terhadap pelanggan, kapasitas sitem, dan disiplin antrian (Pinsky & karlin, 2011).

2.1.1 Distribusi Kedatangan

Pola kedatangan pada sistem yang datang pada sebuah fasilitas merupakan kedatangan acak jika kedatangan tidak terikat satu sama lain, sehingga tidak bisa diramalkan kedatangan berikutnya secara tepat. Distribusi kedatangan terbagi menjadi 2 yaitu kedatangan secara individu dan secara kelompok. Perkembangan ilmu dan teknologi dapat memperkirakan distribusi probabilitas yang biasa disebut dengan distribusi Poisson. Distribusi Poisson dapat menerima perkembangan dan dapat menguraikan analisis pada proses Poisson yang awalnya merupakan model stokastik. Distribusi Poisson dapat digunakan menghitung probabilitas banyaknya kedatangan dalam selang waktu tertentu serta dapat menunjukkan bahwasanya kedatangan pelanggan bersifat acak dan mempunyai rata-rata kedatangan sebesar λ dengan rumus umum sebagai berikut:

$$P_n = \frac{(\lambda t)^n}{n!} e^{-\lambda}, \ untuk\ n = 0,1, \ldots \ldots \quad (2.1)$$

Dimana :

n : jumlah kedatangan

P_n : probabilitas n kedatangan

λ : jumlah rata-rata konsumen yang datang dalam satuan waktu

e : bilangan euler, yaitu 2,71828…. (Pinsky & karlin, 2011)

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

2.1.2 Distribusi Waktu Pelayanan

Pola pelayanan yang terjadi bisa konstan atau acak. Jika waktu pelayanan konstan maka waktu yang dibutuhkan dalam melayani setiap konsumen sama. Kejadian yang lebih sering terjadi yaitu waktu pelayanan acak dikarenakan kebutuhan setiap konsumen dalam pelayanan tidak sama. Pelayanan dapat dilakukan dengan fasilitas pelayanan satu ataupun lebih. Bentuk pelayanan dapat terjadi konstan disimbolkan dengan μ yaitu rata-rata waktu yang digunakan untuk melayani konsumen. Distribusi waktu pelayanan berkesinambungan dengan fasilitas layanan yang disediakan. Distribusi waktu pelayanan diasumsikan dalam distribusi Eksponensial. Distribusi Eksponensial dapat digunakan untuk menggambarkan distribusi waktu pada fasilitas pelayanan yang bersifat acak, artinya waktu pelayanan tidak bergantung terhadap banyaknya waktu pelayanan sebelum maupun sesudahnya (Djauhari M.A, 1990).

$$f(t) = \mu\, e^{-\mu t}\,, untuk\ t = 0,1, \ldots \ldots \quad (2.2)$$

Dimana :

t : waktu pelayanan

$f(t)$: probabilitas kepadatan bergantung pada t *(waktu)*

μ : jumlah rata-rata waktu dalam melayani konsumen

e : bilangan euler, yaitu 2,71828…. (Pinsky & karlin, 2011).

2.1.3 Kapasitas Sistem

Kapasitas sistem merupakan jumlah maksimum konsumen yang datang dan dilayani dalam sebuah sistem. Terdapat dua jenis kapasitas sistem pada setiap fasilitas pelayanan yaitu terbatas dan tidak terbatas. Sebuah sistem yang tidak

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

membatasi konsumen dalam fasilitas pelayanannya maka disebut dengan kapasitas sistem tak terhingga, sedangakan suatu sistem yang membatasi jumlah konsumen dalam fasilitas pelayananya disebut dengan kapasites sistem terbatas (Kakikay, 2004).

2.1.4 Komponen Sistem Lapangan Udara

Dalam lapangan udara suatu bandara terdapat 4 bagian area yaitu :

1. Landasan Pacu *(Runway)*

   Landasan pacu merupakan area untuk lepas landas *(take off)* dan pendaratan *(landing)* pesawat. Jumlah landasan pacu tergantung dari volume lalu lintas yang ada di bandara tersebut. Semakin sibuk suatu bandara maka jumlah landasan pacu yang tersedia juga semakin banyak.

2. Landasan Hubung *(Taxiway)*

   Landasan hubung merupakan jalur penghubung antara landasan pacu dengan apron. Area ini merupakan bagian penting dalam bandara karena pesawat dapat berjalan menuju apron. Keberadaan landasan hubung pada suatu bandara harus diperhitungkan agar tidak mengganggu aktivitas pesawat lainya.

3. ATC *(Air Traffic Controller)*

   ATC merupakan pemandu lalu lintas udara sebagai penyedia layanan yang mangatur lalu lintas udara terutama lalu lintas pesawat dengan tujuan mencegah pesawat tabrakan *(making separation)* yang disebabkan keberadaan pesawat berada pada jarak terlalu dekat. ATC juga membantu

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

pilot dalam mengatasi keadaan darurat dan memeberikan informasi yang dibutuhkan pilot *(informasi cuaca, arah, dll)*.

4. Landasan Parkir *(Apron)*

   Apron atau pelataran merupakan area terbuka yang digunakan untuk memuat pesawat dan sebagai area parkir pesawat di suatu bandara untuk menaik turunkan penumpang atau untuk mengisi bahan bakar. Biasanya terdapat sebuah garbarata atau disebut lorong untuk menghubungkan pesawat dengan terminal. Luas area apron harus sesuai dengan jumlah kapasitas pesawat yang dapat ditampung (Aminah, 2013).

2.1.5 Disiplin Antrian

Disiplin antrian merupakan sebuah aturan atau kebiasaan yang diterapkan pada suatu fasilitas pelayanan. Adapun terdapat empat disiplin pelayanan yang digunakan yaitu:

1. *First In First Out* (FIFO), artinya yang datang lebih dahulu maka dilayani terlebih dahulu. Disiplin antrian ini biasa digunakan pada antrian loket pembelian tiket, pada kasir supermarket dll.
2. *Last in Fisrt Out* (LIFO), artinya yang datang terakhir maka dilayani terlebih dahulu. Disiplin antrian ini biasa digunakan pada barang di truk dimana untuk menurukan muatan barang pada truk terlebih dahulu mengeluarkan barang yang terakhir dimasukkan.
3. *Service In Random Order* (SIRO), artinya pelayanan secara acak tidak melihat siapa yang datang lebih dahulu. Disiplin antrian ini biasa digunakan dalam arisan.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

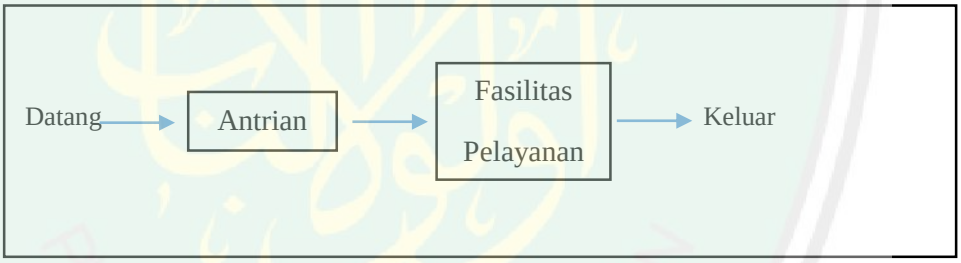
4. *Priority Service* (PS), artinya pelayanan terlebih dahulu diberikan kepada konsumen yang mempunyai prioritas tinggi dengan mempertimbangkan faktor lain. Disiplin antrian ini biasa digunakan dalam pelayanan kesehatan dawat darurat yang harus segera dilayani (Zukerman, 2020).

2.1.6 Sistem Antrian

Terdapat beberapa sistem yang umum digunakan dalam suatu antrian yaitu:

1. *Single Channel - Single Phase*

   Single Channel yaitu merupakan hanya terdapat satu jalur dalam sistem fasilitas pelayanan. *Single Phase* merupakan hanya terdapat satu pelayanan dalam sistem fsilitas layanan.

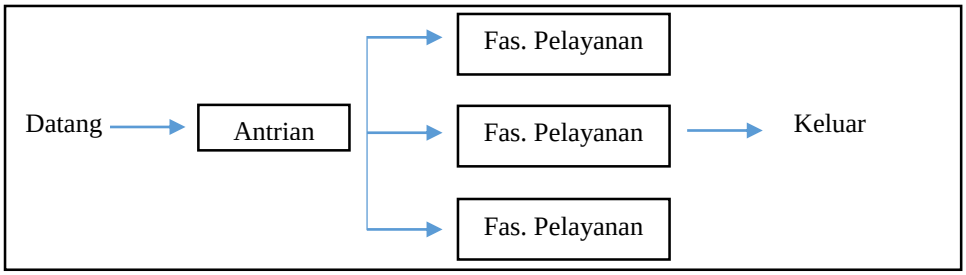


Gambar 2. 1 Alur Sistem Pelayanan Single Channel - Singel Phase

2. *Multiple Channel - Single Phase*

   Multiple Channel - Single Phase merupakan fasilitas pelayanan yang memiliki dua atau lebih yang kemudian dialiri antrian tunggal, misalnya terjadi pada sistem antrian teller sebuah bank.

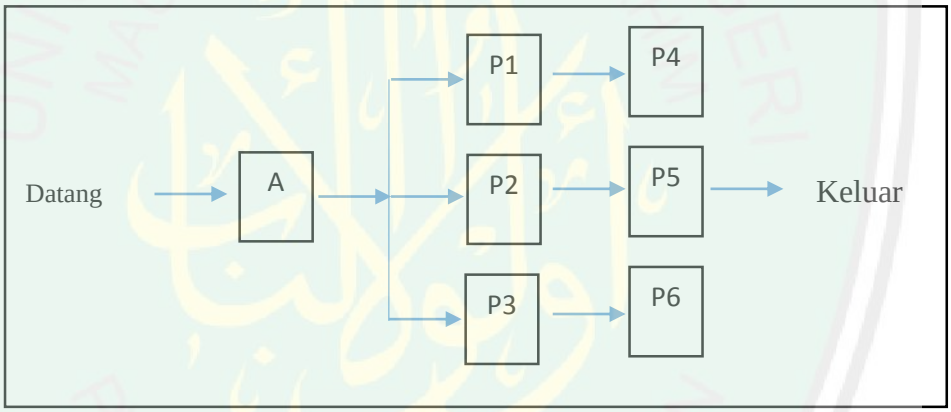
CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG



Gambar 2. 2 Alur Sistem Pelayanan Multiple Channel - Single Phase

3. *Multiple Channel - Multiple Phase*

   Sistem *Multiple Channel - Multiple Phase* misalnya terjadi pada antrian mahasiswa regestrasi di universitas, pelayanan kepada pasien di rumah sakit mulai dari pendaftaran, diagnosa, penyembuhan sampai pembayaran. Setiap sistem mempunyai bebrapa fasilitas pelayanan pada setiap tahapnya.

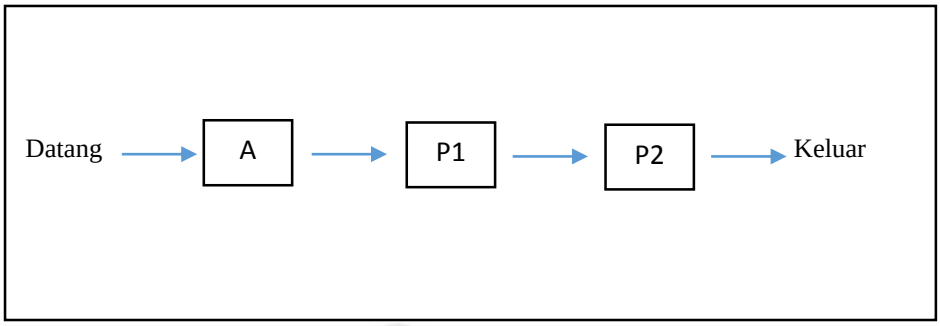


Gambar 2. 3 Alur Sistem Pelayanan Multiple Channel - Multiple Phase

4. *Single Channel – Multiple Phase*

   Multiple Phase merupakan pelayanan lebih dari satu yang dilaksanakan secara berurutan misalnya terjadi pada pencucian mobil (Kakikay, 2004).

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG



Gambar 2. 4 Alur Sistem Pelayanan Single Channel – Multiple Phase

2.1.7 Notasi Kendall

Asumsi dari model antrian di simbolkan dalam bentuk notasi. Notasi antrian yang digunakan yaitu [a/b/c] : [d/e/f] dimana :

a : menunjukkan pola kedatangan yaitu kedatangan per satuan waktu

b : menujukkan pola pelayanan yaitu pelayanan per satuan waktu

c : menyatakan jumlah fasilitas pelayanan (n = 1, 2, 3, …, ∞)

d : menyatakan disiplin antrian yang digunakan

e : menyatakan kapasitas maksimum dalam sistem

f : menyatakan disiplin antrian

Notasi yang biasa digunakan untuk simbol a dan b sebagai distribusi kedatangan dan distribusi waktu pelayanan menggunakan kode berikut :

M : Poisson untuk distribusi kedatangan atau Eksponensial untuk distribusi pelayanan

D : waktu pelayanan konstan (deterministik)

G : waktu pelayanan berdistribusi umum

E_k : waktu pelayanan berdistribusi Erlang atau Gamma (Zukerman, 2020).

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

2.1.8 Proses Poisson dan Distribusi Eksponensial

Secara umum model antrian diasumsikan bahwa waktu kedatangan berdistribusi Poisson dan waktu pelayanan berdistribusi Eksponensial. Proses stokastik dinyatakan sebagai {N(t), t ≥ 0} dikatakan proses penjumlahan jika N(t) dinotasikan sebagai jumlah kedatangan pada waktu t, dimana N(0) = 0, dan dikatakan proses poisson jika memenuhi asumsi berikut :

1. Peluang terjadi suatu kedatangan antar waktu t dan t + Δt sama dengan $\lambda\Delta t + 0(\Delta t)$, sehingga dapat dinyatakan :

   P_r {kedatangan antara t dan $t + \Delta t$} $= \lambda\Delta t + 0(\Delta t)$ (2.3)

2. $P_r\{N(\Delta t) \geq 2\} = 0(\Delta t)$ kedatangan lebih dari 1 atau dapat dikatakan sama dengan $0(\Delta t)$.
3. Jumlah kedatangan yang berurutan independen (tetap), sehingga proses mempunyai penambahan yang bebas, dengan jumlah kejadian tidak tergantung pada waktu lainya.

   keterangan :

   λ : konstanta independent dari N(t)

   Δt : elemen penambah waktu

   $0(\Delta t)$: jumlah kedatangan yang diabaikan jika dibanding dengan Δt dengan $\Delta t \longrightarrow 0$ yaitu $\lim_{\Delta t \to 0} \frac{0(\Delta t)}{\Delta t} = 0$

Teorema dibawah ini merupakan teorema berdasarkan tiga asumsi di atas yaitu:

Teorema 1 (Poisson) :

"Suatu proses Poisson, jumlah kedatangan yang terjadi pada interval waktu t adalah variabel acak yang berdistribusi Poisson dengan parameter λt dan peluang dari n kedatangan, dapat dinyatakan dalam persamaan berikut :

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

$$P_n = \frac{(\lambda t)^n}{n!} e^{-\lambda t},, \quad (2.4)$$

Bukti :

Misalkan $P_n(t)$ merupakan peluang dari n kedatangan dalam interval waktu t, dimana n = 0,1,2,3,4,5,… maka peluang terjadinya n kedatangan dinyatakan dengan perkembangan persamaan differensial.

$n \geq 1$:

$P_n(t + \Delta t)$ = Pr {n kedatangan pada saat t dan 0 kedatangan pada saat Δt }+ Pr {n – 1 kedatangan pada t dan 1 kedatangan pada saat Δt} + Pr {n – 2 kedatangan pada t dan 2 kedatangan pada saat Δt} +…+ Pr {0 kedatangan pada t dan n kedatangan pada saat Δt }. (2.5)

Dengan mengasumsikan 3 asumsi di atas, maka persamaan (2.5) menjadi:

$$P_n(t + \Delta t) = P_n(t)[1 - \lambda\Delta t - 0(\Delta t)] + P_{n-1}(t)[\lambda\Delta t + 0(\Delta t)] + P_{n-2}(t)0(\Delta t) + \cdots + P_0(t)0(\Delta t)$$

$$= P_n(t)[1 - \lambda\Delta t - 0(\Delta t)] + P_{n-1}(t)[\lambda\Delta t + 0(\Delta t)] + 0(\Delta t) \quad (2.6)$$

$n = 0$:

$$P_0(t + \Delta t) = P_0(t)[1 - \lambda\Delta t - 0(\Delta t)] + 0(\Delta t)$$

$$= P_0(t) - P_0(t)\lambda\Delta t - P_0(t)0(\Delta t) + 0(\Delta t) \quad (2.7)$$

kemudian

$$P_n(t + \Delta t) - P_n(t) = -\lambda\Delta t P_n(t) + \lambda\Delta t P_{n-1}(t) + 0(\Delta t), (n \geq 1) \quad (2.8)$$

dari persamaan (2.7) dan (2.8) dibagi dengan Δt dan diambil limit $\Delta t \longrightarrow 0$, sehingga diperoleh :

$$\lim_{\Delta t \to 0} \left[\frac{P_0(t-\Delta t) - P_0(t)}{\Delta t}\right] = -\lambda P_0(t) + \frac{0(\Delta t)}{\Delta t} \qquad (n = 0\ )$$

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

$$\lim_{\Delta t \to 0}\left[\frac{P_n(t-\Delta t)-P_n(t)}{\Delta t}\right] = -\lambda P_n(t) + \lambda P_{n-1}(t) + \frac{0(\Delta t)}{\Delta t}, \qquad (n \geq 1)$$

karena $\lim_{\Delta t \to 0} \frac{0(\Delta t)}{\Delta t} = 0$, maka dapat ditulis :

$$\frac{dP_0(t)}{dt} = -\lambda P_0(t) \qquad (2.9)$$

$$\frac{dP_n(t)}{dt} = -\lambda P_n(t) + \lambda P_{n-1}(t), (n \geq 1) \qquad (2.10)$$

dari persamaan (2.9), untuk n = 0 didapatkan :

$$\frac{dP_0(t)}{dt} = -\lambda P_0(t)$$

$$\frac{dP_0(t)}{P_0(t)} = -\lambda dt$$

$$\ln P_0(t) = -\lambda t$$

$$P_0(t) = e^{-\lambda t}$$

dan dari persamaan (2.10), untuk n = 1 diperoleh :

$$\frac{dP_1(t)}{dt} = -\lambda P_1(t) + \lambda P_0(t)$$

$$\frac{dP_1(t)}{dt} + \lambda P_1(t) = \lambda P_0(t)$$

$$\frac{dP_1(t)}{dt} + \lambda P_1(t) = \lambda e^{-\lambda t}$$

$$e^{\lambda t}\frac{dP_1(t)}{dt} + \lambda e^{\lambda t} P_1(t) = \lambda$$

$$\frac{d}{dt}(e^{-\lambda t} P_1(t)) = \lambda$$

$$P_1(t) = \lambda t e^{-\lambda t}$$

dan untuk n = 2 yaitu :

$$\frac{dP_2(t)}{dt} = -\lambda P_2(t) + \lambda P_1(t)$$

$$\frac{dP_2(t)}{dt} + \lambda P_2(t) = \lambda P_1(t)$$

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

$$\frac{dP_2(t)}{dt} + \lambda P_2(t) = \lambda\lambda e^{-\lambda t}$$

$$e^{\lambda t}\frac{dP_2(t)}{dt} + \lambda e^{\lambda t} P_2(t) = \lambda^2 t$$

$$\frac{d}{dt}(e^{-\lambda t} P_2(t)) = \lambda^2 t$$

$$e^{\lambda t} P_2(t) = \frac{1}{2}\lambda^2 t^2$$

$$P_2(t) = \frac{(\lambda t)^2}{2.1} e^{-\lambda t}$$

$$= \frac{(\lambda t)^2}{2!} e^{-\lambda t}$$

untuk n = 3,4,5,… didapatkan :

$$P_3(t) = \frac{(\lambda t)^3}{3!} e^{-\lambda t}$$

$$P_4(t) = \frac{(\lambda t)^4}{4!} e^{-\lambda t}$$

$$P_5(t) = \frac{(\lambda t)^5}{5!} e^{-\lambda t}, \ldots.$$

Sehingga diperoleh rumus umum, yaitu :

$$P_n(t) = \frac{(\lambda t)^n}{n!} e^{-\lambda t} \quad (2.11)$$

Jadi, terbukti probabilitas n kedatangan yang terjadi pada interval waktu t adalah $\frac{(\lambda t)^n}{n!} e^{-\lambda t}$, dimana kedatangan yang terjadi pada interval waktu t merupakan variabel acak yang berdistribusi Poisson dengan parameter λt (Aminah, 2013).

Teorema 2 (eksponensial) :

"Jika kedatangan berdistribusi Poisson maka suatu variabel acak waktu antar kedatangan berdistribusi Eksponensial."

Bukti :

f(t) : fungsi densitas probabilitas dari interval waktu t.

F(t) : fungsi distribusi kumulatif dari t.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

dimisalkan T merupakan variabel acak waktu antara dua kedatangan yang berurutan, sehingga :

$P_r\{T \geq t\} = P_r$ {0 kedatangan pada waktu t} = $P_0(t) = e^{-\lambda t}$

atau dengan F(t) sebagai fungsi distribusi kumulatif dari T, sehingga didapat:

$$F(t) = P_r\{T \leq t\} = 1 - P_r\{T > t\} = 1 - e^{-\lambda t}$$

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t} \qquad (2.12)$$

Parameter λ digunakan untuk mendapatkan rata-rata dari fungsi pembangkit momen, yaitu :

$$M_T(x) = E(e^{tx}) = \begin{cases} \int e^{tx} f(t)dt & ; \text{untuk t variabel acak kontinu} \\ \sum e^{tx} f(t) & ; \text{untuk t variabel acak diskrit} \end{cases}$$

$$= \int_0^\infty e^{tx}\lambda e^{-\lambda t}dt = \int_0^\infty \lambda e^{-(\lambda-x)t}dt = \lambda \int_0^\infty e^{-(\lambda-x)t}dt$$

$$= \lambda \left(\frac{e^{-(\lambda-x)t}}{-(\lambda-x)} \Big]_0^\infty \right)$$

$$= \lambda \left(0 - \frac{1}{-(\lambda-x)} \right)$$

$$= \lambda \left(\frac{1}{(\lambda-x)} \right)$$

$$= \frac{\lambda}{\lambda-t} \qquad (2.13)$$

sehingga dihasilkan turunan pertama dan turunan kedua untuk X variabel kontinu berikut :

$$M'_T(x) = \frac{\lambda}{(\lambda-t)^2}$$

$$M''_T(x) = \frac{2\lambda}{(\lambda-t)^3}$$

misalkan t = 0 maka :

$$E\,(T) = M'_T(0) = \frac{\lambda}{(\lambda-0)^2} = \frac{1}{\lambda} \qquad (2.14)$$

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

$E\ (T^2) = M_T''(0) = \frac{2\lambda}{(\lambda-0)^3} = \frac{2}{\lambda^2}$ (Aminah, 2013).

Definisi Variansi yaitu :

$Var\ (T) = E(T)^2 - [E(T)]^2$ (Kakikay, 2004).

$= M_x'(T) - [M_x''(T)]^2$

$= E(T)^2 - \big(E(T)\big)^2 = \frac{2}{\lambda^2} - \frac{1}{\lambda^2} = \frac{1}{\lambda^2}$ (2.15)

Jadi, waktu diantara dua kedatangan berdistribusi Eksponensial dimana rata-ratanya yaitu $\frac{1}{\lambda}$ maka dapat ditarik kesimpulan bahwa jumlah kejadian dalam satu periode waktu pasti berdistribusi Poisson dengan rata-rata kedatangannya λ (Aminah, 2013).

2.1.9 Uji Kolmogorov Smirnov

Uji kolmogorov smirnov merupakan uji kecocokan distribusi yang digunakan untuk mengevaluasi model apakah dapat mendekati situasi nyata yang digambarkan. Asumsi yang digunakan untuk uji ini yaitu data sampel acak terdiri atas hasil pengamatan bebas berukuran n dari suatu distribusi data yang belum diketahui. Data ditransformasikan dalam nilai Z (selisih antar data dengan rata-rata dibandingkan standart deviasi data tersebut) Adapun prosedurnya yaitu :

1. Menentukan Hipotesis :

   $H_0 : F_X(x) = F_0(x), untuk\ semua\ x$

   $H_1 : F_X(x) \neq F_0(x), untuk\ beberapa\ x$

2. Menentukan Taraf Signifikasi :

   Taraf signifikasi yang digunakan yaitu $\alpha = 5\%$ (0.05)

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

3. Menentukan Statistik uji

   D = Sup |S(x) - f_0(x) |

   S(x) : Distribusi kumulatif sampel dari populasi

   f_0(x) : Distribusi kumulatif data dari distribusi yang dihipotesiskan

4. Kriteria Uji

   H_0 ditolak jika nilai D > nilai D*(α) atau nilai p-value < nilai α. Artinya menerima H_1 dan sebaliknya (Dekker, 2003).

2.1.10 Ukuran Steady-State

Steady-state merupakan kondisi dengan kesibukan sistem $p = \frac{\lambda}{\mu} < 1$ dengan λ merupakan rata-rata kedatangan dan μ merupakan rata-rata pelayanan. Jika kondisi belum memenuhi steady-state, maka perlu ditambah jumlah fasilitas pelayanan atau dengan mempercepat kinerja sistem antrian. Jika kondisi sudah steady-state maka dapat dihitung ukuran kinerja sistem antrian, seperti L_s, L_q, W_s, W_q (Zukerman, 2020).

2.1.11 Model Antrian dan Ukuran Keefektifan Sistem

1. Model 1 : [M/M/1]:[GD/∞/∞]

   Model antrian ini digunakan jika dalam kondisi berikut :

   a. Jumlah kedatangan tiap satuan waktu berdistribusi Poisson
   b. Waktu pelayanan berdistribusi Eksponensial
   c. Server tunggal
   d. Disiplin antrian mengikuti disiplin (*FIFO*) atau disebut dengan disiplin general (*GD*)

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

e. Populasi tak terbatas

f. Panjang antrian tak terbatas

Persamaan model untuk ukuran keefektifan pada sistem antrian [M/M/1]:[GD/∞/∞] yaitu :

1. Rata-rata jumlah konsumen dalam sistem (L_s)

$$L_s = \frac{\lambda^2}{\mu-\lambda} \quad (2.16)$$

2. Rata-rata jumlah konsumen dalam antrian (L_q)

$$L_q = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu-\lambda)} \quad (2.17)$$

3. Rata-rata waktu dalam sistem (W_s)

$$W_s = \frac{1}{\mu-\lambda} \quad (2.18)$$

4. Rata-rata waktu dalam antrian (W_q)

$$W_q = \frac{\lambda}{\mu(\mu-\lambda)} \quad (2.19)$$

2. Model 2 : [M/D/1]:[GD/∞/∞]

Model antrian ini digunakan jika dalam kondisi berikut :

a. Jumlah kedatangan tiap satuan waktu berdistribusi Poisson

b. Waktu pelayanan konstan

c. Server tunggal

d. Disiplin antrian mengikuti disiplin (*FIFO*) atau disebut dengan disiplin general (*GD*)

e. Populasi tak terbatas

f. Panjang antrian tak terbatas

Persamaan model untuk ukuran keefektifan pada sistem antrian [M/D/1] [GD/∞/∞] yaitu :

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

1. Probabilitas semua fasilitas layanan menganggur (P_0)

$$P_0 = 1 - p \quad (2.20)$$

2. Rata-rata jumlah konsumen dalam system (L_s)

$$L_s = \frac{\lambda^2}{2\mu(\mu-\lambda)} + \frac{\lambda}{\mu} \quad (2.21)$$

3. Rata-rata jumlah konsumen dalam antrian (L_s)

$$L_q = \frac{\lambda^2}{2\mu(\mu-\lambda)} \quad (2.22)$$

4. Rata-rata waktu dalam sistem (W_s)

$$W_s = \frac{\lambda}{2\mu(\mu-\lambda)} + \frac{1}{\mu} \quad (2.23)$$

5. Rata-rata waktu dalam antrian (W_q)

$$W_q = \frac{\lambda}{2\mu(\mu-\lambda)} \quad (2.24)$$

3. Model 3 : [M/G/1]:[GD/∞/∞]

Model antrian ini digunakan jika dalam kondisi berikut :

a. Jumlah kedatangan tiap satuan waktu berdistribusi Poisson
b. Waktu pelayanan memiliki distribusi umum
c. Server tunggal
d. Disiplin antrian mengikuti disiplin umum (*FIFO*)
e. Populasi tak terbatas
f. Panjang antrian tak terbatas

Persamaan model untuk ukuran keefektifan pada sistem antrian [M/G/1]:[GD/∞/∞] sebagai berikut (Kakikay, 2004).

1. Probabilitas semua fasilitas layanan menganggur (P_0)

$$P_0 = 1 - p$$

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

2. Rata-rata jumlah konsumen dalam sistem (L_s)

$$L_s = \frac{\lambda^2\sigma^2+p^2}{2(1-p)} + \frac{\lambda}{\mu} \quad (2.25)$$

3. Rata-rata jumlah konsumen dalam antrian (L_q)

$$L_q = \frac{\lambda^2\sigma^2+p^2}{2(1-p)} \quad (2.26)$$

4. Rata-rata waktu dalam sistem (W_s)

$$W_s = \frac{\lambda^2\sigma^2+p^2}{2(1-p)} + \frac{1}{\mu} \quad (2.27)$$

5. Rata-rata waktu dalam antrian (W_q)

$$W_q = \frac{\lambda^2\sigma^2+p^2}{2(1-p)} \quad (2.28)$$

4. Model 4 [M/M/1]:[GD/K/∞]

Model antrian ini digunakan jika dalam kondisi berikut :

a. Jumlah kedatangan tiap satuan waktu berdistribusi Poisson
b. Waktu pelayanan memiliki distribusi Eksponensial
c. Server tunggal
d. Disiplin antrian mengikuti disiplin umum (*FIFO*)
e. Populasi terbatas
f. Panjang antrian tak terbatas

Persamaan model untuk ukuran keefektifan pada sistem antrian [M/M/1]:[GD/K/∞] sebagai berikut.

Untuk menghitung L_q, W_s, dan W_q diuraikan dengan menggunakan rumus L_s dengan terlebih dahulu menentukan P_0, P_n dan laju kedatangan efektif (Zukerman, 2020).

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

1. Probabilitas semua server menganggur (P_0)

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{n=0}^{k} \frac{\lambda^n}{\mu}} \quad (2.29)$$

2. Probabilitas konsumen ke-n mengantri (semua server sibuk) (P_n)

$$P_n = \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n}{\sum_{n=0}^{k}\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n} \quad (2.30)$$

3. Laju kedatangan efektif (λ_{eff})

$$\lambda_{eff} = \lambda(1 - P_k) \quad (2.31)$$

4. Rata-rata jumlah konsumen dalam sistem (L_s)

$$L_s = \sum_{n=o}^{k} n.P_n \quad (2.32)$$

5. Rata-rata jumlah konsumen dalam antrian (L_q)

$$L_q = Ls - (1 - \frac{1-p}{1-p^{k+1}}) \quad (2.33)$$

6. Rata-rata waktu dalam sistem (W_s)

$$W_s = \frac{L_s}{\lambda_{eff}} = \frac{L_s}{\lambda(1- P_k)} \quad (2.34)$$

7. Rata-rata waktu dalam antrian (W_q)

$$W_q = \frac{L_q}{\lambda_{eff}} = \frac{L_q}{\lambda(1- P_k)} \quad (2.35)$$

2.2 Keterlambatan Pesawat *(Delay)*

Keterlambatan pesawat yaitu terjadi perbedaan waktu antara keberangkatan dan kedatangan yang dijadwalkan dengan realisasi waktu yang sesungguhnya. Setiap maskapai penerbangan yang beroprasi di wilayah seluruh Indonesia diwajibkan melakukan penerbangan sesuai dengan jadwal atau tidak mengalami penundaan. Pemerintah terus memantau penerbangan di Indoneisa dan

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

melakukan evaluasi terhadap kinerja OTP *(On time Performance)* maskapai penerbangan dengan memberikan konsekuensi yang harus ditanggung oleh maskapai penerbangan jika terjadi keterlambatan jadwal penerbangan dengan memberikan kompensasi terhadap penumpang (Perhub, 2015).

2.2.1 Faktor Penyebab Keterlambatan Pesawat *(Delay)*

Penyebab terjadinya keterlambatan penerbangan terbagi menjadi 4 kelompok yaitu :

1. Faktor Operasional

   Faktor operasional merupakan keterlambatan maskapai penerbangan yang disebabkan oleh gangguan teknis pada pesawat sehingga membutuhkan waktu untuk dilakukan perbaikan, serta dikarenakan oleh kebijakan pemerintah atau pengelola bandar udara yang mengakibatkan keterlambatan penerbangan.

2. Faktor manajemen airline

   Faktor manajemen airline merupakan faktor yang berasal dari internal maskapai penerbangan misalnya proses bagasi yang lama, terdapat kesalahan pada proses *check-in*, keterlambatan pilot, co pilot, dan awak kabin, keterlambatan jasa boga *(catering)*, pergantian pesawat dan lain-lain.

3. Faktor Cuaca

   Faktor ini misalnya terjadi dikarenakan cuaca bandara keberangkatan ataupun bandara yang sedang digunakan tidak mendukung adanya penerbangan dimana jika dilakukan penerbangan akan membahayakan segala pihak, misalnya hujan lebat, badai, pembersihan salju ataupun air dari area landasan

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

pacu, kabut asap sehingga operator mengalami kesulitan untuk melihat jarak pandang minimal, dll.

4. Faktor lain

   Faktor lain dapat menyebabkan keterlambatan penerbangan misalnya hewan yang masuk ke area *runway*, gangguan penerangan, dan lain-lain (Perhub, 2015).

2.2.2 Kompensasi Keterambatan Penerbangan Pesawat

Keterlambatan penerbangan pesawat beserta kompensasi yang dapat diterima oleh penumpang dibagi menjadi 6 kategori, yaitu :

a. Kategori 1, keterlambatan 30 menit s/d 60 menit

   Kompensasi yang dapat diterima oleh penumpang pada keterlambatan kategori 1 yaitu berupa minuman ringan.

b. Kategori 2, keterlambatan 61 menit s/d 120 menit

   Kompensasi yang dapat diterima oleh penumpang pada keterlambatan kategori 2 yaitu berupa minuman dan makanan ringan *(snack box)*.

c. Kategori 3, keterlambatan 121 menit s/d 180 menit

   Kompensasi yang dapat diterima oleh penumpang pada keterlambatan kategori 3 yaitu berupa minuman dan makanan berat *(heavy meal)*.

d. Kategori 4, keterlambatan 181 menit s/d 240 menit

   Kompensasi yang dapat diterima oleh penumpang pada keterlambatan kategori 4 yaitu berupa minuman, makanan ringan *(snack box)*, dan makanan berat *(heavy meal)*.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

e. Kategori 5, keterlambatan lebih dari 240 menit, dan

   Kompensasi yang dapat diterima oleh penumpang pada keterlambatan kategori 5 yaitu berupa ganti rugi sebesar Rp. 300.000,00 (tiga ratus ribu rupiah).

f. Kategori 6, pembatalan penerbangan *(cancel flight)*

   Kompensasi yang dapat diterima oleh penumpang pada keterlambatan kategori 6 yaitu pengalihan penerbangan berikutnya atau mendapatkan pengembalian seluruh biaya tiket *(refund tiket)* (Perhub, 2015).

2.2.3 Distribusi Keterlambatan *(delay)*

Pola keterlambatan bisa konstan atau acak, namun yang sering terjadi yaitu acak karena faktor pendukung terjadinya waktu tunda sangat beragam. Keterlambatan konsumen dalam sistem kedatangan berdistribusi Poisson dan pelayanan berdistribusi Eksponensial maka diasumsikan berdistribusi Eksponensial. Rata-rata keterlambatan bisa didapatkan dengan memperhatikan jumlah kejadian didistribusikan secara geometris dengan rata-rata $\frac{1}{(1-p)}$ dengan jumlah rata-rata kejadian sama dengan E[Q] +1 yang merupakan ukuran rata-rata antrian tiba ditambah dengan satu kejadian yang merupakan waktu layanan kedatangan, sehingga jumlah rata-rata kejadian yaitu sebagai berikut (Zukerman, 2020).

$$E[Q] + 1 = \frac{p}{(1-p)} + 1 = \frac{1-p+p}{(1-p)} = \frac{1}{(1-p)} \quad (2.36)$$

Dimana :

$E[Q]$: rata-rata antrian

p : intensitas waktu layanan dalam fasilitas pelayanan

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

2.2.4 Proses Distribusi Keterlambatan *(delay)*

Pada teori antrian terdapat beberapa model salah atunya yaitu model [M/M/1]:[GD/K/∞]. Pada model tersebut terdapat teorema mengenai keterlambatan yaitu:

Teorema 3 (Eksponensial) :

" Jika suatu keterlambatan kedatangan maupun keberangkatan dengan menganggap konsumen dalam sistem kedatangan berdistribusi Poisson dan pelayanan berdistribusi Eksponensial maka diasumsikan berdistribusi Eksponensial."

Bukti :

Misalkan P_h sebagai jumlah kejadian, dimana diketahui kondisi steady state dari konsumen yang tiba sehingga diperoleh Q sebagai konsumen dalam sistem.

$$P(Q = i) = \pi_i = p^i(1 - p) \tag{2.37}$$

Dari $P_h = Q + 1$, diperoleh

$$P(P_h = n) = P(Q + 1 = n) = P(Q = n - 1) = p^{n-1}(1 - p) \tag{2.38}$$

Rata-rata keterlambatan yaitu $\frac{1}{\mu}$, sehingga

$$E[D] = \frac{1}{(1-p)\mu} = \frac{1}{\mu - \lambda} \tag{2.39}$$

Subtitusi $\frac{1}{E[D]} = \mu - \lambda$ sebagai parameter dari distribusi Eksponensial, maka diperoleh distribusi keterlambatan sebagai berikut.

$$\delta_D(x) = (\mu - \lambda)e^{(\mu-\lambda)x}, dengan\ x \geq 0 \tag{2.40}$$

Setelah diperoleh distribusi dari jumlah keterlambatan, dengan hukum probabilitas maka diperoleh :

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

$$P(W_q > t) = pP(W_q > t|server\ sibuk) + (1-p)P(W_q > t|server\ tidak\ sibuk)$$

$$= pP(W_q > t|server\ sibuk)\ t \geq 0 \quad (2.41)$$

Untuk mencari $P(W_q > t \mid server\ sibuk)$, terlebih dahulu mencari $P(N_q = n\,|server\ sibuk)$

$$P(N_q = n\,|server\ sibuk) = \frac{P(N_q = n \cap sever\ sibuk)}{P(server\ sibuk)}$$

$$= \frac{P(Q = n+1 \cap n+1 \geq 1)}{p}$$

$$= \frac{p^{n+1}(1-p)}{p}, n = 0, 1, 2, 3, \ldots$$

$$= p^n(1-p), n = 0, 1, 2, 3, \ldots.$$

Perhatikan bahwa distribusi geometri sama dengan $P(Q = n)$, maka variabel acak $\{W_q > t \mid server\ sibuk\}$ merupakan jumlah geometri dari variabel acak Eksponensial, maka berdistribusi Eksponensial dengan persamaan

$$P(W_q > t\,|server\ sibuk) = e^{-(\mu-\lambda)t}$$

dari persamaan 2.40 diperoleh

$$P(W_q > t) = pe^{-(\mu-\lambda)t}, t \geq 0$$

berdasarkan pertanyaan di atas maka distribusi keterlambatan dari model antrian [M/M/1] yaitu distribusi Eksponensial dengan parameter $\frac{1}{E[D]} = \mu - \lambda$ dimana ditunjukkan secara eksplisit oleh persamaan 2.39 kemudian didapatkan varians keterlambatan dari model antrian [M/M/1] sebagai berikut (Zukerman, 2020).

$$Var[D] = \frac{1}{(\mu-\lambda)^2} = \frac{1}{\mu^2(1-p)^2} \quad (2.42)$$

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

2.3 Gambaran Umum Bandara Abdulrachman Saleh Malang

Bandar Udara Abdulrachman Saleh merupakan bandar udara yang terletak di Kecamatan Pakis, Kabupaten Malang, Jawa Timur yang berjarak 17 km dari pusat Kota Malang. Bandara Abdulrachman Saleh awalnya merupakan tanah lapang yang digunakan sebagai tempat pesawat Hercules C-130 dan Super Tucano untuk menggantikan pesawat OV-10 Bronco yang telah dimusiumkan. Selain itu Bandara Abdulrachman Saleh juga merupakan markas dari Wing 2 Korps. Bandara Abdulrachman Saleh merupakan bandara militer yang dimiliki oleh Pemerintah Provinsi Jawa Timur. Lokasi Bandara Abdulrachman Saleh berada pada ketinggian 1.726 kaki atau 526 M dan berada pada koordinat $07° 56′ 14°S\ 112° 42′42°E$ / $7.93722°S\ 112.71167°E$. Nama bandara ini diambil dari salah satu pahlawan nasional Indonesia yaitu Abdulrahman Saleh, pada awalya bandara ini memiliki nama Lapangan Terbang Bugis.

Bandara Abdulrachman Saleh dibangun oleh pemerintah Belanda pada era 1937-1940 yang mana pembangunan bandara juga bersamaan dengan pembangunan pangkalan udara lain seperti, Lanud Maospati dan lain-lain. Bandara Abdulrachman Saleh berada di lembah Bromo dan dikelilingi oleh beberapa gunung yaitu, Semeru, Arjuno, Kawi, dan Panderman. Pengelolaan Bandara Abdulrachman Saleh Malang sampai saat ini dikelola oleh pihak TNI dan pemerintah daerah Angkatan Udara yang dimanfaatkan secara bersama untuk penerbangan komersial yang beroperasi di wilayah domestik (lokal). Bandara Abdulrachman saleh merupakan bandara yang termasuk golongan sedang karena tidak terlalu besar dan juga tidak terlalu kecil, namun tidak sedikit penerbangan yang dapat mengakses bandara Abdulrachman Saleh, seperti Jakarta, Denpasar,

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Makassar, Balikpapan, dan Bandung. Penerbangan sipil di bandara ini dibuka sejak tahun 1994 oleh Merpati Nusantara Airlines, hingga saat ini masih dalam upaya untuk dijadikan sebagai bandara internasional (Wikipedia, 2020).

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Berdasarkan data yang digunakan dan tujuan penelitian, maka jenis penelitian ini merupakan penelitian terapan.

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Data kedatangan, pelayanan, dan keterlambatan pesawat didapatkan dari sistem antrian. Waktu penelitian dilaksanakan pada tanggal 1 Januari 2019 sampai 30 Januari 2019, hal ini dikarenakan kedatangan dan pelayanan pesawat pada bulan Januari 2019 memiliki jumlah maksimum dengan jumlah kedatangan pesawat sebesar 16 dan pelayanan sebesar 17 pesawat. Penelitian dilakukan di Bandara Abdulrachman Saleh Malang.

3.3 Jenis dan Sumber Data

Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data kuantitatif, dimana data berbentuk angka sebagai pendukung dan sumber data dalam penelitian ini. Data merupakan data sekunder yang mana data berupa data kedatangan dan waktu pelayanan pesawat dan data keterlambatan pesawat. Data didapatkan dari AMC *(Aircraft Movement Control)* di Bandara Abdulrachman Saleh Malang.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

3.4 Prosedur Penelitian

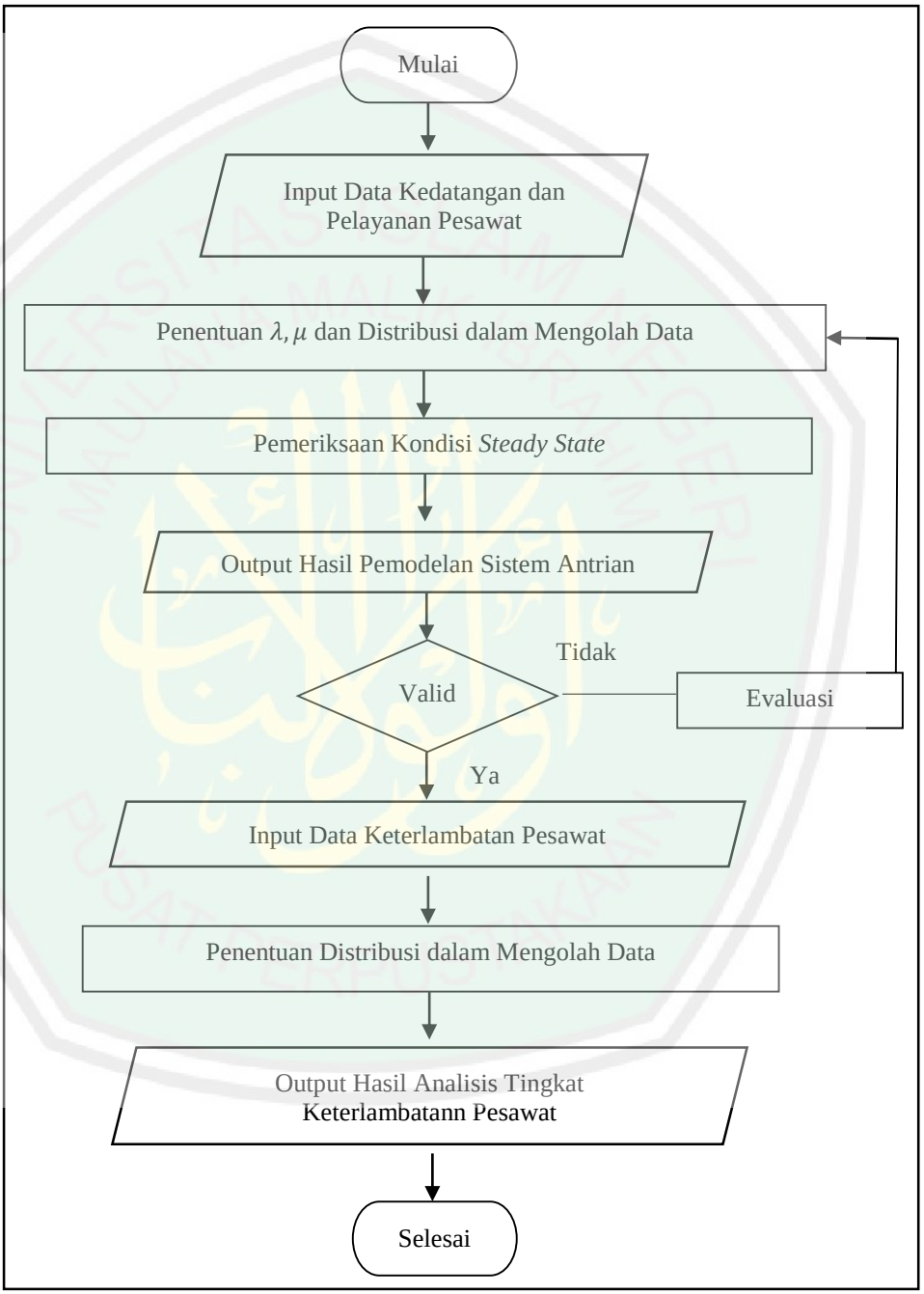
Adapun teknik pengumpulan data dalam penelitian ini yaitu :

1. Observasi dan wawancara untuk melihat kondisi dan menemukan masalah yang ada.
2. Mengumpulkan data sekunder dari Bandara Abdulrachman Saleh malang pada bagian AMC *(Aircraft Movement Control)*.
3. Melakukan pengolahan data dengan mencari nilai λ dan μ serta menentukan distribusi untuk masing-masing data kedatangan, dan pelayanan pesawat
4. Menentukan kondisi *Steady State* pada data kedatangan dan pelayanan pesawat
5. Menentukan model antrian dan menentukan tingkat keevektifitas sistem.
6. Melakukan pengolahan data serta menentukan distribusi keterlambatan kedatangan dan keberangkatan pesawat
7. Melakukan analisis tingkat keterlambatan kedatangan dan keberangkatan pesawat
8. Pengambilan keputusan analisis.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

1.5 Flowchart Penelitian

Adapun prosedur penelitian atau langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut.



Gambar 3.1 Flowchart Alur Penelitian

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

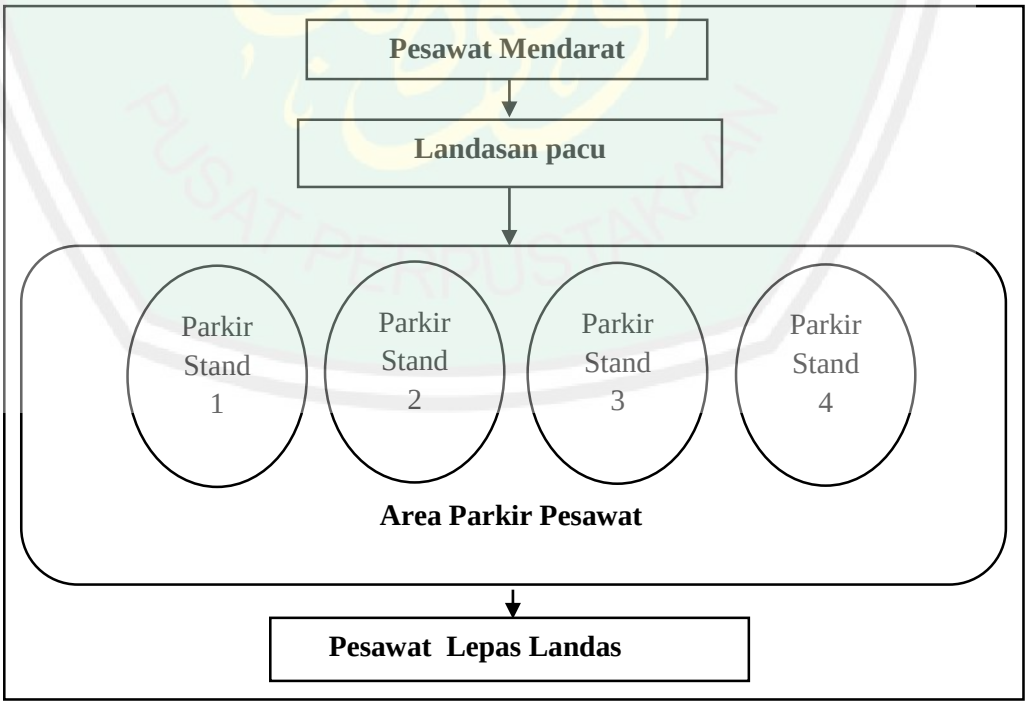
BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Pemodelan Sistem Antrian

4.1.1 Analisis Deskriptif Kedatangan dan Pelayanan Pesawat

Kedatangan pesawat di Bandara Abdulrachman Saleh Malang membentuk suatu sistem antrian seri. Model antrian seri ini memiliki beberapa stasiun pelayanan yang akan dilalui pesawat sebelum menyelesaikan pelayanan. Penelitian ini akan membahas kedatangan dan pelayanan pada area landasan parkir *(apron).* Area landasan parkir di Bandara Abdulrachman Saleh Malang dapat menampung 4 tempat parkir pesawat. Maskapai yang beroperasi di Bandara Abdulrachman Saleh Malang terdiri dari pewasat komersil yaitu maskapai Sriwijaya Air, Wings Air, Batik Air, Lion Air, Citilink, dan Garuda Indonesia. Secara lebih lengkap terdapat skema antrian yang disajikan pada gambar 4.1



Gambar 4.1 Alur Pelayanan Pesawat di Bandara Abdulrachman Saleh Malang

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Kedatangan pesawat di Bandara Abdulrachman Saleh Malang dimulai dari pesawat mendarat di landasan pacu kemudian berjalan ke area parkir pesawat *(apron)* melalui area landasan penghubung *(taxyway).* Pelayanan pesawat dilakukan ketika pesawat memasuki area parkir pesawat *(apron)* hingga pesawat lepas landas *(take off).* Kedatangan pesawat di Bandara Abdulrachman Saleh Malang terbatas, artinya pesawat yang mendarat di bandara ini dibatasi, karena luas keseluruhan area bandara tidak memungkinkan untuk menampung banyak pesawat.

Tabel 4.1 Rekaptulasi Data Kedatangan dan Waktu Pelayanan Pesawat di Bandara Abdulrachman Saleh Malang

No	Tanggal	Jenis Pesawat	Kedatangan	Mulai pelayanan	Selesai pelayanan	Lama Pelayanan
1	01/1/2019	IW	-	07:00	07:35	00:35
2	01/1/2019	JT	07:26	07:38	08:20	00:42
3	01/1/2019	QG	08:25	08:28	09:00	00:32
4	01/1/2019	SJ	08:43	08:58	09:24	00:26
5	01/1/2019	QG	08:53	09:12	09:33	00:21
6	01/1/2019	ID	08:59	09:19	10:00	00:41
7	01/1/2019	GA	10:01	10:16	10:53	00:37
8	01/1/2019	QG	10:55	11:05	11:32	00:27
9	01/1/2019	JT	11:52	11:55	12:50	00:55
10	01/1/2019	QG	12:50	12:58	13:30	00:32
						. . .
17	01/1/2019	IW	16:00	16:05	16:30	00:25
Σ						596

Kedatangan pesawat di Bandara Abdulrachman Malang kemudian dikelompokkan berdasarkan jam kedatangan. Berikut rekaptulasi data kedatangan pesawat pada interval 120 menit dan data pelayanan pesawat pada interval 10 menit yang disajikan dalam tabel 4.2 dan tabel 4.3

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Tabel 4.2 Rekaptulasi Kedatangan Pesawat Setiap Interval 120 Menit

No	Interval Waktu	Jumlah Pesawat Datang
1	07.00 - 08.59	5
2	09.00 - 10.59	2
3	11.00 - 12.59	2
4	13.00 - 14.59	4
5	15.00 - 16.59	3
	Jumlah	16

$$\text{Rata-rata kedatangan } \lambda = \frac{\text{Jumlah pesawat yang Datang}}{\text{Interval Waktu}}$$

$$\lambda = \frac{16}{5} = 3{,}2 \text{ atau } 3 \text{ pesawat setiap } 120 \text{ menit}$$

Tabel 4.3 Rekaptulasi Pelayanan Pesawat Setiap Interval 10 Menit

No	Interval Waktu	Jumlah Pelayanan
1	20 – 29 Menit	6
2	30 – 39 Menit	6
3	40 – 49 Menit	3
4	50 – 59 Menit	2
	Jumlah	17

$$\text{Rata-rata waktu pelayanan } \mu = \frac{\Sigma \text{ waktu pelayanan}}{\text{jumlah pesawat yang dilayani}}$$

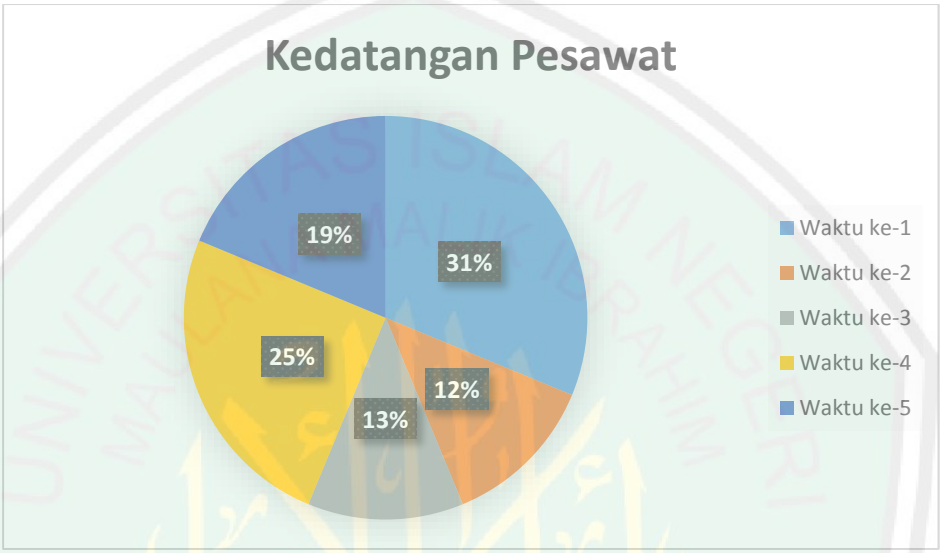
$$\mu = \frac{596}{17} = 35{,}059 \text{ menit setiap pesawat}$$

4.1.1.1 Deskripsi Kedatangan Pesawat

Kedatangan pesawat merupakan suatu kejadian yang pasti terjadi pada suatu bandara, kedatangan pesawat dapat terjadi konstan maupun acak, namun yang sering terjadi yaitu acak, jika suatu kedatangan acak maka kedatangan tersebut tidak bergantung pada waktu sebelum maupun sesudahnya. Suatu kedatangan pesawat kadangkala tepat sesuai jadwal yang sudah disediakan, namun seringkali suatu kedatangan memiliki selisih waktu dengan jadwal yang telah disediakan, hal ini

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

terjadi dikarenakan oleh banyak faktor salah satunya yaitu tingkat keefektifan sistem pada bandara tidak optimal sehingga perlu dilakukan analisis pada suatu data kedatangan untuk mengetahui keefektifitasan antrian pada bandara tersebut. Berikut deskripsi persentase kedatangan pesawat pada tanggal 1 bulan Januari 2019 disajikan dalam Gambar 4.2



Gambar 4.2 Persentase Kedatangan Pesawat pada 1 Januari 2019

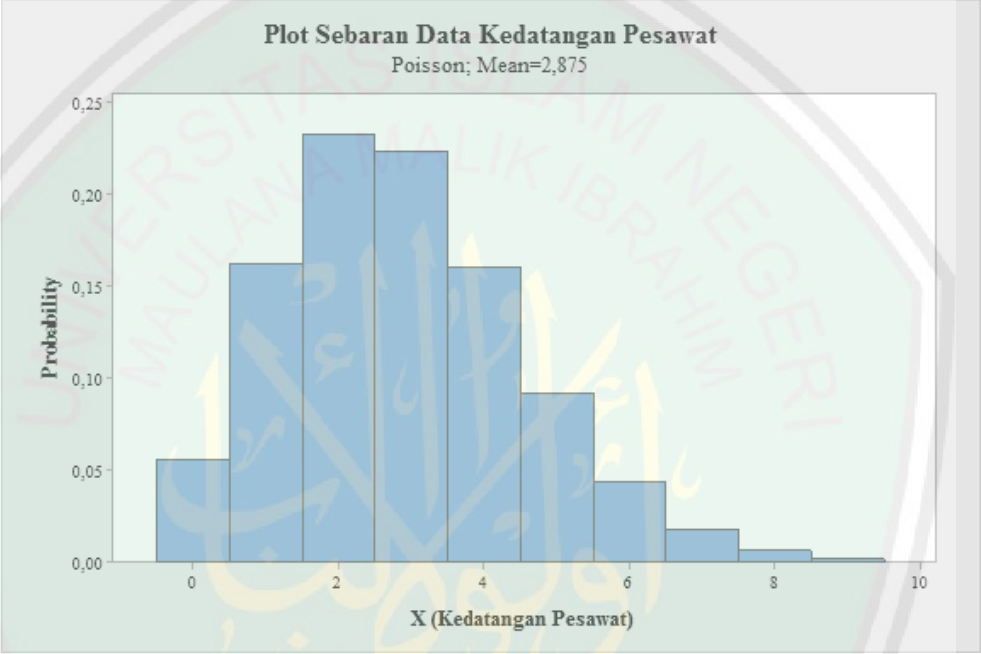
Gambar 4.2 menunjukkan persentase kedatangan pesawat pada kategori interval waktu kedatangan ke-1 hingga ke-5, berdasarkan gambar tersebut dapat diketahui bahwa persentase kedatangan pesawat paling tinggi yaitu sebesar 31% terdapat pada kategori interval waktu kedatangan ke-1 yaitu pada rentang waktu 07.00-08.59. Bandara Addulrachman Saleh Malang memiliki jadwal penerbangan yang terbatas, dikarenakan kapasitas sistem yang tersedia hanya dapat menampung 4 pesawat. Deskripsi kedatangan pesawat di Bandara Abdulrachman Saleh Malang pada tanggal 1 bulan Januari 2019 dapat ditunjukkan pada Tabel 4.3

Tabel 4.4 Deskripsi Data Kedatangan Pesawat pada Tanggal 1 Bulan Januari 2019

	N	Max	Min	Mean	Std.Dev
Y	16	5	1	2,875	1,5864

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Tabel 4.4 menunjukkan kedatangan pesawat di Bandara Abdulrachman Saleh Malang memiliki 16 kedatangan dengan kedatangan pesawat maksimum 5 kedatangan dan minimum sebesar 1 kedatangan, kemudian memiliki nilai rata-rata yaitu sebesar 2,875 dan standart deviasi sebesar 1,5864. Interval waktu kedatangan setiap 120 menit dari pukul 07.00 – 17.00 dikategorikan menjadi kedatangan ke-1 sampai kedatangan ke-5. Plot kedatangan pesawat disajikan dalam Gambar 4.3



Gambar 4.3 Plot Kedatangan Pesawat di Bandara Abdulrachman Saleh Malang

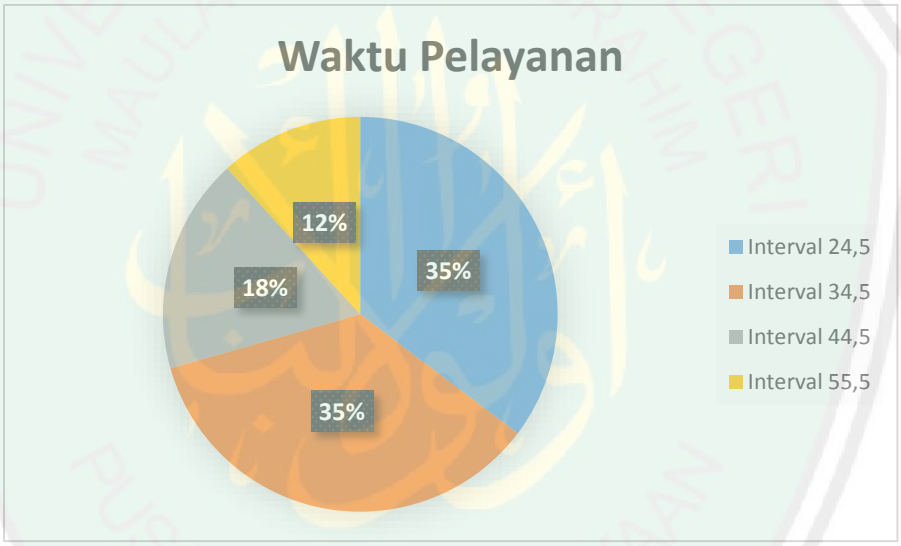
Berdasarkan gambar 4.3 dapat diketahui sebaran data kedatangan pesawat di Bandara Abdulrachman Saleh Malang. Sesuai teorema pada teori antrian dimana suatu kedatangan diasumsikan berdistribusi Poisson, berdasarkan gambar 4.3 dapat diketahui sebaran data kedatangan pesawat berdistribusi Poisson.

4.1.1.2 Deskripsi Pelayanan Pesawat

Pelayanan pesawat sama halnya dengan kedatangan pesawat, dapat terjadi konstan maupun acak, dalam teori antrian jika pelayanan acak maka diasumsikan

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

berdistribusi Eksponensial. Fasilitas pelayanan pesawat di Bandara Abdulrcahman Saleh Malang hanya terdapat 1 server, artinya jika terdapat peluang suatu kedatangan ≥ 2, maka akan membentuk baris antrian dengan setiap kedatangan menunggu di area parkir yang telah disediakan. Area parkir di Bandara Abdulrachman Saleh Malang hanya dapat menampung maksimal 4 pesawat, maka untuk mengurangi baris antrian yang menyebabkan pesawat menumpuk di area parkir dilakukan analisis pada pelayanan untuk mengetahui keefektifitasan antrian pada bandara tersebut. Berikut deskripsi persentase kedatangan pesawat pada tanggal 1 bulan Januari 2019 disajikan dalam Gambar 4.4



Gambar 4.4 Persentase Pelayanan Pesawat pada 1 Januari 2019

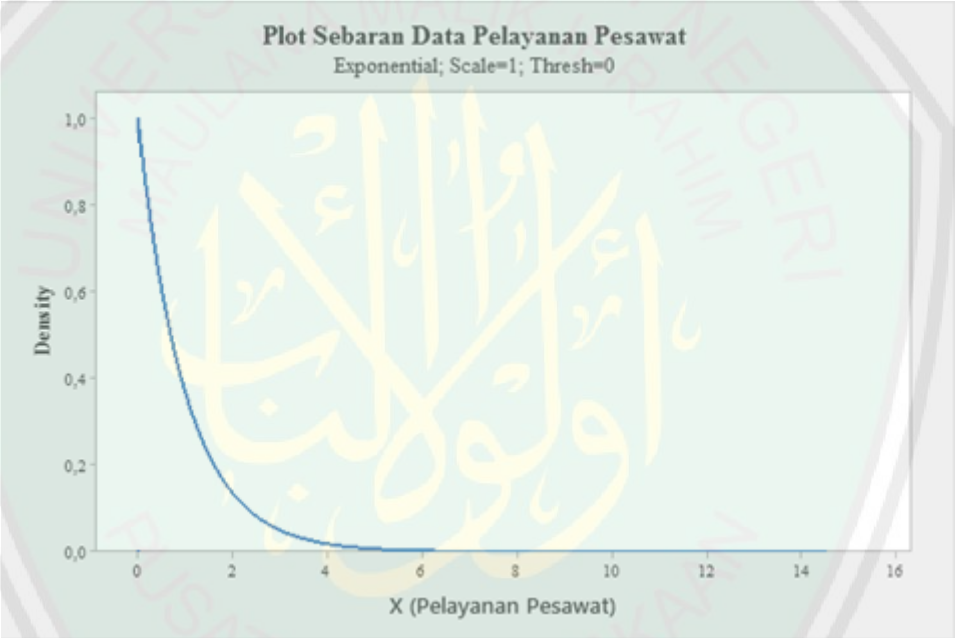
Gambar 4.4 menunjukkan persentase pelayanan pesawat pada interval waktu pelayanan 20 menit hingga 60 menit, berdasarkan gambar tersebut dapat diketahui bahwa persentase pelayanan pesawat paling tinggi yaitu sebesar 35% terdapat pada interval waktu pelayanan pada rentang waktu 20 – 29 menit. Deskripsi pelayanan pesawat di Bandara Abdulrachman Saleh Malang pada tanggal 1 bulan Januari 2019 dapat ditunjukkan pada Tabel 4.5

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Tabel 4.5 Deskripsi Data Pelayanan Pesawat pada Tanggal 1 Bulan Januari 2019

	N	Max	Min	Mean	Std.Dev
Y	17	55,5	24,5	35,2059	10,5283

Tabel 4.5 menunjukkan di Bandara Abdulrachman Saleh Malang melayani 17 pesawat dengan waktu pelayanan maksimum yaitu 55,5 menit dan waktu pelayanan minimum yaitu 24,5 menit, dimana waktu pelayanan maksimum dan minimum didapatkan dari mengambil nilai tengah pada setiap interval waktu pelayanan. Rata-rata data pelayanan yaitu sebesar 35,2059 dan standart deviasi sebesar 10,5283. Plot kedatangan pesawat disajikan dalam Gambar 4.5



Gambar 4.5 Plot Pelayanan Pesawat di Bandara Abdulrachman Saleh Malang

Berdasarkan gambar 4.5 dapat diketahui sebaran data pelayanan pesawat di Bandara Abdulrachman Saleh Malang. Sesuai teorema pada teori antrian dimana suatu pelayanan acak diasumsikan berdistribusi Eksponensial, berdasasrkan gambar 4.5 dapat diketahui sebaran data pelayanan pesawat berdistribusi Eksponensial.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

4.1.2 Analisis Sistem Antrian

Berdasarkan deskripsi data kedatangan dan pelayanan pesawat di Bandara Abdulrachman Saleh Malang terdapat plot sebaran data yang menunjukkan bahwa kedatangan berdistribusi Poisson dan pelayanan bedistribusi Eksponensial. Namun, hal itu tidak memberikan cukup bukti untuk membuktikan asumsi tersebut, maka perlu dilakukan uji distribusi melalui proses statistik menggunakan uji kolmogorov smirnov.

4.1.2.1 Uji Distribusi Poisson pada Kedatangan Pesawat

Hasil uji kolmogorov smirnov terhadap data rekaptulasi kedatangan pesawat setiap interval 120 menit di area parkir *(apron)* pada tanggal 01 Januari 2019 pukul 07.00 WIB – 17.00 WIB disajikan dalam Tabel 4.6

Tabel 4. 6 Uji Distribusi Poisson Kedatangan Pesawat pada Tanggal 1 Bulan Januari 2019

No	y_i	f_i	f_k	Z_i	$S(x)$	$F_0(x)$	$\lvert S(x) - F_0(x) \rvert$
1	1	5	5	-1,18192	0,118619	0,3125	0,193881
2	2	2	7	-0,55156	0,290624	0,4375	0,146876
3	3	2	9	0,078795	0,531402	0,5625	0,031098
4	4	4	13	0,709153	0,760885	0,8125	0,051615
5	5	3	16	1,33951	0,909798	1	0,090202
	Σ	16					

Keterangan :

y_i : kedatangan pesawat pada waktu ke-n

f_i : frekuensi kedatangan pesawat

f_k : frekuensi kumulatif

Z_i : transformasi nilai y_i

$S(x)$: distribusi kumulatif sampel dari populasi

$F_0(x)$: distribusi kumulatif data teoritis dari distribusi Poisson

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Hipotesis :

H_0: Kedatangan pesawat di Bandara Abdulrachman Saleh Malang berdistribusi Poisson.

H_1: Kedatangan pesawat di Bandara Abdulrachman Saleh Malang tidak berdistribusi Poisson.

$\alpha = 5\%$

Statistik Uji :

$D - \text{hitung} = \text{Maks} |S(x) - F_0(x)|$

Kriteria Uji :

H_0 ditolak jika nilai D-hitung > nilai D-tabel atau jika nilai p-value < nilai α

Berdasarkan pehitungan uji kolmogorov smirnov pada tabel 4.6 serta output Minitab pada lampiran 4 diketahui nilai D-hitung sebesar 0,193881. Tabel kolmogorov smirnov pada taraf signifikasi sebesar 0,05 dengan n sebanyak 16 yaitu D = 0,328. Karena nilai D-hitung < nilai D-tabel yaitu 0,193881 < 0,328, maka dapat disimpulkan bahwa H_0 diterima. Artinya, data kedatangan pesawat di Bandara Abdulrachman Saleh Malang berdistribusi Poisson.

4.1.2.2 Uji Distribusi Eksponensial pada Waktu Pelayanan Pesawat

Hasil uji kolmogorov smirnov terhadap data rekaptulasi pelayanan pesawat setiap interval 120 menit di area parkir *(apron)* pada tanggal 01 Januari 2019 pukul 07.00 WIB – 17.00 WIB disajikan dalam Tabel 4.7

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Tabel 4.7 Uji Distribusi Eksponensial Pelayanan Pesawat pada Tanggal 1 Bulan Januari 2019

No	y_i	f_i	f_k	Z_i	$S(x)$	$F_0(x)$	$\lvert S(x) - F_0(x) \rvert$
1	24,5	6	6	-1,016865	0,154609	0,352941	0,198332
2	34,5	6	12	-0,067046	0,473273	0,705882	0,23261
3	44,5	3	15	0,8827728	0,81132	0,882353	0,071032
4	55,5	2	17	1,9275736	0,973046	1	0,026954
	Σ	17					

Keterangan :

y_i : nilai tengah interval waktu pelayanan pesawat

f_i : frekuensi kedatangan pesawat

f_k : frekuensi kumulatif

Z_i : transformasi nilai y_i

$S(x)$: distribusi kumulatif sampel dari populasi

$F_0(x)$: distribusi kumulatif data teoritis dari distribusi Eksponensial

Hipotesis :

H_0: Kedatangan pesawat di Bandara Abdulrachman Saleh Malang berdistribusi Eksponensial.

H_1: Kedatangan pesawat di Bandara Abdulrachman Saleh Malang tidak berdistribusi Eksponensial.

$\alpha = 5\%$

Statistik Uji :

$D - \text{hitung} = \text{Maks} \lvert S(x) - F_0(x) \rvert$

Kriteria Uji :

H_0 ditolak jika nilai D-hitung > nilai D-tabel atau jika nilai p-value < nilai α

Berdasarkan pehitungan uji kolmogorov smirnov pada tabel 4.7 serta output Minitab pada lampiran 5 diketahui nilai D-hitung yaitu sebesar 0,23261.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Tabel kolmogorov smirnov pada taraf signifikasi sebesar 0,05 dengan n sebanyak 17 yaitu D = 0,318. Karena nilai D-hitung < nilai D-tabel yaitu 0,23261 < 0,318, maka dapat disimpulkan bahwa H_0 diterima. Artinya, data pelayanan pesawat di Bandara Abdulrachman Saleh Malang berdistribusi Eksponensial.

4.1.2.3 Analisis Model Antrian

Model antrian yang diperoleh berdasarkan analisis data kedatangan dan pelayanan pesawat yaitu [M/M/1]:[GD/K/∞]. Artinya, M menunjukkan kedatangan pesawat berdistribusi Poisson dan pelayanan pesawat berdistribusi Eksponensial, 1 menunjukkan jumlah server atau fasilitas layanan berjumlah 1, GD merupakan disiplin antrian pesawat yang digunakan yaitu disiplin umum *(FIFO)*, K menunjukkan sumber kedatangan yang dibatasi dan ∞ menunjukkan panjang antrian yang tidak terbatas. Berdasarkan perhitungan rata-rata kedatangan λ dan rata-rata waktu pelayanan μ dihasilkan kondisi $p = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{3}{35{,}059} = 0{,}08557$ artinya, kondisi p steady state karena < 1 maka dapat dilanjutkan untuk menghitung nilai keefektifan sistem.

a. Probabilitas semua server menganggur (P_0), dengan rumus sesuai pada persamaan (2.29) sehingga diperoleh

$$P_0 = \frac{1}{\left(\frac{3^0}{35{,}059}+\frac{3^1}{35{,}059}+\frac{3^2}{35{,}059}+\frac{3^3}{35{,}059}+\frac{3^4}{35{,}059}\right)}$$

$$= \frac{1}{0{,}028523+0{,}08557+0{,}25671+0{,}77013+2{,}310391}$$

$$= 0{,}289744$$

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

b. Probabilitas konsumen ke-n mengantri atau semua pelayan sibuk (P_n), dengan rumus yang sesuai pada persamaan (2.30) sehingga diperoleh

$$P_1 = \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^1}{\sum_{n=0}^{k}\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^k}$$

$$= \frac{\left(\frac{3}{35{,}059}\right)^1}{\left(\frac{3}{35{,}059}\right)^0+\left(\frac{3}{35{,}059}\right)^1+\left(\frac{3}{35{,}059}\right)^2+\left(\frac{3}{35{,}059}\right)^3+\left(\frac{3}{35{,}059}\right)^4}$$

$$= \frac{0{,}08557}{1+0{,}08557+0{,}007322+0{,}000627+0{,}0000536}$$

$$= 0{,}078248$$

Dengan cara serupa diperoleh:

$P_2 = 0{,}006696$ $P_3 = 0{,}000573$ $P_4 = 0{,}0000490$

c. Laju kedatangan yang efektif yaitu λ_{eff}, dengan rumus yang sesuai pada persamaana (2.31) sehingga diperoleh

$$\lambda_{eff} = 3\left(1 - \frac{0{,}0000536}{1+0{,}08557+0{,}007322+0{,}000627+0{,}0000536}\right)$$

$$= 3\,(1 - 0{,}0000490\,)$$

$$= 2{,}999854$$

d. Rata-rata jumlah pesawat dalam sistem (L_s), dengan rumus yang sesuai pada persamaana (2.32) sehingga diperoleh

$$L_s = \sum_{n=0}^{4} n.\,P_n$$

$$= (0 \times 0{,}289744) + (1 \times 0{,}078248) + (2 \times 0{,}006696\,) +$$

$$(3 \times 0{,}000573) + (4 \times 0{,}0000490)$$

$$= 0{,}0935542$$

Rata-rata jumlah pesawat dalam sistem yaitu $0{,}0935542$ dari 17 pesawat atau 2 pesawat.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

e. Rata-rata jumlah pesawat dalam antrian (L_q), dengan rumus yang sesuai pada persamaana (2.33) sehingga diperoleh

$$L_q = 0{,}0935542 - \left(1 - \frac{1-0{,}08557}{1-0{,}08557^5}\right)$$

$$= 0{,}0935542 - (1 - 0{,}914434)$$

$$= 0{,}0079887$$

Rata-rata jumlah pesawat dalam antrian yaitu 0,0079887 dari 17 pesawat atau maksimal 1 pesawat.

f. Rata rata waktu pelayanan dalam sistem W_s, dengan rumus yang sesuai pada persamaana (2.34) sehingga diperoleh

$$W_s = \frac{0{,}0935542}{2{,}999854}$$

$$= 0{,}0311864$$

Rata-rata waktu yang dihabiskan pesawat dalam sistem yaitu 0,0311864 dari 600 menit atau 18,71182 menit.

g. Rata rata waktu pelayanan dalam antrian W_q, dengan rumus yang sesuai pada persamaana (2.35) sehingga diperoleh

$$W_q = \frac{0{,}0079887}{2{,}999854}$$

$$= 0{,}0026630$$

Rata-rata waktu yang dihabiskan pesawat dalam antrian yaitu 0,0026630 setiap 600 menit atau 1,597815 menit.

Berdasarkan perhitungan model keefektifan sistem serta output Pom For Windows pada lampiran 6, hasil perhitungan bernilai p = 0,08557. Model antrian memiliki nilai yang steady-state sehingga dapat diperoleh nilai $\lambda_{eff} = 2{,}999854$, $L_s = 0{,}0935542$ (1 - 2 pesawat), $L_q = 0{,}0079887$ (hampir tidak

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

ada pesawat yang mengantri), $W_q = 0{,}0026630$ (1-2 menit), dan $W_s = 0{,}0311864$ (19 menit). Sehingga dapat disimpulkan bahwa model sistem antrian pesawat di Bandara Abdulrachman Saleh Malang cukup baik, karena hampir tidak ada pesawat yang mengantri untuk mendapatkan layanan dengan rata-rata waktu yang dihabiskan pesawat dalam sistem yaitu 19 menit, artinya jumlah pesawat dengan jumlah fasilitas layanan di Bandara Abdulrcahman Saleh Malang sudah ideal dan optimal tidak perlu penambahan fasilitas layanan.

4.2 Analisis Keterlambatan Pesawat

4.2.1 Analisis Deskriptif Keterlambatan Pesawat

Keterlambatan kedatangan dan keterlambatan pesawat dapat dipastikan terjadi acak, karena suatu keterlambatan kedatangan dapat disebabkan oleh beberapa faktor dengan waktu keterlambatan sangat beragam, maka diasumsikan berdistribusi Eksponensial. Keterlambatan kedatangan maupun keberangkatan pesawat di Bandara Abdulrcahman Saleh Malang bisa terjadi ± 1 kali dalam sehari. Jika keterlambatan menghabiskan waktu yang cukup lama, maka akan menyebabkan baris antrian mengular dan kapasitas area parkir habis, sehingga menyebabkan banyak pesawat sesudahnya terlambat. Berdasarkan pernyataan tersebut analisis keterlambatan kedatangan penting dilakukan untuk mengoptimalkan keterlambatan kedatangan pesawat di Bandara Abdulrachman Saleh Malang agar tidak menyebabkan banyak kerugian. Berikut rekaptulasi keterlambatan berdasarkan kedatangan pesawat pada Bulan Januari 2019 disajikan dalam Tabel 4.8

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Tabel 4.8 Rekaptulasi Keterlambatan Kedatangan Pesawat Setiap Minggu pada Bulan Januari

No	Minggu	Jumlah Pelayanan
1	Minggu ke-1	35
2	Minggu ke-2	14
3	Minggu ke-3	17
4	Minggu ke-4	23
	Jumlah	89

Selain itu juga disajikan rekaptulasi keterlambatan keberangkatan pesawat pada bulan Januari 2019 dalam Tabel 4.9

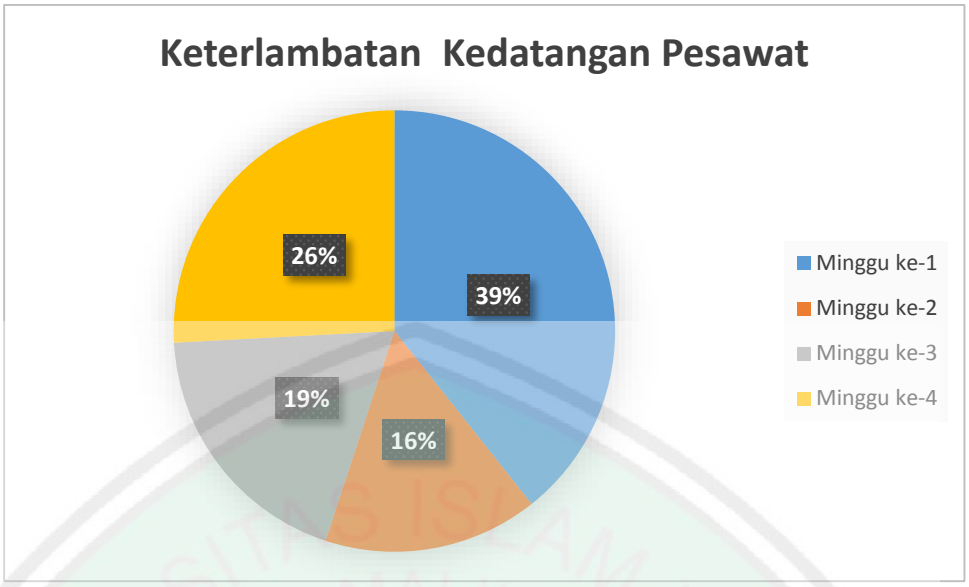
Tabel 4.9 Rekaptulasi Keterlambatan Keberangkatan Pesawat Setiap Minggu pada Bulan Januari

No	Minggu	Jumlah Pelayanan
1	Minggu ke-1	28
2	Minggu ke-2	15
3	Minggu ke-3	12
4	Minggu ke-4	24
	Jumlah	79

4.2.1.1 Deskripsi Keterlambatan Kedatangan Pesawat

Berdasarkan data keterlambatan pesawat di Bandara Abdulrachman Saleh Malang pada bulan Januari 2019, dilakukan analisis keterlambatan kedatangan seluruh maskapai setiap minggu dalam waktu 1 bulan, deskripsi keterlambatan kedatangan pesawat disajikan dalam Gambar 4.6

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG



Gambar 4. 6 Persentase Keterlambatan Kedatangan Seluruh Maskapai pada Bulan Januari 2019

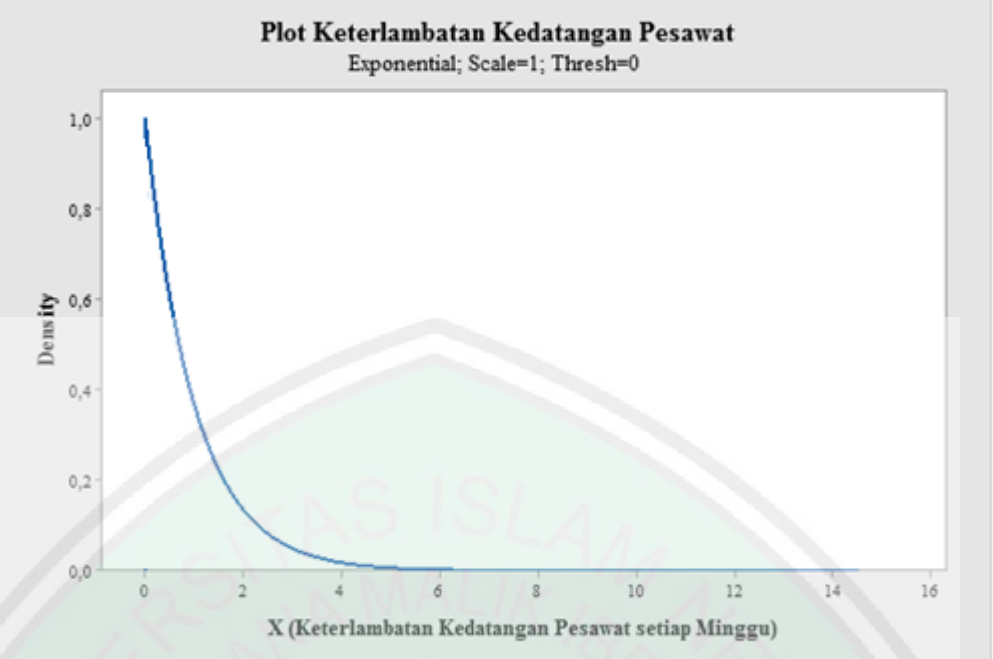
Pada gambar 4.6 dapat diketahui bahwa keterlambatan kedatangan seluruh maskapai setiap minggu di Bandara Abdulrachman Saleh Malang berkisar dari 16% – 39%. Keterlambatan kedatangan seluruh maskapai maksimum terjadi pada minggu pertama dalam bulan Januari 2019 dengan persentase sebesar 39%. Deskripsi keterlambatan kedatangan pesawat di Bandara Abdulrachman Saleh Malang pada bulan Januari 2019 dapat ditunjukkan pada Tabel 4.10

Tabel 4.10 Deskripsi Data Keterlambatan Kedatangan Pesawat pada Bulan Januari 2019

	N	Max	Min	Mean	Std.Dev
Y	4	35	14	22,250	9,28709

Tabel 4.10 menunjukkan bahwa keterlambatan kedatangan pesawat di Bandara Abdulrachman Saleh Malang dikelompokkan menjadi 4 keterlambatan kedatangan dalam bentuk mingguan yaitu minggu ke-1 hingga minggu ke-4 pada bulan Januari 2019. Keterlambatan kedatangan pesawat pada bulan Januari 2019 maksimum sebesar 35 keterlambatan kedatangan dan minimum sebesar 14 kedatangan, dengan rata-rata yaitu sebesar 22,250 dan standart deviasi sebesar 9,28709. Plot keterlambatan kedatangan pesawat disajikan dalam Gambar 4.7

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG



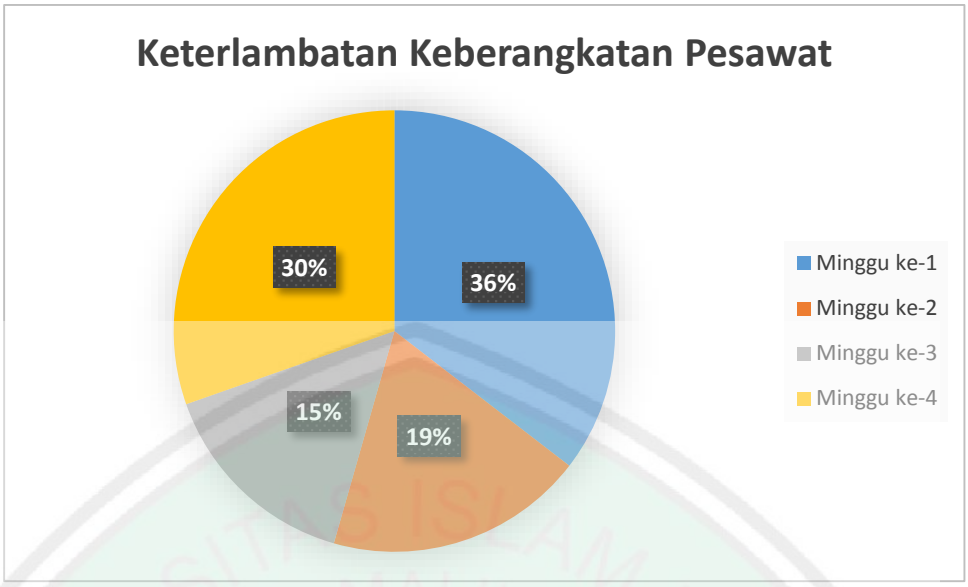
Gambar 4.7 Plot Keterlambatan Kedatangan Pesawat Bulan Januari 2019

Berdasarkan gambar 4.7 dapat diketahui sebaran data keterlambatan kedatangan pesawat di Bandara Abdulrachman Saleh Malang. Sesuai teorema pada teori antrian jika suatu kedatangan berdistribusi Poisson dan pelayanan berdistribusi Eksponensial, maka keterlambatan diasumsikan berdistribusi Eksponensial. Berdasasrkan gambar 4.4 dapat diketahui sebaran data keterlambatan kedatangan pesawat berdistribusi Eksponensial.

4.2.1.2 Deskripsi Keterlambatan Keberangkatan Pesawat

Berdasarkan data keterlambatan pesawat di Bandara Abdulrachman Saleh Malang pada bulan Januari 2019, dilakukan analisis keterlambatan keberangkatan seluruh maskapai kemudian di ambil rata-rata setiap minggu dalam waktu satu bulan, data rekaptulasi disajikan dalam Gambar 4.8

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG



Gambar 4.8 Persentase Keterlambatan Keberangkatan Seluruh Maskapai pada Bulan Januari 2019

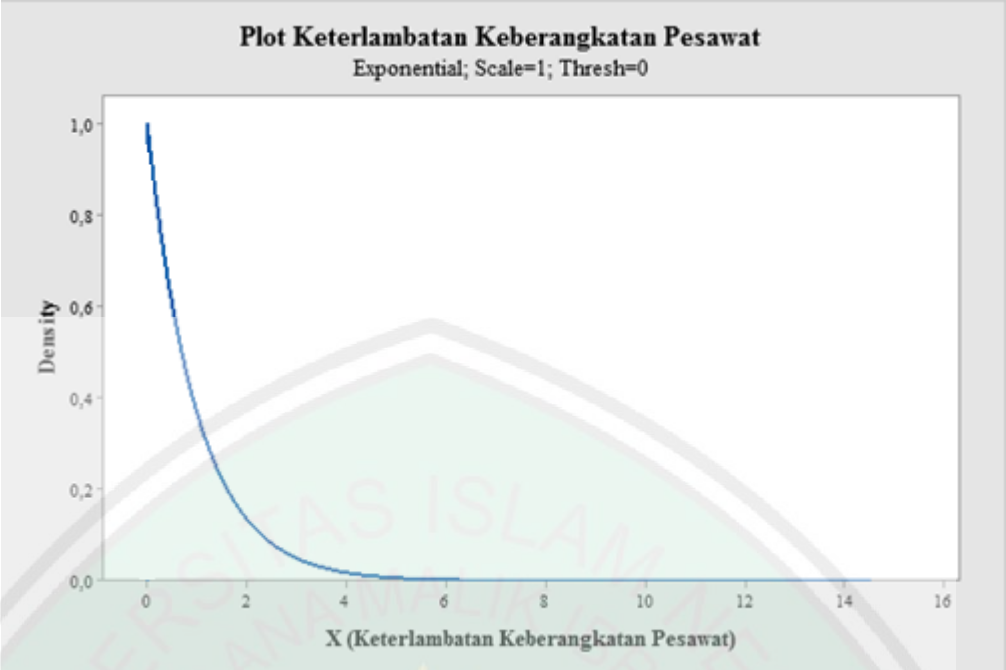
Pada gambar 4.8 dapat diketahui bahwa keterlambatan keberangkatan seluruh maskapai setiap minggu di Bandara Abdulrachman Saleh Malang berkisar dari 15% – 36%. Keterlambatan keberangkatan seluruh maskapai maksimum terjadi pada minggu pertama dalam bulan Januari 2019 dengan persentase sebesar 36%. Deskripsi keterlambatan keberangkatan pesawat di Bandara Abdulrachman Saleh Malang pada bulan Januari 2019 dapat ditunjukkan pada Tabel 4.11

Tabel 4.11 Deskripsi Data Keterlambatan Keberangkatan Pesawat pada Bulan Januari 2019

	N	Max	Min	Mean	Std.Dev
Y	4	28	12	19,75	7,5

Tabel 4.11 menunjukkan bahwa keterlambatan keberangkatan pesawat di Bandara Abdulrachman Saleh Malang dengan 4 kelompok keterlambatan keberangkatan yaitu minggu ke-1 hingga minggu ke-4 pada bulan Januari 2019. Keterlambatan keberangkatan pesawat pada bulan Januari 2019 memiliki keterlambatan maksimum sebesar 28 dan minimum sebesar 12 ketrelambatan keberangkatan, dengan rata-rata yaitu sebesar 19,75 dan standart deviasi sebesar 7,5. Plot keterlambatan keberangkatan pesawat disajikan dalam Gambar 4.9

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG



Gambar 4.9 Plot Keterlambatan Keberangkatan Pesawat Bulan Januari 2019

Berdasarkan gambar 4.9 dapat diketahui sebaran data keterlambatan keberangkatan pesawat di Bandara Abdulrachman Saleh Malang. Sesuai teorema pada teori antrian jika suatu kedatangan berdistribusi Poisson dan pelayanan berdistribusi Eksponensial, maka keterlambatan diasumsikan berdistribusi Eksponensial. Berdasasrkan gambar 4.4 dapat diketahui sebaran data keterlambatan keberangkatan pesawat berdistribusi Eksponensial.

4.2.2 Analisis Tingkat Keterlambatan Pesawat

Keterlambatan pesawat dapat dikategorikan menjadi keterlambatan berdasarkan kedatangan pesawat dan keterlambatan berdasarkan keberangkatan pesawat. Suatu keterlambatan dapat menyebabkan baris antrian mengular, sehingga hal tersebut perlu dioptimalkan untuk menghindari terjadinya kerugian dari pihak maskapai penerbangan maupun pihak bandara. Bandara Abdulrachman Saleh Malang memiliki asal dan tujuan yaitu Bandara Cengkareng *(Soekarno Hatta),*

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Bandara Denpasar *(Ngurah Rai),* Bandara Bandung *(Husein Sastranegara),* dan Bandara Halim Perdana Kusuma. Faktor penyebab keterlambatan terdiri dari faktor Operasional, Cuaca Buruk, Manajemen Airline, dll.

Berdasarkan deskripsi data keterlambatan kedatangan dan keberangkatan pesawat di Bandara Abdulrachman Saleh Malang terdapat plot sebaran data yang menunjukkan bahwa keterlambatan bedistribusi Eksponensial. Namun, hal itu tidak memberikan cukup bukti untuk membuktikan asumsi tersebut, maka perlu dilakukan uji distribusi melalui proses statistik menggunakan uji kolmogorov smirnov.

4.2.2.1 Uji Distribusi Eksponensial pada Keterlambatan Kedatangan Pesawat

Uji distribusi keterlambatan kedatangan dilakukan untuk melihat pola distribusi data, sehingga dapat dilakukan langkah analisis untuk mengetahui tingkat keterlambatan kedatangan pesawat ditinjau dari jenis maskapai, daerah asal atau tujuan, dan faktor penyebab keterlambatan. Uji distribusi dilakukan menggunakan uji kolmogorov smirnov dengan n sampel < 30. Berikut disajikan perhitungan uji kolmogorov smirnov pada Tabel 4.12

Tabel 4.12 Uji Distribusi Keterlambatan Kedatangan Pesawat pada Bulan Januari 2019

No	y_i	f_i	f_k	Z_i	$S(x)$	$F_0(x)$	$\lvert S(x) - F_0(x) \rvert$
1	14	1	1	-0,88833	0,187182	0,25	0,062818
2	17	1	2	-0,5653	0,285935	0,5	0,214065
3	23	1	3	0,080757	0,532183	0,75	0,217817
4	35	1	4	1,372874	0,915104	1	0,084896
	Σ	4					

Keterangan :

y_i : keterlambatan kedatangan pesawat setiap minggu

f_i : frekuensi kedatangan pesawat

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

f_k : frekuensi kumulatif

Z_i : transformasi nilai y_i

$S(x)$: distribusi kumulatif sampel dari populasi

$F_0(x)$: distribusi kumulatif data teoritis dari distribusi Eksponensial

Hipotesis :

H_0: Keterlambatan kedatangan pesawat di Bandara Abdulrachman Saleh Malang berdistribusi Eksponensial.

H_1: Keterlambatan kedatangan pesawat di Bandara Abdulrachman Saleh Malang tidak berdistribusi Eksponensial.

$\alpha = 5\%$

Statistik Uji :

$D - \text{hitung} = \text{Maks} |S(x) - F_0(x)|$

Kriteria Uji :

H_0 ditolak jika nilai D-hitung > nilai D-tabel atau jika nilai p-value < nilai α

Berdasarkan perhitungan uji kolmogorov smirnov pada tabel 4.12 serta output Minitab pada lampiran 7 diketahui nilai D-hitung yaitu sebesar 0,2178. Tabel kolmogorov smirnov dengan taraf signifikasi sebesar 0,05 dan n sebanyak 4 yaitu D = 0,624. Karena nilai D-hitung < nilai D-tabel yaitu 0,2178 < 0,624, maka dapat disimpulkan bahwa H_0 diterima. Artinya, data keterlambatan kedatangan pesawat di Bandara Abdulrachman Saleh Malang berdistribusi Eksponensial.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

4.2.2.2 Uji Distribusi Eksponensial pada Keterlambatan Keberangkatan Pesawat

Uji distribusi keterlambatan keberangkatan dilakukan untuk melihat pola distribusi data, sehingga dapat dilakukan langkah analisis untuk mengetahui tingkat keterlambatan keberangkatan pesawat ditinjau dari jenis maskapai, daerah asal atau tujuan, dan faktor penyebab keterlambatan. Uji distribusi dilakukan menggunakan uji kolmogorov smirnov dengan n sampel < 30. Berikut disajikan perhitungan uji kolmogorov smirnov pada Tabel 4.13

Tabel 4.13 Uji Distribusi Keterlambatan Keberangkatan Pesawat pada Bulan Januari 2019

No	y_i	f_i	f_k	Z_i	$S(x)$	$F_0(x)$	$\lvert S(x) - F_0(x) \rvert$
1	12	1	1	-1,03333	0,150724	0,25	0,099276
2	15	1	2	-0,63333	0,263258	0,5	0,236742
3	24	1	3	0,566667	0,71453	0,75	0,03547
4	28	1	4	1,1	0,864334	1	0,135666
	Σ	4					

Keterangan :

y_i : keterlambatan keberangkatan pesawat setiap minggu

f_i : frekuensi kedatangan pesawat

f_k : frekuensi kumulatif

Z_i : transformasi nilai y_i

$S(x)$: distribusi kumulatif sampel dari populasi

$F_0(x)$: distribusi kumulatif data teoritis dari distribusi Eksponensial

Hipotesis :

H_0: Keterlambatan keberangkatan pesawat di Bandara Abdulrachman Saleh Malang berdistribusi Eksponensial.

H_1: Keterlambatan keberangkatan pesawat di Bandara Abdulrachman Saleh Malang tidak berdistribusi Eksponensial.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

$\alpha = 5\%$

Statistik Uji

$\mathrm{D-hitung} = \mathrm{Maks}\,|S(x) - F_0(x)|$

Kriteria Uji

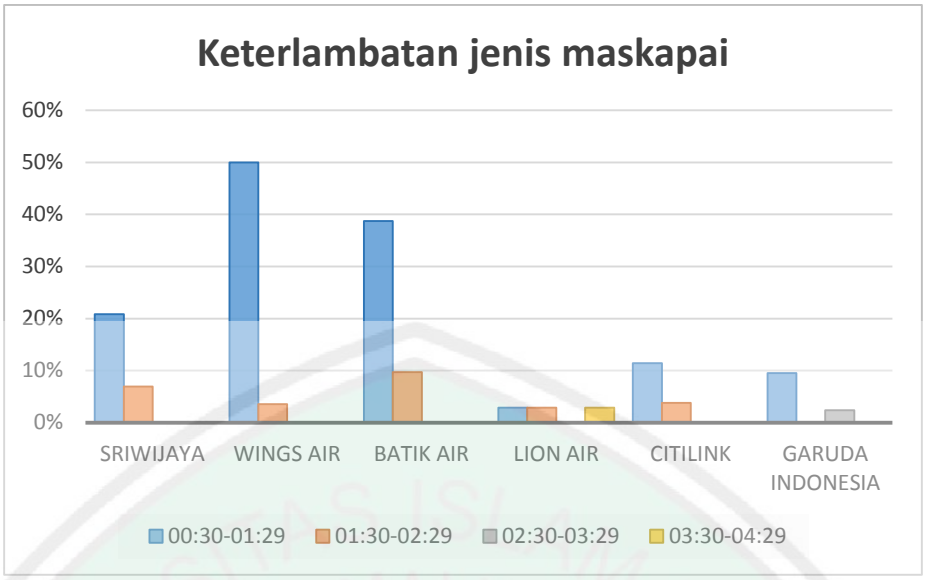
H_0 ditolak jika nilai D-hitung > nilai D-tabel atau jika nilai p-value < nilai α

Berdasarkan pehitungan uji kolmogorov smirnov pada tabel 4.13 serta output minitab pada lampiran 8 diketahui nilai D-hitung yaitu sebesar 0,237. Tabel kolmogorov smirnov dengan taraf signifikasi sebesar 0,05 dan n sebanyak 4 yaitu D = 0,624. Karena nilai D-hitung < nilai D-tabel yaitu 0,237 < 0,624, maka dapat disimpulkan bahwa H_0 diterima. Artinya, data keterlambatan keberangkatan pesawat di Bandara Abdulrachman Saleh Malang berdistribusi Eksponensial.

4.2.2.3 Tingkat Keterlambatan berdasarkan Jenis Maskapai

Tingkat keterlambatan pesawat di bandara Abdulrachman Saleh Malang dapat di analisis dari berbagai segi, seperti setiap maskapai yang memiliki tingkat keterlambatan berbeda, karena setiap maskapai penerbangan memiliki jenis operasional yang berbeda. Kondisi keterlambatan kedatangan pesawat di bandara Abdulrachman Saleh Malang berdasarkan jenis maskapai penerbangan pada bulan Januari 2019 dapat dilihat pada Gambar 4.10

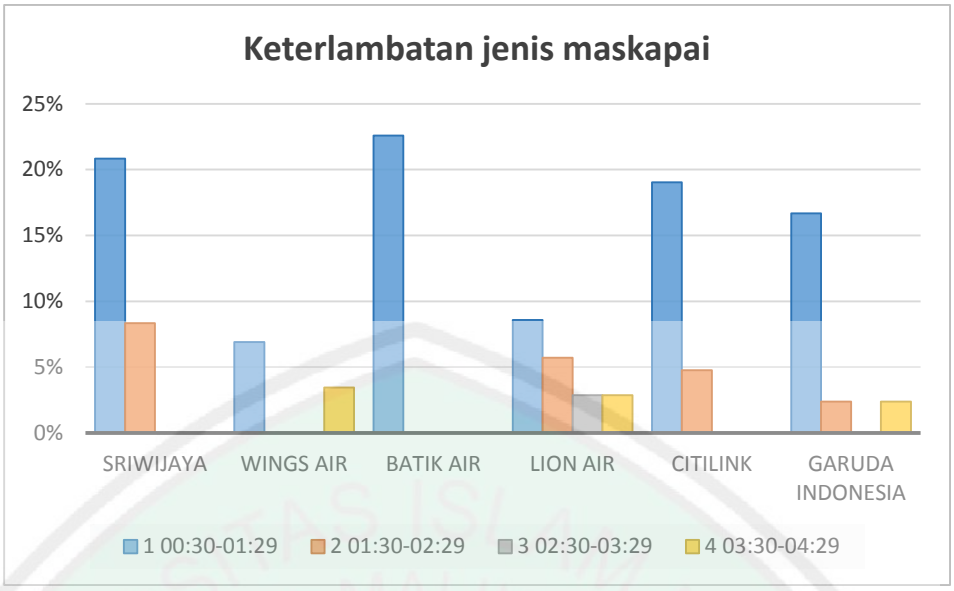
CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG



Gambar 4.10 Keterlambatan Kedatangan Berdasarkan Jenis Maskapai

Berdasarkan gambar 4.10 diketahui bahwa maskapai penerbangan Wings Air mempunyai persentase keterlambatan paling tinggi yaitu 50% dalam interval waktu 00:30-01:29 jam, sedangkan maskapai penerbangan Lion Air memiliki tingkat keterlambatan paling rendah yaitu 3%. Keterlambatan seluruh maskapai pada interval waktu lain memiliki persentase rendah yaitu pada rentang 3% - 10%. Namun, berdasarkan gambar 4.6 secara keseluruhan diketahui bahwa maskapai Lion Air memiliki frekuensi waktu keterlambatan yang hampir konstan pada setiap interval waktu dari 00:30 – 04:29. Selain itu, kondisi keterlambatan pesawat di bandara Abdulrachman Saleh Malang juga dapat digambarkan berdasarkan keterlambatan keberangkatan dapat dilihat pada Gambar 4.11

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG



Gambar 4.11 Keterlambatan Keberangkatan Berdasarkan Jenis Maskapai

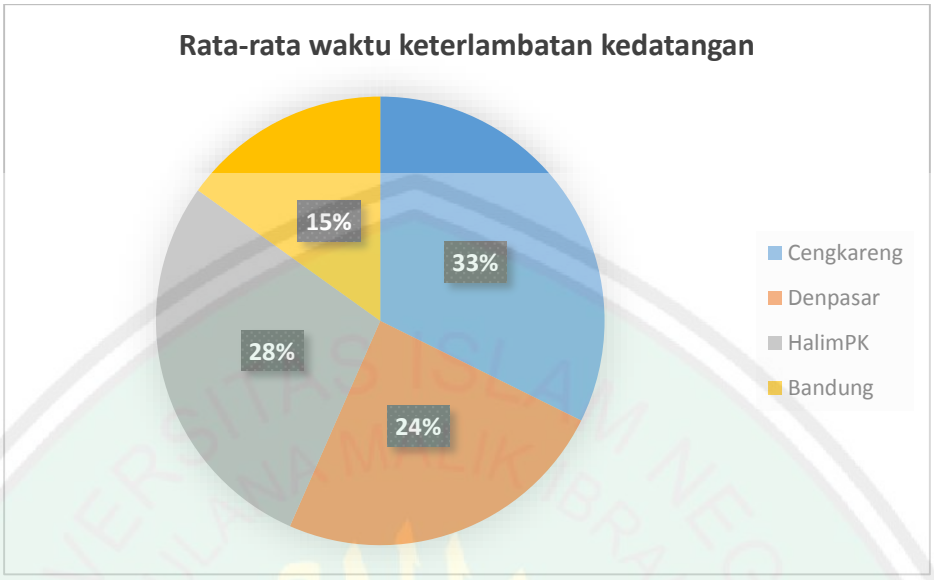
Berdasarkan gambar 4.11 diketauhi bahwa maskapai penerbangan Batik Air mempunyai persentase keterlambatan paling tinggi yaitu 23% dalam interval waktu 00:30-01:29 jam, sedangkan maskapai penerbangan Wings Air memiliki tingkat keterlambatan paling rendah yaitu 7%. Keterlambatan seluruh maskapai pada interval waktu lain memiliki persentase rendah yaitu pada rentang 2% - 8%. Namun, berdasarkan gambar 4.7 secara keseluruhan diketahui bahwa maskapai Lion Air memiliki frekuensi waktu keterlambatan yang hampir konstan pada setiap interval waktu dari 00:30 – 04:29.

4.2.2.4 Tingkat Keterlambatan berdasarkan Bandara Asal/Tujuan

Bandara asal atau tujuan yang berbeda juga menyebabkan tingkat keterlambatan yang berbeda pula, hal ini terjadi disebabkan oleh tingkat kesibukan bandara asal dan tujuan berbeda, semakin sibuk bandara asal/tujuan semakin banyak kemungkinan terjadinya keterlambatan pesawat. Adapun kondisi frekuensi keterlambatan kedatangan pesawat di bandara Abdulrachman Saleh Malang

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

berdasarkan bandara asal kedatangan pada bulan Januari 2019 dapat dilihat pada Gambar 4.12

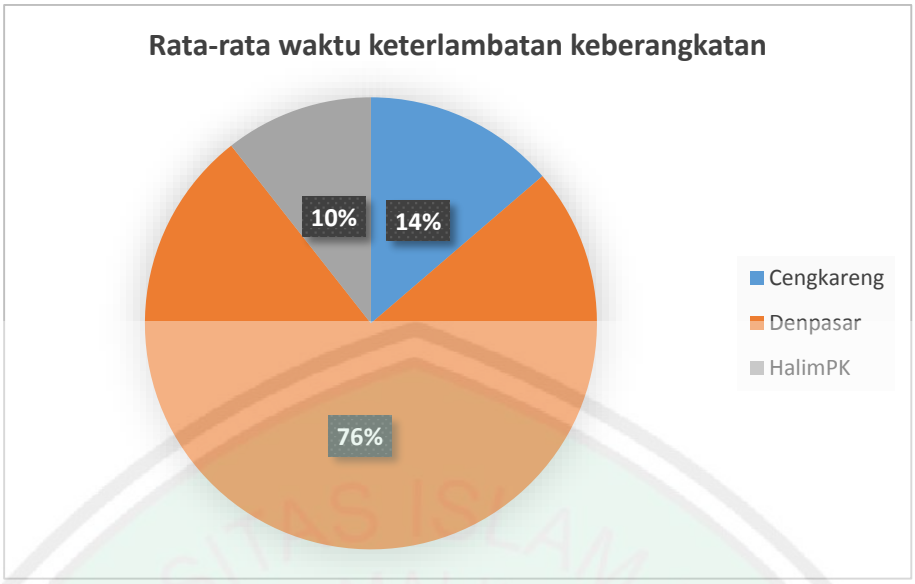


Gambar 4.12 Rata-Rata Keterlambatan Kedatangan Berdasarkan Bandara Asal / Tujuan

Berdasarkan gambar 4.12 diketahui bahwa terdapat 4 bandara asal kedatangan penerbangan di bandara Abdulrachman saleh Malang. Cengkareng atau biasa disebut dengan bandara Internasioanl Soekarno Hatta merupakan bandara asal kedatangan yang mempunyai rata-rata keterlambatan paling tinggi, yaitu mencapai 33% dari seluruh keterlambatan kedatangan. Berdasarkan kondisi tersebut dapat diketahui jika semakin sibuk bandara asal semakin tinggi pula tingkat keterlambatan kedatangan pesawat.

Kondisi frekuensi keterlambatan juga dapat dianalisis berdasarkan keberangkatan pesawat di bandara Abdulrachman Saleh Malang ditinjau dari bandara tujuan keberangkatan pada bulan Januari 2019 dapat dilihat pada Gambar 4.13

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG



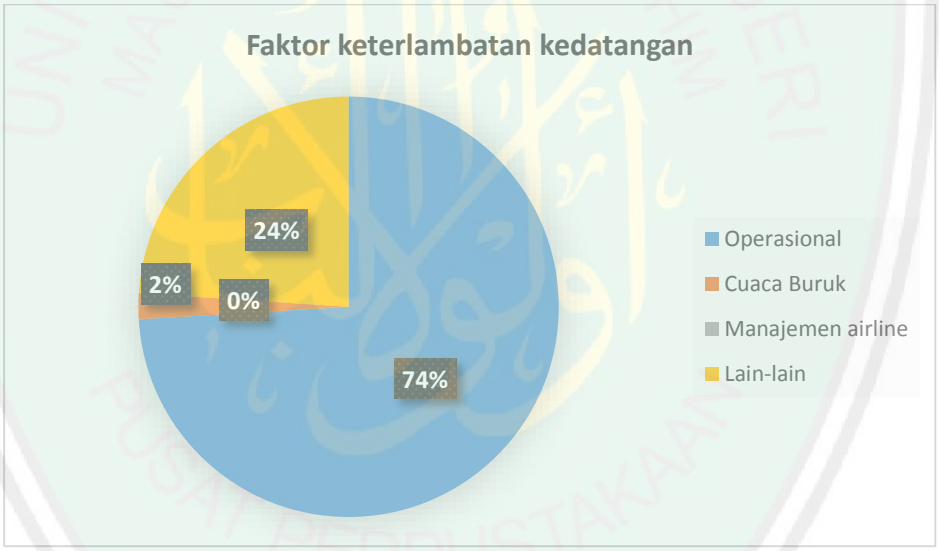
Gambar 4.13 Rata-Rata Keterlambatan Keberangkatan Berdasarkan Bandara Asal / Tujuan

Berdasarkan gambar 4.13 diketahui bahwa terdapat 4 bandara tujuan keberangkatan penerbangan di bandara Abdulrachman saleh Malang. Rata-rata keterlambatan pesawat didominasi oleh tujuan ke bandara Denpasar atau Bandara Internasional Ngurah Rai yaitu sebesar 76% dari seluruh rata-rata keterlambatan keberangkatan, hal ini terjadi dikarenakan oleh faktor teknik*(manajemen airline)*, seperti kesalahan pada proses check in, pergantian awak kabin dan lain sebagainya. Keterlambatan keberangkatan tujuan Denpasar Bandara Internasional Ngurah Rai terjadi hampir satu hari tepatnya 19:21 jam, hal ini sangat jarang terjadi karena kerugian maskapai dalam memberikan kompensasi sangat banyak, dari mengganti dengan snack hingga memberikan ganti rugi sebesar Rp. 300.000, mengganti seluruh biaya pembelian tiket akan dilakukan pihak maskapai penerbangan jika terdapat penumpang yang memutuskan untuk membatalkan penerbangan.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

4.2.2.5 Tingkat Keterlambatan berdasarkan Faktor Penyebab

Faktor penyebab terjadinya keterlambatan pesawat sangat beragam, seperti operasional, cuaca, teknis, dan faktor lainya. Setiap maskapai penerbangan yang mengalami keterlambatan harus memberikan informasi terlebih dahulu, untuk memudahkan pihak bandara mengatur estimasi waktu agar tidak terjadi bentrok antar kedatangan maupun keberangkatan dengan maskapai penerbangan lainya. Analisis faktor penyebab keterlambatan penting dilakukan untuk menunjang keberhasilan pihak bandara dalam mengatasi keterlambatan, selain itu juga merupakan upaya untuk mengurangi terjadinya keterlambatan. Faktor penyebab keterlambatan kedatangan disajikan dalam Gambar 4.14



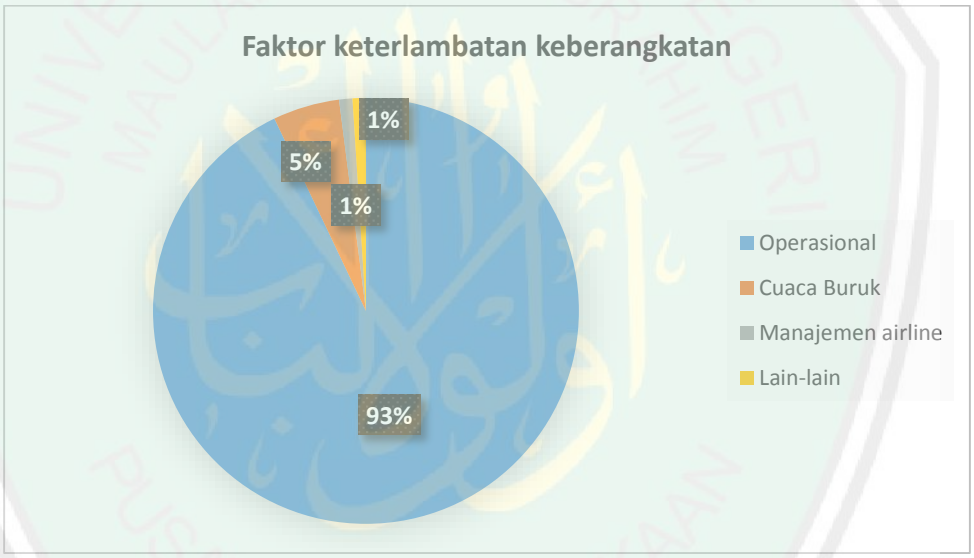
Gambar 4.14 Faktor Penyebab Keterlambatan Kedatangan Pesawat

Berdasarkan gambar 4.14 diketahui faktor keterlambatan kedatangan pesawat dengan tingkat persentase tertinggi yaitu disebabkan oleh faktor operasional sebesar 74%. Sedangkan untuk tingkat persentase paling rendah disebabkan oleh manajemen airline yaitu sebesar 0%. Berdasarkan analisis yang dilakukan pada data keterlambatan kedatangan pesawat di bandara Abdulrachman Saleh Malang faktor yang mendominasi yaitu faktor operasioanal hal ini biasa

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

terjadi pada bandara lainnya dikarenakan faktor operasional tidak menghabiskan waktu yang lama sehingga tidak banyak merugikan pihak maskapai. Faktor manajemen airline merupakan faktor yang memiliki waktu keterlambatan paling lama sehingga dapat merugikan pihak maskapai, namun pada data keterlambatan kedatangan pesawat di bandara Abdulrachman Saleh Malang tidak terdapat keterlambatan yang disebabkan oleh hal tersebut, sehingga tingkat keterlambatan kedatangan di tinjau dari faktor penyebab dapat dikatakan optimal.

Selain itu, analisis keterlambatan ditinjau dari faktor penyebab juga dapat dilakukan pada data keterlambatan keberangkatan dapat dilihat pada Gambar 4.15



Gambar 4.15 Faktor Penyebab Keterlambatan Keberangkatan Pesawat

Berdasarkan gambar 4.15 diketahui faktor keterlambatan keberangkatan pesawat dengan tingkat persentase tertinggi yaitu disebabkan oleh faktor operasional sebesar 93%. Sedangkan untuk tingkat persentase paling rendah disebabkan oleh manajemen airline dan faktor lainnya yaitu sebesar 1%. Berdasarkan analisis yang dilakukan pada data keterlambatan keberangkatan pesawat di bandara Abdulrachman Saleh Malang faktor yang mendominasi sama dengan data keterlambatan kedatangan yaitu faktor operasional, faktor ini dapat

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

dikatakan sebagai faktor penyebab yang umum terjadi dan tidak menghabiskan waktu yang lama sehingga tidak banyak merugikan pihak maskapai. Faktor manajemen airline dan faktor lainnya memiliki tingkat persentase sama, namun, yang perlu dilakukan pengoptimalan lebih maksimal yaitu pada faktor manajemen airline karena pada data keterlambatan keberangkatan pesawat di Bandara Abdulrachman Saleh Malang terdapat keterlambatan dengan menghabiskan waktu hampir satu hari tepatnya yaitu 19:21 jam, hal ini dapat merugikan pihak maskapai dan konsumen, sehingga pengoptimalan dari pihak bandara dan pihak maskapai perlu dilakukan supaya tidak lagi didapati keterlambatan dengan menghabiskan waktu lebih dari 3 jam sesuai prosedur pemerintah. Mengurangi terjadinya keterlambatan pesawat dapat dilakukan dengan mengistirahatkan maskapai yang memiliki banyak kemungkinan keterlambatan.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan selama 1 bulan di Bandara Abdulrachman Saleh Malang yaitu dari tanggal 1 Januari 2019 – 31 Januari 2019. Maka dapat disimpulkan :

1. Model antrian untuk kapasitas Bandara Abdulrachman Saleh Malang yaitu model [M/M/1]:[GD/K/∞]. Artinya, M menunjukkan pola kedatangan pesawat berdistribusi Poisson, M menunjukkan pola pelayanan pesawat berdistribusi Eksponensial dengan kapasitas tempat parkir 4 pesawat. Rata-rata kedatangan pesawat yaitu 3 pesawat setiap 120 menit, dengan rata-rata waktu pelayanan setiap pesawat yaitu 35,059 menit. Rata-rata jumlah pesawat dalam antrian dan dalam sistem pelayanan pesawat di area parkir Bandara Abdulrachman Saleh Malang yaitu 0,13581 dan 1,5904. Rata-rata waktu yang dihabiskan pesawat dalam antrian dan dalam sistem pelayanan yaitu 1,597815 menit dan 18,71182 menit, sehingga tempat parkir di Bandara Abdulrcahman Saleh Malang sudah ideal dan optimal tidak perlu penambahan tempat parkir.
2. Tingkat keterlambatan pesawat di Bandara Abdulrachman Saleh Malang dikategorikan menjadi keterlambatan kedatangan dan keterlambatan keberangkatan pesawat. Tingkat keterlambatan kedatangan pesawat jika ditinjau dari jenis maskapai didominasi oleh maskapai Wings Air dengan persentase sebesar 50%. Sedangkan tingkat keterlambatan keberangkatan pesawat jika ditinjau dari jenis maskapai didominasi oleh maskapai Batik Air dengan persentase keterlambatan sebesar 23%. Namun dari keterlambatan

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

kedatangan dan keberangkatan terdapat maskapai Lion Air yang memiliki tingkat keterlambatan konstan atau selalu terlambat dalam kedatangan maupun keberangkatan.Tingkat keterlambatan kedatangan pesawat jika ditinjau dari bandara asal didominasi oleh kedatangan dari Bandara Cengkareng *(Internasional Soekarno Hatta)* dengan persentase keterlambatan sebesar 33% , hal itu terjadi dikarenakan Bandara Cengkareng *(Internasional Soekarno Hatta)* memiliki tingkat kesibukan tertinggi di Indonesia. Sedangkan tingkat keterlambatan keberangkatan pesawat jika ditinjau dari bandara tujuan didominasi oleh tujuan keberangkatan ke Bandara Denpasar *(Internasional Ngurah Rai)* dengan persentase keterlambatan sebesar 76%, hal ini terjadi dikarenakan oleh manajemen airline dimana menghabiskan waktu sebesar 19:21 jam. Tingkat keterlambatan kedatangan dan keberangkatan jika ditinjau dari faktor penyebab keterlambatan sama-sama didominasi oleh faktor operasional dengan persentase keterlambatan sebesar 74% dan 93% hal itu umum terjadi pada bandara lain denagn tidak menghabiskan waktu keterlambatan yang lama, sehingga pengawasan pihak bandara terhadap keterlambatan pesawat berjalan dengan baik dan sesuai prosedur pada peraturan pemerintah.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian maka saran yang dapat disampaikan yaitu sebagai berikut:

1. Terbatasnya jumlah pesawat di Bandara Abdulrachman Saleh Malang menyebabkan terbatasnya jadwal keberangkatan maupun kedatangan,

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

sehingga perlu dilakukan penambahan jumlah pesawat untuk memenuhi kebutuhan konsumen. Selain itu, juga perlu memperluas area bandara untuk dapat mewujudkan perubahan bandara lokal menjadi bandara Internasional.

2. Penelitian selanjutnya dapat dikembangkan dengan menganalisis tingkat kerugian dan keuntungan bandara berdasarkan keterlambatan pesawat.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

DAFTAR PUSTAKA

Aminah, A. d. (2013). Model Antrian Pesawat Terang di Bandar Udara Interbasioanal Hasanuddin Makassar. *Jurnal Matematika Statistika dan Komputasi*, 1-11.

Dekker, M. (2003). *Nonparametric Statistical Inference.* America: United States Of America.

Djauhari, M. (1990). *Statistika Matematika.* Bandung: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, ITB.

Gharta, & Salim, G. H. (2011). Teori Antrian (Queueing Theory). *ITB*, 1.

Ginting, F. B. (2014). Analisis Kinerja SIstem Antrian M/M/1/N. 1.

Green, L. (2004). Queueing Theory and Modeling. 1-3.

Haghighi, A. M. (2013). *Difference and Differential Equation with Applications in Queueing Theory.* canada: John Wiley & Sons.

Indonesia, P. M. (2015). Penanganan Keterlambatan Penerbangan (Delay Management) Pada Badan Usaha Angkutan Udara Niaga Berjadwal di Indonesia. (hal. 7). Jakarta: Kementrian Perhubungan.

Kakikay, T. J. (2004). *Dasar Teori Antrain untuk Kehiduoan Nyata.* Yogyakarta: Andi.

Nia P, s. d. (2016). Penerapan Teori Antrian Pada Pelayanan Teller Bank X Kantor Cabang Pembantu Puri Sentra Niaga. 1.

Pinsky, M. A. (2011). *An Introduction to Sthocastic Modeling.* Oxford: Elsevier.

Thiagaraj, H. &. (2014). A Queueing Model for Airport Capacity and Delay Analysis. *Applied Mathematics Scineses*, 1-11.

Wikipedia. (2020). Bandar Udara Abdulrachman Saleh Malang.

Zukerman, M. (2020). *Introduction to Queueing Theory and Stocastics Teletraffic Models.* Hongkong: City University of Hongkong.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Lampiran 1 Data Kedatangan Pesawat

TGL	KODE	ROUTE	SCHEDULE		ACTUAL	
			ETA	ETD	ETA	ETD
01/01/2019	IW	MLG-BDO	-	07:25	-	07:40
	JT	CGK-MLG-CGK	07:45	08:25	07:26	08:27
	QG	CGK-MLG-CGK	08:20	09:15	08:25	09:16
	SJ	CGK-MLG-CGK	08:40	09:20	08:43	09:32
	QG	HLP-MLG-HLP	08:55	09:35	08:53	09:39
	ID	HLP-MLG-HLP	09:15	10:30	08:59	10:24
	GA	CGK-MLG-CGK	10:10	10:55	10:01	10:59
	QG	CGK-MLG-CGK	10:45	11:15	10:55	11:37
	JT	CGK-MLG-CGK	12:10	12:45	11:52	12:55
	QG	HLP-MLG-HLP	12:45	13:25	12:50	13:35
	SJ	CGK-MLG-CGK	13:00	13:40	14:35	15:23
	GA	CGK-MLG-CGK	12:25	13:10	12:20	13:24
	IW	DPS-MLG-DPS	13:50	14:20	15:00	15:37
	QG	HLP-MLG-HLP	14:00	14:30	13:42	14:45
	ID	HLP-MLG-HLP	14:15	14:30	14:50	15:34
	SJ	CGK-MLG-CGK	14:45	15:25	15:05	15:45
	IW	BDO-MLG	16:00	-	16:00	-

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Lampiran 2 Data Pelayanan Pesawat

TGL	KODE	ARRIVAL	START SERVICES	END SERVICES	DEPARTURE
01/01/2019	IW	-	07:00	07:35	07:40
	JT	07:26	07:38	08:20	08:27
	QG	08:25	08:28	09:00	09:16
	SJ	08:43	08:58	09:24	09:32
	QG	08:53	09:12	09:33	09:39
	ID	08:59	09:19	10:00	10:24
	GA	10:01	10:16	10:53	10:59
	QG	10:55	11:05	11:32	11:37
	JT	11:52	11:55	12:50	12:55
	QG	12:50	12:58	13:30	13:35
	SJ	14:35	14:40	15:17	15:23
	GA	12:20	12:35	13:18	13:24
	IW	15:00	15:05	15:32	15:37
	QG	13:42	13:47	14:40	14:45
	ID	14:50	14:55	15:28	15:34
	SJ	15:05	15:10	15:40	15:45
	IW	16:00	16:05	16:30	-

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Lampiran 3 Data Keterlambatan Pesawat

TGL	KODE	ROUTE	ARRIVAL DELAY	DEPARTURE DELAY	DELAY INFORMATION
01/01/2019	SJ	CGK	1:35:00	1:43:00	Operasional
	IW	DPS	1:10:00		Operasional
	ID	HLP	0:45:00	0:54:00	Operasional
02/01/2019	SJ	CGK	0:32:00		Operasional
	IW	DPS	0:57:00		Operasional
	IW	BDO	0:35:00		Operasional
03/01/2019	JT	CGK		2:18:00	Operasional
	QG	CGK	1:30:00	1:19:00	Operasional
	SJ	CGK	1:50:00	1:59:00	Operasional
	QG	HLP	2:04:00	2:24:00	Operasional
	ID	HLP	2:12:00	1:01:00	Operasional
	GA	CGK	1:22:00	2:09:00	Operasional
	QG	CGK	1:06:00	2:00:00	Operasional
	JT	CGK	2:20:00	2:33:00	Operasional
	QG	HLP	1:21:00	1:36:00	Operasional
	GA	CGK	0:34:00	0:50:00	Operasional
	IW	DPS	0:52:00		Operasional
	QG	HLP		0:40:00	Operasional
	ID	HLP	0:58:00	1:19:00	Operasional
	SJ	CGK	1:42:00	1:46:00	Operasional
04/01/2019	QG	HLP	1:05:00	1:04:00	Operasional
	ID	HLP	1:39:00		Operasional
05/01/2019	ID	HLP	0:38:00		Operasional
	QG	HLP	0:41:00	0:52:00	Other
	IW	DPS	1:52:00	0:49:00	Operasional
06/01/2019	QG	CGK	0:44:00	0:55:00	Operasional
	ID	HLP	0:47:00		Operasional
	IW	DPS	0:38:00		Other
	ID	HLP	0:37:00	0:56:00	Operasional
	SJ	CGK	1:04:00	0:37:00	Operasional
07/01/2019	SJ	CGK	1:56:00	2:00:00	Other
	QG	HLP	1:48:00	1:52:00	Operasional
	ID	HLP	1:58:00	0:35:00	Operasional
	GA	CGK	1:02:00	1:22:00	Operasional
	QG	CGK	0:50:00	1:08:00	Operasional
	JT	CGK		0:50:00	Operasional
	IW	DPS	0:55:00		Operasional
07/01/2019	ID	HLP	0:52:00	0:58:00	Operasional

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

TGL	KODE	ROUTE	ARRIVAL DELAY	DEPARTURE DELAY	DELAY INFORMATION
08/01/2019	SJ	CGK	1:07:00	1:20:00	Operasional
	QG	HLP	0:57:00	1:08:00	Operasional
	ID	HLP	1:30:00		Operasional
	QG	CGK	0:35:00	0:45:00	Operasional
	IW	DS	0:40:00		Operasional
	SJ	CGK	0:32:00	0:32:00	Operasional
09/01/2019	SJ	CGK		1:17:00	Operasional
	QG	CGK	2:05:00	2:19:00	Operasional
	ID	HLP	2:02:00		Operasional
	SJ	HLP	1:37:00	1:40:00	Operasional
	ID	HLP		0:35:00	Operasional
10/01/2019	ID	HLP	0:41:00		Operasional
	JT	CGK		0:34:00	Other
	SJ	CGK	0:35:00	0:41:00	Operasional
	ID	HLP		0:35:00	Operasional
11/01/2019	ID	HLP	0:40:00		Operasional
	SJ	CGK		0:35:00	Other
12/01/2019	SJ	CGK	1:21:00	1:21:00	Bad Weather
13/01/2019	ID	HLP		0:40:00	Operasional
14/01/2019	ID	HLP	1:08:00		Operasional
	QG	CGK		0:33:00	Other
15/01/2019	ID	HLP	1:06:00		Operasional
	IW	DPS	0:37:00		Other
	ID	HLP			Operasional
16/01/2019	ID	HLP	0:35:00		Operasional
	QG	CGK		0:39:00	Other
	IW	DPS	0:52:00		Operasional
	ID	HLP			Operasional
17/01/2019	ID	HLP	1:00:00		Other
	SJ	CGK	1:29:00	1:54:00	Operasional
	GA	CGK	3:37:00	3:42:00	Operasional
	IW	DPS		19:21:00	Management Airline
18/01/2019	ID	HLP	0:55:00		Other
	IW	DPS	0:47:00		Operasional
	SJ	CGK	0:32:00		Bad weather
19/01/2019	ID	HLP	0:45:00		Operasional
	QG	CGK	0:49:00	1:11:00	Operasional
	GA	CGK		0:47:00	Bad weather

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

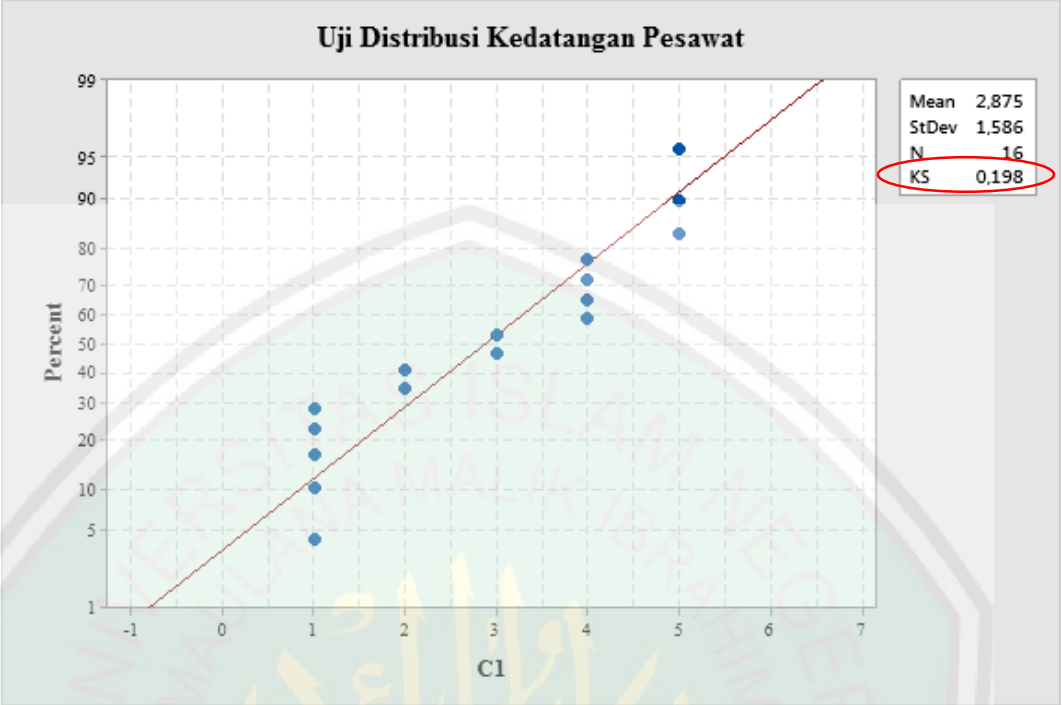
TGL	KODE	ROUTE	ARRIVAL DELAY	DEPARTURE DELAY	DELAY INFORMATION
	ID	HLP		0:39:00	Operasional
	SJ	CGK	1:21:00	1:17:00	Operasional
20/01/2019	SJ	CGK		0:35:00	Operasional
	IW	DPS	0:39:00		Operasional
	SJ	CGK	0:55:00	1:00:00	Operasional
21/01/2019	QG	HLP		0:37:00	Operasional
	ID	HLP	1:05:00		Other
	IW	DPS	1:06:00		Operasional
	ID	HLP		0:37:00	Operasional
22/01/2019	ID	HLP	1:01:00		Other
	QG	CGK		0:37:00	Operasional
	JT	CGK		1:03:00	Operasional
	GA	CGK		1:00:00	Operasional
	ID	HLP		0:33:00	Operasional
23/01/2019	QG	HLP		0:33:00	Operasional
	ID	HLP	1:00:00		Other
	JT	CGK	1:27:00	1:47:00	Operasional
	IW	DPS			Other
	ID	HLP			Bad Weather
24/01/2019	ID	HLP	0:43:00		Operasional
	SJ	CGK	0:58:00	1:01:00	Other
25/01/2019	QG	HLP		0:35:00	Operasional
	ID	HLP	1:07:00		Operasional
	GA	CGK		0:37:00	Operasional
	IW	DPS	1:07:00		Other
	SJ	CGK	0:33:00	0:46:00	Operasional
26/01/2019	ID	HLP	0:39:00		Other
27/01/2019	GA	CGK	0:34:00	0:49:00	Operasional
	IW	DPS	0:55:00	0:32:00	Operasional
28/01/2019	QG	HLP	1:01:00	1:02:00	Operasional
	ID	HLP	0:40:00		Other
	GA	CGK		0:37:00	Operasional
29/01/2019	ID	HLP	1:13:00		Other
30/01/2019	SJ	CGK	0:50:00	0:48:00	Operasional
	QG	HLP	0:51:00	1:06:00	Operasional
	ID	HLP	1:36:00		Operasional
	QG	CGK		0:35:00	Operasional
	JT	CGK	4:04:00	4:12:00	Bad weather

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

TGL	KODE	ROUTE	ARRIVAL DELAY	DEPARTURE DELAY	DELAY INFORMATION
	QG	CGK		0:37:00	Operasional
	ID	HLP	0:40:00	0:49:00	Operasional
	SJ	CGK	0:41:00	0:37:00	Operasional
31/01/2019	SJ	CGK	0:42:00	0:50:00	Operasional
	QG	HLP	0:40:00		Operasional
	ID	HLP	0:36:00		Other
	ID	HLP		0:44:00	Operasional

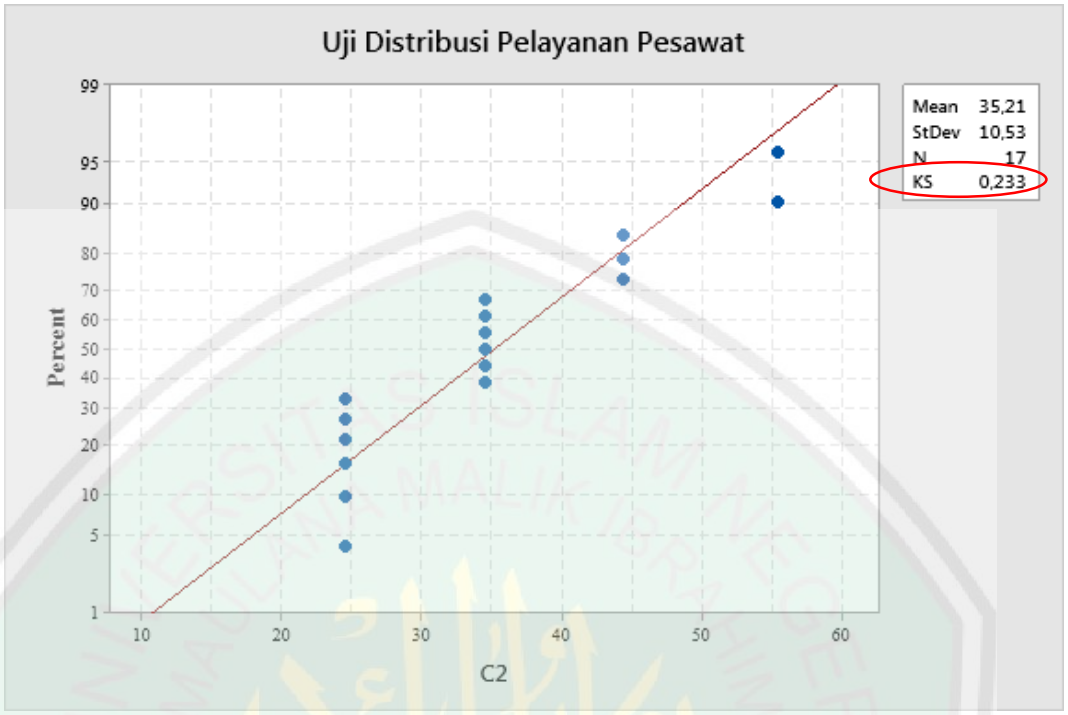
CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Lampiran 4 Output Uji Distribusi Kedatangan Pesawat menggunakan Program Minitab



CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Lampiran 5 Output Uji Distribusi Pelayanan Pesawat menggunakan Program Minitab



CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Lampiran 6 Output Hasil Model Antrian Pesawat menggunakan Program Pom for Window

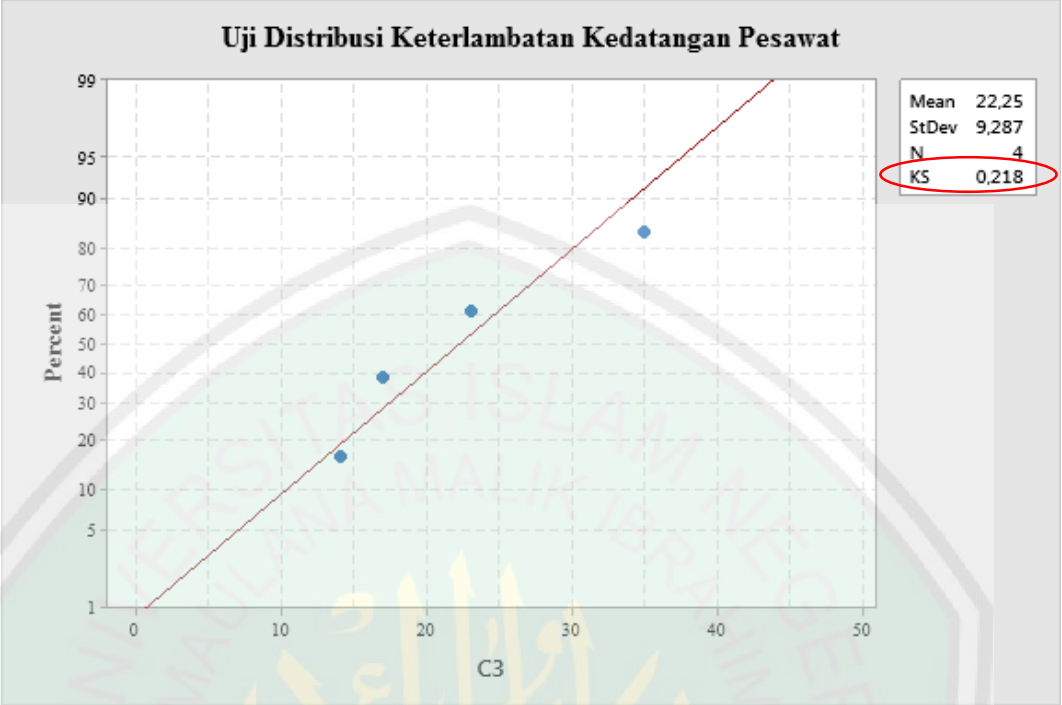
Waiting Lines Results

(untitled) Solut

Parameter	Value	Parameter	Value	Minutes	Seconds
Single-channel System		Average server utilization	,0856		
Arrival rate(lambda)	3	Average number in the queue(Lq)	,008		
Service rate(mu)	35,059	Average number in the system(Ls)	,0936		
Number of servers	1	Average time in the queue(Wq)	,0027	,1601	9,6089
		Average time in the system(Ws)	,0312	1,8715	112,293

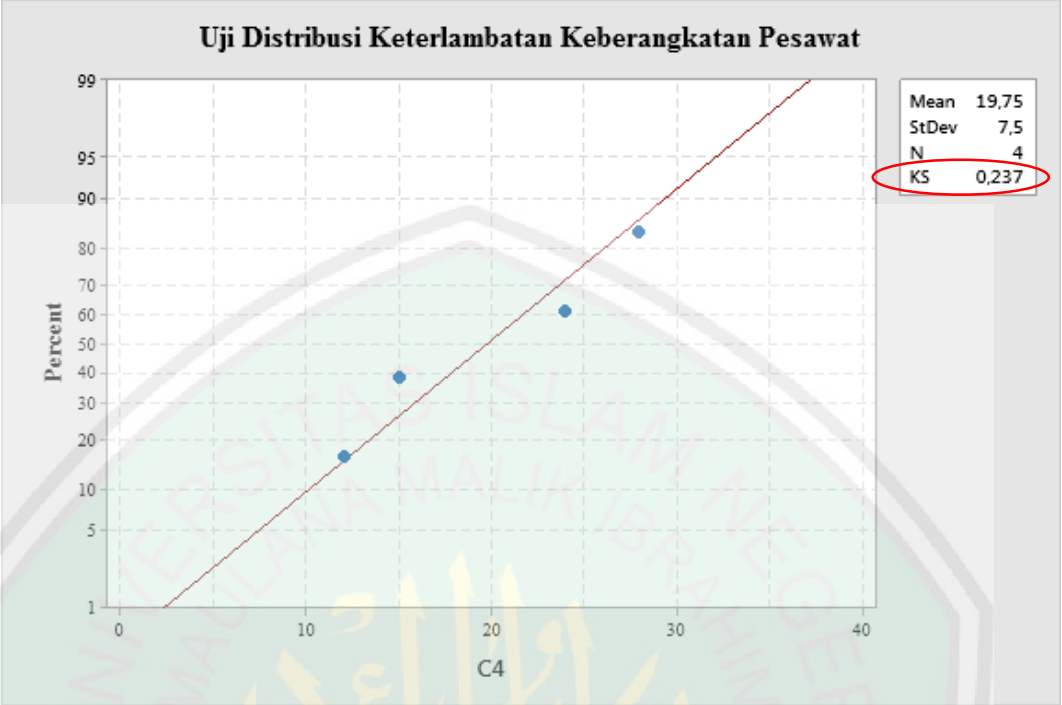
CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Lampiran 7 Output Uji Distribusi Keterlambatan Kedatangan Pesawat menggunakan Program Minitab



CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

Lampiran 8 Output Uji Distribusi Keterlambatan Keberangkatan Pesawat menggunakan Program Minitab



CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

RIWAYAT HIDUP

Nama lengkap saya Silvia Nafarin, lahir di Kabupaten Pasuruan pada tanggal 11 Juli 1998, biasa dipanggil Nafa, tinggal di Jl. Raya Andonosari Kec. Tutur Kab. Pasuruan. Anak pertama dari Ibu Robiul Lailah dan Bapak Samsul Arifin. Pendidikan yang pernah saya tempuh yaitu TK di RA Muslimat Andonosari kemudian Sekolah Dasar di MI Miftahul Ulum Andonosari lulus pada tahun 2010, kemudian melanjutkan Sekolah Menengah Pertama di Mts Darut Taqwa 02 lulus pada tahun 2013 dan melanjutkan Sekolah Menengah Atas di SMK Negeri Tutur lulus pada tahun 2016. Selanjutnya pada tahun 2016 saya melanjutkan studi ke jenjang pendidikan Strata 1 di Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang mengambil Jurusan Matematika Fakultas Sains dan Teknologi.

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
Jl. Gajayana No. 50 Malang 65144 Telp. / Fax. (0341) 558933

BUKTI KONSULTASI SKRIPSI

Nama : Silvia Nafarin
NIM : 16610095
Fakultas / Jurusan : Sains dan Teknologi/ Matematika
Judul Skripsi : Model Sistem Antrian dan Analisis Keterlambatan Pesawat (Studi Kasus: Bandara Abdulrachman Saleh Malang)
Pembimbing I : Ria Dhea Layla N.K, M.Si
Pembimbing II : Dr. Hairur Rahman, M.Si

No	Tanggal	Hal	Tanda Tangan
1.	7 Oktober 2019	Konsultasi Judul Skripsi	1.
2.	14 Oktober 2019	Revisi Judul Skrispi	2.
3.	6 Februari 2020	Konsultasi Bab I dan Bab II	3.
4.	20 Februari 2020	Konsultasi Kajian Keagamaan	4.
5.	13 Februari 2020	Revisi Bab I, Bab II, dan Konsultasi Bab III	5.
6.	26 Februari 2020	Revisi Kajian Keagamaan	6.
7.	27 Februari 2020	ACC Bab I dan Bab II	7.
8.	6 Maret 2020	ACC Kajian Keagamaan	8.
9.	5 Maret 2020	ACC Bab III	9.
10.	12 Maret 2020	Konsultasi Bab IV	10.
11.	19 Maret 2020	ACC Bab IV	11.
12.	30 April 2020	ACC Keseluruhan	12.

Malang, 15 Mei 2020
Mengetahui,
Ketua Jurusan Matenatika

Dr. Usman Pagalay, M.Si
NIP 19650414 200312 1 001

CENTRAL LIBRARY OF MAULANA MALIK IBRAHIM STATE ISLAMIC UNIVERSITY OF MALANG