

HAND OUT
EK. 354 REKAYASA TRAFIK

Dosen:

Ir. Arjuni BP, MT

**PENDIDIKAN TEKNIK TELEKOMUNIKASI
JURUSAN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS PENDIDIKAN TEKNOLOGI DAN KEJURUAN
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA
2009**

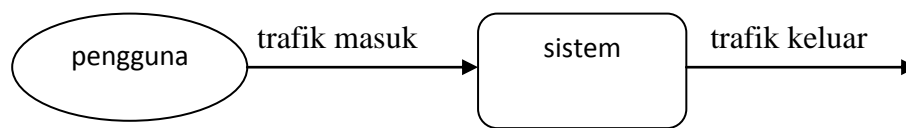
BAB 1 OVERVIEW REKAYASA TRAFIK

1.1 Pendahuluan

- Definisi teori teletrafik:

Aplikasi dari teori peluang untuk solusi permasalahan pada sistem telekomunikasi yang meliputi perancangan, evaluasi kinerja, operasi dan perawatan.

- Sistem telekomunikasi dari sudut pandang trafik



Gambar 1.1 Trafik pada sistem Telekomunikasi

Dari sudut pandang trafik:

- Trafik dibangkitkan oleh pengguna sistem telekomunikasi
- Sistem melayani trafik yang datang

Timbul pertanyaan:

- Pada kondisi sistem dan trafik masuk yang ada, kualitas pelayanan seperti apa yang dapat dirasakan oleh pengguna?
 - Pada kondisi trafik masuk yang ada dan kualitas pelayanan yang diinginkan, bagaimana seharusnya menentukan dimensi sistem ?
 - Pada kondisi sistem yang ada dan kualitas pelayanan yang diinginkan, berapa beban trafik maksimum yang dapat dilayani?
- Tujuan Teori Teletrafik: Menentukan hubungan antara Kualitas Pelayanan (QoS), beban trafik, dan kapasitas sistem

‘Sistem’ dapat berupa:

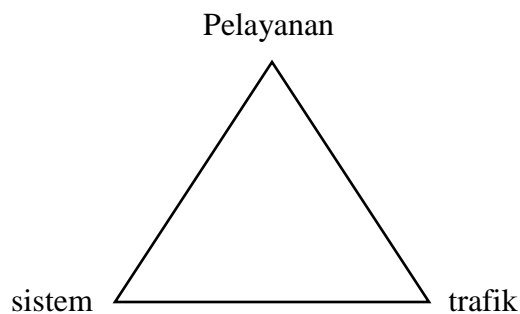
- Peralatan tunggal, misalnya: saluran antara dua sentral telepon, saluran dalam jaringan IP, atau ‘packet processor’ pada jaringan data.
- Keseluruhan jaringan (telepon atau data), atau bagian dari jaringan tersebut.

Trafik terdiri dari:

- Kumpulan dari: bit, paket, burst, koneksi, panggilan. Tergantung dari sistem dan skala waktu yang digunakan.

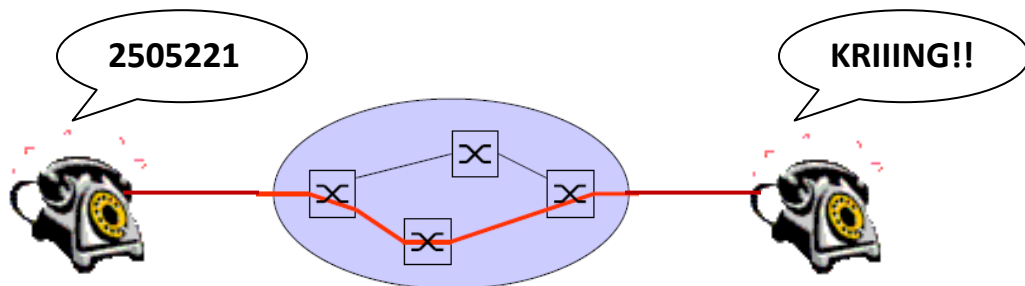
Kualitas pelayanan atau Quality of Service (QoS) dapat dilihat dari titik pandang:

- Pelanggan, misalnya : jumlah panggilan yang di'blocking', paket yang hilang, delay paket, throughput.
- Sistem, dalam hal ini digunakan istilah 'kinerja sistem', misalnya: pemanfaatan saluran atau processor, beban jaringan maksimum.



Gambar 1.2 Hubungan segitiga Sistem-QoS-Trafik

- Contoh: Panggilan telepon



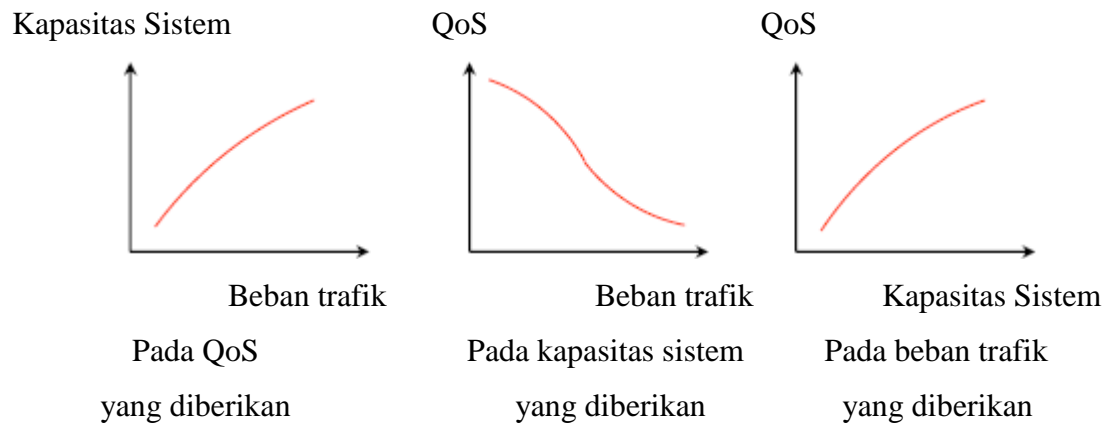
Gambar 1.3 Panggilan Telepon

Trafik → Panggilan telepon oleh setiap pelanggan

Sistem → Jaringan Telepon

QoS → Peluang telepon yang dihubungi berdering

- Hubungan (kualitatif) Sistem –Trafik – QoS:



Gambar 1.4 Hubungan Kualitatif antara Sistem - Trafik - QoS

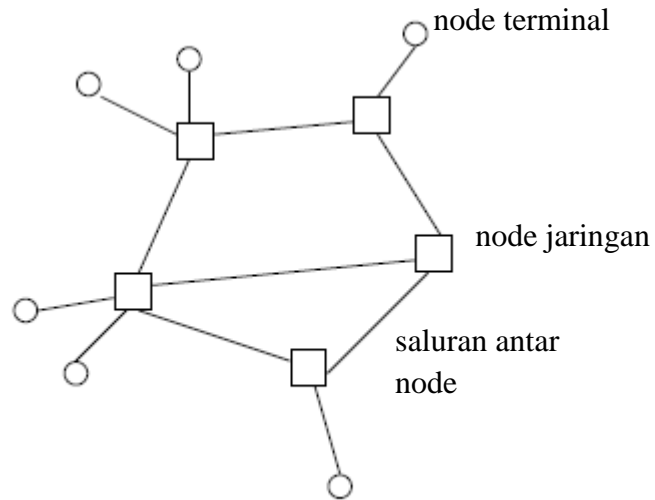
- Hubungan Kuantitatif : Diperlukan model matematis untuk menggambarkan hubungan kuantitatif dari ketiga faktor di atas.

1.2 Model Teletrafik

- Model teletrafik bersifat stokastik (probabilistik):
 - Sistemnya sendiri biasanya bersifat deterministik, namun trafik bersifat stokastik.
 - Kita tidak pernah tahu, siapa yang akan menelepon dan kapan.
- Variabel-variabel model merupakan variable acak:
 - Jumlah panggilan keluar
 - Jumlah paket di dalam buffer
- Variabel acak digambarkan melalui distribusinya:
 - Peluang bahwa ada n panggilan keluar
 - Peluang bahwa ada n paket di dalam buffer
- Proses stokastik menggambarkan perkembangan sementara dari variable acak.
- Sistem riil \gg model:
 - Model hanya menggambarkan satu bagian atau satu sifat dari sistem yang diamati.
 - Deskripsi dari model tidak akurat, hanya merupakan pendekatan .
 - Pengambilan kesimpulan berdasarkan model harus disertai catatan.

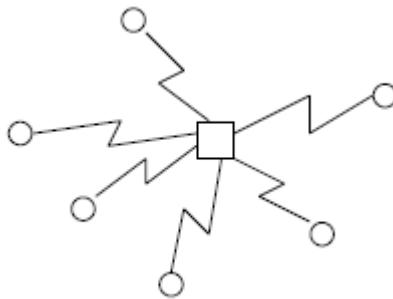
1.3 Jaringan telekomunikasi

- Model sederhana dari jaringan telekomunikasi terdiri dari:
 - Node terminal maupun node jaringan
 - Saluran antar node



Gambar 1.5 Model sederhana Jaringan Telekomunikasi

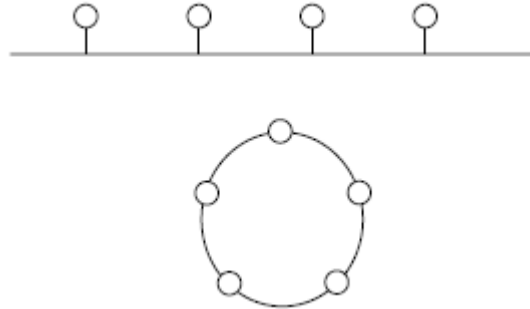
- Jaringan akses, menghubungkan terminal dengan node jaringan. Hubungan antar node jaringan dilakukan oleh jaringan trunk. Jaringan akses dapat berupa:
 - Hubungan secara langsung antara terminal dan node jaringan (point-to point), di mana tidak dibutuhkan media bersama (shared medium).



Gambar 1.6 Hubungan Point to Point

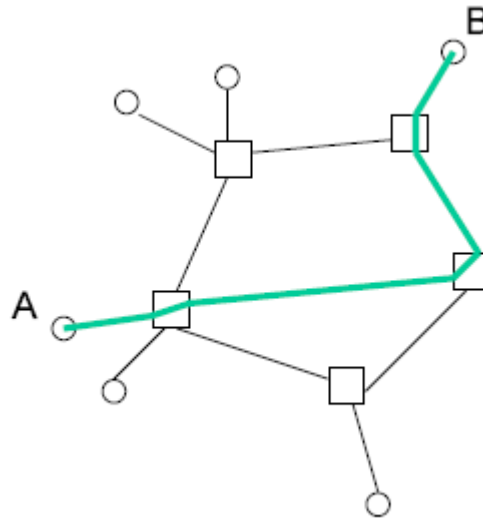
- Terminal-terminal berhubungan dengan node jaringan melalui media yang dipakai bersama. Dalam hal ini, setiap pengguna harus berkompetisi dengan pengguna

lainnya untuk dapat mengakses jaringan, sehingga diperlukan suatu teknik akses jamak. Contoh pada jaringan telepon bergerak dan hubungan computer melalui jaringan LAN.



Gambar 1.7 Jaringan Akses menggunakan ‘Shared Medium’

- Mode switching
 - Circuit switching
 - Bersifat ‘connection oriented’, di mana hubungan dari ujung ke ujung harus dibangun terlebih dulu sebelum melakukan transfer informasi. Dalam hal ini, saluran akan tetap diduduki selama sambungan masih berlangsung (belum diputuskan). Jika saluran tidak tersedia, panggilan yang dilakukan akan di ‘block’ dan hilang.
 - Aliran arus transfer informasi bersifat kontinyu.
 - Mengalami dua jenis delay, yakni sebelum transfer informasi (set up delay), dan selama transfer informasi (delay propagasi sinyal).
 - Contoh: Jaringan telepon dan jaringan optik.

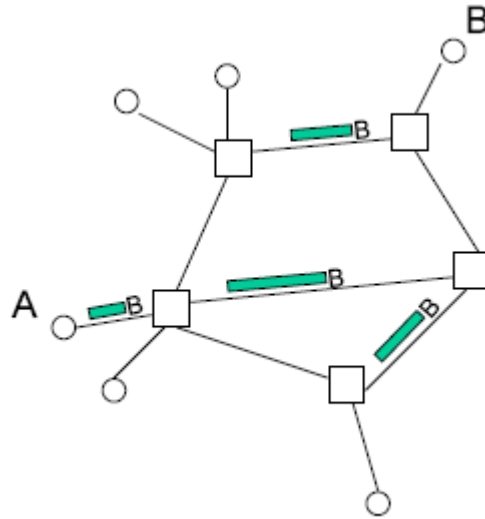


Gambar 1.8 Circuit Switching

➤ Packet switching

- Biasanya digunakan pada jaringan data
- Dapat bersifat 'connection oriented' maupun 'connectionless'
- Pada 'connectionless packet switching':
 - ✓ transfer data dilakukan langsung tanpa memerlukan pembangunan hubungan lebih dulu. Dalam hal ini, reservasi saluran tidak berlaku, artinya saluran dapat digunakan oleh pengguna lain meskipun transfer data belum selesai dilakukan. Jadi aliran paket data dapat melalui saluran manapun yang sedang tidak diduduki, sehingga tidak ada 'blocking'.
 - ✓ Informasi dikirimkan dalam bentuk paket-paket diskrit dengan panjang yang bervariasi. Setiap paket diberi alamat tempat yang dituju.
 - ✓ Tidak terjadi delay sebelum proses pengiriman informasi. Namun selama proses pengiriman berlangsung, akan terjadi:
 - Penambahan bit untuk header (overhead)
 - Delay pemrosesan paket
 - Delay antrian (akibat saluran yang digunakan bersama)
 - Delay transmisi (akibat terbatasnya kapasitas saluran)
 - Delay propagasi sinyal

- Paket hilang (akibat terbatasnya jumlah buffer)
- Contoh:
 - ✓ Connection oriented: X 25, Frame Relay
 - ✓ Connectionless: Internet (IP)

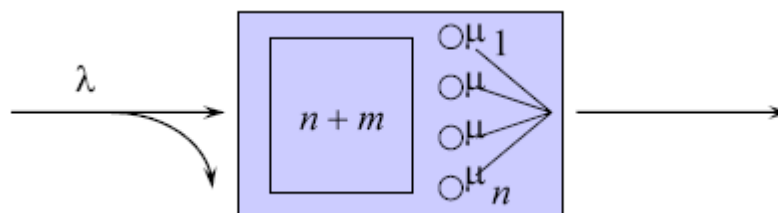


Gambar 1.9 Connectionless Packet Switching

- Cell switching
 - Bersifat connection oriented
 - Merupakan packet switching dengan kecepatan yang tinggi dan ukuran paket yang tetap (disebut sel).
 - Contoh: Jaringan ATM (Asynchronous Transfer Mode)

1.4 Tipe model teletrafik

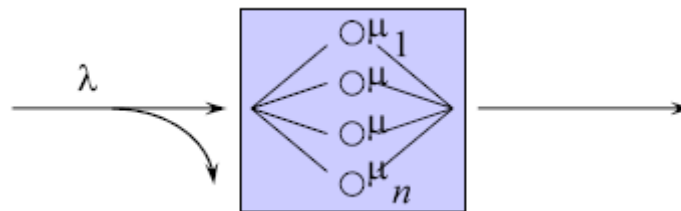
- Model teletrafik sederhana



Gambar 1.10 Model Teletrafik Sederhana

- Laju kedatangan pelanggan: λ (Jumlah pelanggan persatuan waktu)

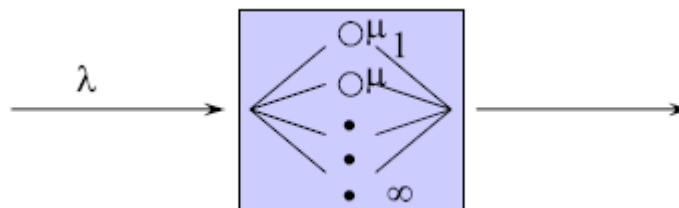
- $1/\lambda =$ waktu antar kedatangan rata-rata
 - Pelanggan dilayani secara parallel oleh n server
 - Saat sibuk, server melayani dengan laju μ (pelanggan persatuan waktu)
 - $1/\mu =$ waktu pelayanan rata-rata
 - Ada sejumlah $n+m$ pelanggan yang berada di dalam sistem.
 - Paling sedikit ada n pelanggan berada di tempat pelayanan, dan paling banyak ada m pelanggan di tempat menunggu.
 - Pelanggan yang datang pada saat kondisi sistem penuh, dianggap hilang.
- loss system
 - Sistem Loss Murni (Pure Loss System)



Gambar 1.11 System Loss Murni

- Jumlah server terbatas ($n < \infty$), tidak ada tempat menunggu ($m=0$)
- Pelanggan yang datang pada saat sistem penuh, langsung hilang.
- Dari sisi pelanggan perlu diketahui: berapa peluang sistem penuh ketika pelanggan datang?

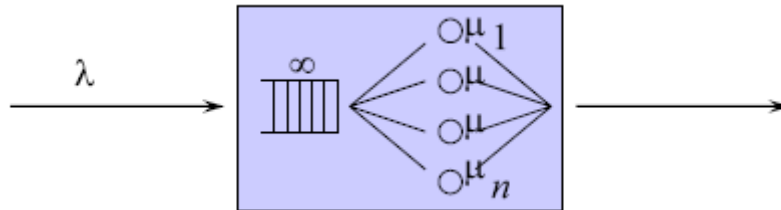
- Infinite System



Gambar 1.12 Infinite system

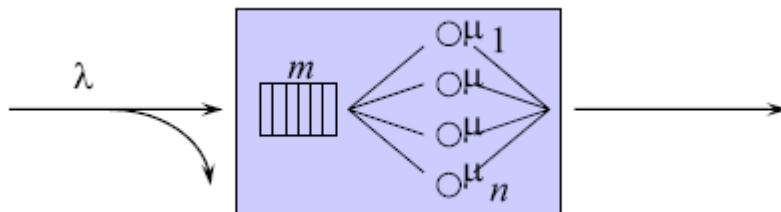
- Jumlah server tak terbatas ($n=\infty$), namun tidak ada tempat menunggu ($m=0$).

- Tidak ada pelanggan yang hilang maupun menunggu, semua pelanggan yang datang langsung dilayani.
- Queueing system (sistem antrian)
 - Sistem Antrian Murni (Pure Queueing System)



Gambar 1.13 Sistem Antrian Murni

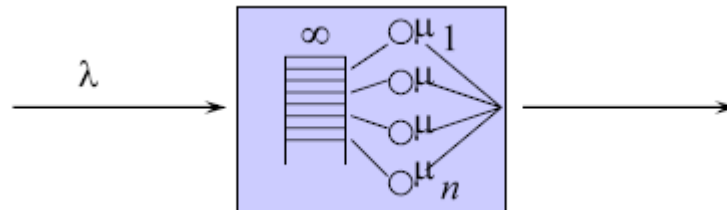
- Jumlah server terbatas ($n < \infty$), namun jumlah tempat menunggu tidak terbatas ($m = \infty$).
- Jika pelanggan datang pada saat seluruh tempat pelayanan terisi, maka pelanggan tersebut akan mengisi satu tempat di antrian.
- Tidak ada pelanggan yang hilang, hanya harus menunggu sampai dapat dilayani.
- Dari sisi pelanggan, perlu diketahui: Berapa peluang pelanggan harus menunggu terlalu lama?
- Sistem Antrian dengan loss (Lossy Queueing System)



Gambar 1.14 Sistem Antrian Dengan Loss

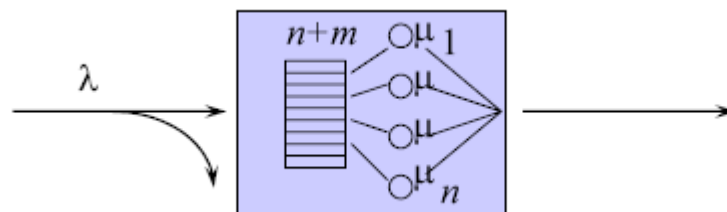
- Jumlah server terbatas ($n < \infty$), dan jumlah tempat antrian juga terbatas ($0 < m < \infty$)
- Jika pada saat kedatangan pelanggan, semua server sedang melayani namun ada tempat kosong pada antrian, maka pelanggan tersebut akan menempati antrian terlebih dulu sebelum dilayani.

- Jika pada saat kedatangan pelanggan, semua server sedang melayani dan tidak ada tempat kosong pada antrian, maka pelanggan tersebut tidak akan dilayani, dan hilang.
- Sharing system
 - Sistem Berbagi Murni (Pure Sharing System)



Gambar 1.15 Pure Sharing System

- Jumlah server terbatas ($n < \infty$), dan jumlah tempat pelayanan tidak terbatas ($n+m=\infty$). Tidak ada tempat antrian.
- Jika ada paling banyak n pelanggan di dalam sistem ($x \leq n$), maka setiap pelanggan mempunyai server masing-masing. Jika kondisi tersebut tidak terpenuhi ($x > n$), maka laju pelayanan total ($n\mu$) dibagikan secara adil ke seluruh pelanggan.
- Jadi laju pelayanan pelanggan = $\min \{ \mu, n\mu/x \}$
- Tidak ada pelanggan yang hilang dan tidak ada pelanggan yang harus menunggu sebelum dilayani.
- Semakin banyak pelanggan di dalam sistem, semakin besar delay yang dialami. Jadi pada sistem ini, delay merupakan ukuran penting dari sisi pelanggan.
- Sistem Berbagi dengan Loss (Lossy Sharing System)



Gambar 1.16 Lossy Sharing System

- Jumlah server terbatas ($n < \infty$), dan jumlah tempat pelayanan juga terbatas ($n+m < \infty$). Tidak ada tempat antrian.
- Jika ada paling banyak n pelanggan di dalam sistem ($x \leq n$), maka setiap pelanggan mempunyai server masing-masing. Jika kondisi tersebut tidak terpenuhi ($x > n$), maka laju pelayanan total ($n\mu$) dibagikan secara adil ke seluruh pelanggan.
- Jadi laju pelayanan pelanggan = $\min \{ \mu, n\mu/x \}$
- Sebagian pelanggan ada yang hilang namun tidak ada pelanggan yang harus menunggu sebelum dilayani.

1.5 Rumus Little

- Suatu sistem teletrafik, di mana:

Asumsi: Tidak ada pelanggan pada saat $t=0$

Laju kedatangan panggilan = λ

→ Pelanggan akan meninggalkan sistem dengan laju = λ



Gambar 1.17

- Ambil:
 - Waktu rata-rata pelanggan ada di dalam sistem (delay rata-rata) = T
 - Jumlah pelanggan rata-rata di dalam sistem = N
 - Maka didapat hubungan antara laju kedatangan pelanggan, waktu rata-rata pelanggan di dalam sistem, dan jumlah pelanggan rata-rata dalam sistem, yang dikenal sebagai 'Rumus Little', yakni:

$$N = \lambda T$$

BAB 2

TEORI TRAFIK DASAR

2.1 Karakterisasi trafik

- Besaran trafik
 - Volume trafik
 - intensitas trafik
- Jenis trafik
 - Trafik yang ditawarkan
 - Trafik yang dimuat
 - trafik circuit switched
 - trafik packet switch
 - Trafik yang hilang
- Variasi trafik
 - Variasi yang dapat diramalkan
 - Variasi yang tidak dapat diramalkan

2.2 Klasifikasi Trafik

- Circuit switched
 - trafik telepon
- Packet Switched
 - Packet level
 - Trafik data pada jaaringan Internet Protocol
 - Flow Level
 - Elastic: transfer dokumen digital menggunakan TCP
 - Streaming: transmisi real time voice, audio dan video menggunakan UDP

BAB 3

MODEL TELETRAFIK

3.1 Model Trafik Telepon

- Pure Loss System
- Proses trafik
- Intensitas trafik
- Blocking
- Aliran trafik
- Quality of Service
 - Rumus Erlang

3.2 Packet Level Model untuk Trafik Data

- Pure Queueing System
- Proses trafik
- Beban trafik
- Quality of Service
 - Peluang paket menunggu

3.3 Flow Level Model untuk Trafik Data Elastis

- Pure Sharing System
- Proses trafik
- Beban trafik
- Quality of Service
 - Throughput

3.4 Flow Level Model untuk Trafik Data Streaming

- Infinite System
- Proses trafik
- Trafik yang ditawarkan
- Quality of Service
 - Loss ratio

BAB 4

REVIEW TEORI PELUANG

4.1 Konsep Dasar

- Sample space, sample point, event
- Kombinasi event
- Peluang
 - Sifat peluang
 - Peluang bersyarat
 - Teorema peluang total
- Teorema Bayes
- Kesalingbebasan statistik dari event
- Peubah Acak
 - Probability Distribution Function (PDF)
 - Kesalingbebasan statistik dari peubah acak

4.2 Peubah Acak Diskrit

- Peluang titik
- Kesalingbebasan dari peubah acak diskrit
- Ekspektasi
- Variansi
- Covarians
- Standard Deviasi
- Momen ke k dari peubah acak
- Peubah acak IID
- Law of Large Number (LLN)

4.3 Distribusi Diskrit

- Distribusi Bernoulli
- Distribusi Binomial
- Distribusi Geometric
 - Sifat memoryless

- Distribusi Poisson
 - Sifat-sifat

4.4 Peubah Acak kontinyu

- Definisi
- Probability density function
- Sifat-sifat
- Ekspektasi

4.5 Distribusi kontinyu

- Distribusi uniform
- Distribusi eksponensial
 - Sifat memoryless
- Distribusi Gaussian
 - Sifat-sifat
 - Teori sentral limit

BAB 5

PROSES STOKASTIK

5.1 Proses Stokastik

- Definisi
- Proses trafik
- Kategori proses stokastik
 - Berdasarkan parameter space
 - Berdasarkan state space
- Karakteristik
 - Distribusi
 - Saling bebas
 - Stasioner

5.2 Proses Stokastik pada teletrafik

- Proses kedatangan
 - Point process
 - Counter process
- Proses trafik

5.3 Proses Poisson

- Proses Bernoulli
- Definisi proses poisson
- Sifat proses poisson
 - Superposisi
 - Random sampling
 - Random sorting
 - PASTA

5.4 Proses Markov

- Definisi
- Parameter
 - Time homogeneous
 - Laju transisi kondisi

- Waktu pendudukan eksponensial
- Peluang transisi kondisi
- Diagram transisi kondisi
- Irreducibility
- Persamaan kesetimbangan
- Birth-death Process
 - Irreducibility
 - Distribusi kesetimbangan

BAB 6

LOSS SYSTEM

6.1 Model Poisson

- Definisi
- Diagram transisi kondisi
- Distribusi kesetimbangan
- Aplikasi model Poisson
 - Pemodelan flow level untuk trafik data streaming
 - Multiplexing gain

6.2 Model Erlang

- Definisi
- Diagram transisi kondisi
- Distribusi kesetimbangan
- Blocking
 - Time blocking
 - Call blocking
- Aplikasi model Erlang
 - Pemodelan trafik telepon pada jaringan trunk
- Multiplexing gain

6.3 Model Binomial

- Definisi
- Tipe pelanggan → on-off
- Diagram transisi kondisi
- Distribusi kesetimbangan

6.4 Model Engset

- Definisi
- Diagram transisi kondisi
- Distribusi kesetimbangan
- Blocking

- Time blocking
- Call blocking
- Aplikasi model Engset
 - Pemodelan trafik telepon pada jaringan akses
 - Multiplexing gain

BAB 7

SISTEM ANTRIAN

7.1 Antrian

- Disiplin antrian
- Jenis pelayanan

7.2 Sistem Antrian M/M/1

- Peubah acak pada sistem antrian M/M/1
- Diagram transisi kondisi
- Distribusi kesetimbangan
- Delay
- Waktu tunggu
 - Distribusi
- Aplikasi pada pemodelan packet level untuk trafik data
 - Multiplexing gain

7.3 Sistem Antrian M/M/n

- Diagram transisi kondisi
- Distribusi kesetimbangan
- Peluang menunggu
- Jumlah pelanggan yang menunggu
- Waktu tunggu
- Delay
- Panjang antrian
- Distribusi waktu tunggu

BAB 8 SISTEM SHARING

8.1 Sistem Antrian M/M/1-PS

- Pengertian
- Diagram transisi kondisi
- Distribusi kesetimbangan
- Delay
- Throughput

8.2 Sistem Antrian M/M/n-PS

- Pengertian
- Diagram transisi kondisi
- Distribusi kesetimbangan
- Delay
- Throughput
- Aplikasi pada pemodelan flow level untuk trafik data elastic

8.3 Sistem Antrian M/M/n-PS

- Pengertian
- Diagram transisi kondisi
- Distribusi kesetimbangan

BAB 9

MODEL JARINGAN

9.1 Model Teletrafik untuk Jaringan Circuit Switched

- Link
- Routing
- Traffic class
- State space
 - Blocking
 - Non blocking
- Distribusi kesetimbangan
- PASTA
- End to end blocking
- Metoda Product bound

9.2 Model teletrafik untuk jaringan packet switched

- Komponen delay
- Link
- Routing
- Model link individual
- Laju kedatangan paket di dalam link
- Traffic classes
- State space
- Jaringan antrian

- distribusi kesetimbangan
- End to end delay