

PEMODELAN SISTEM ANTRIAN DENGAN MENGGUNAKAN SIMULASI***Firman Ardiansyah Ekoanindiyo****Dosen Fakultas Teknik Universitas Stikubank Semarang*

**DINAMIKA
TEKNIK**
Vol. V, No. 1
Januari 2011
Hal 72 - 85

Abstact

Simulation as mode to yield the condition of from situation with model for study to test or training, and others. According to system law viewed as orders corps limiting either by itself system capacities and also that system place environment reside in, Model defined as a logical description about how system work or its components react. Queue arise because of requirement of service will exceed ability (service capacity) or service facility, so that consumer of facility which arrive cannot immediately get service caused workload of service. Many matter, additional service facility can be given to lessen queue or to prevent incidence of queue. However expense of because giving service of addition, will generate reduction of advantage possible reach under storey; level able to be accepted.

Key Word : *Simulation, System, Model, Queue*

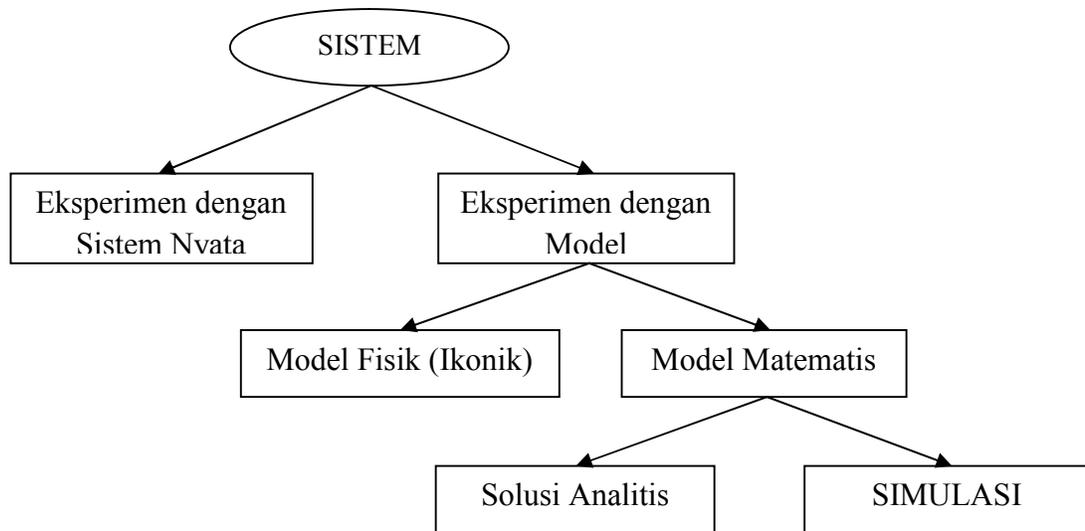
1. Definisi Simulasi, Sistem dan Model

Simulasi sebagai cara untuk menghasilkan kondisi dari situasi dengan model untuk studi menguji atau training, dan lain-lain. *Khosnevis*, 1994, mendefinisikan simulasi sebagai pendekatan eksperimen. Simulasi juga merupakan kumpulan metode dan aplikasi yang digunakan untuk meniru perilaku suatu sistem, kadang dilakukan menggunakan komputer dengan *software* yang sesuai.

Pengertian sistem tergantung pada latar belakang, cara pandang orang yang mencoba mendefinisikannya. Menurut hukum sistem dipandang sebagai kumpulan aturan-aturan yang membatasi baik oleh kapasitas sistem itu sendiri maupun lingkungan tempat sistem itu berada, untuk menjamin keserasian dan keadilan. *Schmidt and Taylor*, 1970, mendefinisikan sistem sebagai kumpulan komponen-komponen (entiti-entiti) yang berinteraksi dan bereaksi antar atribut komponen-komponen untuk mencapai suatu tujuan akhir yang logis. Model didefinisikan sebagai suatu deskripsi logis tentang bagaimana sistem bekerja atau komponen-komponennya bereaksi. Dengan membuat model dari suatu sistem maka diharapkan dapat lebih mudah untuk melakukan analisis. (*Arman Hakim Nasution*, 2007)

2. Pemodelan Sistem dan Simulasi.

Pemahaman tentang sistem merupakan kebutuhan mendasar jika ingin melakukan pemodelan simulasi ataupun pengaplikasian metode analitis, karena pendekatan yang dipakai untuk memecahkan masalah adalah pendekatan sistem (*system approach*), yaitu suatu pendekatan holistik terhadap suatu persoalan. Melakukan pemodelan adalah suatu cara untuk mempelajari sistem dan model itu sendiri dan juga bermacam-macam perbedaannya. Berikut ini adalah gambaran dari aneka cara mempelajari sistem.



Gambar 1. Klasifikasi Sistem

a. Eksperimen dengan Sistem Nyata dan Model.

Eksperimen langsung dengan sistem nyata adalah lebih baik jika hal itu memungkinkan, *cost effective*, dan relevan dengan tujuan studi. Namun kenyataan menunjukkan bahwa sangat sulit untuk melakukan eksperimen langsung. Hal ini disebabkan karena biaya eksperimen yang mahal, dan *time consuming*. Dengan membuat model yang representatif maka kita dapat melakukan eksperimen dengan biaya murah.

b. Model Fisik dan Matematis.

Model fisik adalah model miniatur dari suatu sistem seperti maket restoran siap saji, simulator penerbangan, dan lain sebagainya. Dalam beberapa aspek model

fisik banyak dipakai dalam pemecahan persoalan *engeneering* dan sistem manajemen, seperti miniatur material handling. Tetapi yang paling utama dalam persoalan *engeneering* dan manajemen adalah model matematis yang menggambarkan sistem sebagai hubungan yang logis dan kuantitatif yang kemudian dapat dimanipulasi dan diubah untuk mengetahui bagaimana model bereaksi.

c. Model Simulasi dan Analitis.

Model matematis digunakan untuk menjawab aspek-aspek dari suatu sistem yang sederhana. Sehingga dengan mudah kita memecahkan setiap persoalan dengan persamaan analitisnya. Tetapi pada kenyataannya suatu sistem bisa jadi sangatlah kompleks dan melibatkan ketidakpastian sehingga untuk mendefinisikan model matematisnya sangatlah sulit. Untuk kondisi inilah simulasi sangat diperlukan.

Perbandingan antara model simulasi dengan model analitis dapat dilihat pada tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1. Perbandingan antara Model Simulasi dan Model Analitis.

Sudut Pandang	Model Simulasi	Model Matematis
Kompleksitas	Dapat dibuat dengan sangat kompleks sesuai dengan tingkat kebutuhan dan tanpa batasan waktu untuk menjalankannya.	Terbatasnya kompleksitas sistem dan tingkat kesulitan perhitungan meningkat secara eksponensial sesuai dengan besarnya sistem.
Fleksibilitas	Dapat digunakan untuk menganalisa beberapa struktur sistem yang berhubungan sekaligus tanpa harus melakukan perubahan berarti.	Perubahan parameter, akan mengubah model jika ada perubahan struktur
Kumpulan Data	Dapat menggunakan banyak data untuk lebih	Hanya membutuhkan sedikit data, karena tujuan

	mendekatkan pada kondisi.	kemudahan penjelasan tentang sistem yang sebenarnya.
Efisiensi	Kebutuhan waktu untuk membuat model bisa ditentukan dalam waktu yang tidak terlalu lama.	Lebih sulit diperkirakan kebutuhan waktu dan kemajuannya untuk membuat suatu model yang <i>representative</i> .
Transparansi	Tidak semuanya transparan terhadap pemakai.	Biasanya transparan untuk pemakai yang mempunyai kecakapan matematis.

3. Kelebihan dan Kekurangan Model Simulasi.

Ada beberapa kelebihan simulasi dibanding model lain, karena:

a. Konsep Random.

Model simulasi dapat dengan mudah memodelkan peristiwa *random* (acak) sehingga dapat memberikan gambaran kemungkinan-kemungkinan apa yang dapat terjadi.

b. *Return on Investment*.

Dengan menggunakan model simulasi komputer, faktor biaya akan dengan mudah ditutup karena dengan simulasi kita dapat meningkatkan efisiensi, seperti penghematan *operation cost*, *inventory*, dan pengurangan jumlah orang.

c. Antisipasi.

Dengan menggunakan simulasi maka kita dapat menghindari risiko yang mungkin terjadi karena penerapan sistem baru.

d. Meningkatkan Komunikasi.

Adanya *user interface* yang baik pada program simulasi yang juga dilengkapi dengan kemampuan animasi, hal itu akan sangat membantu dan mengkomunikasikan sistem baru kepada semua pihak.

e. Pemilihan Peralatan dan Estimasi Biaya.

Pembelian peralatan baru seringkali berkaitan dengan sistem yang lama. Dengan menggunakan simulasi maka akan dapat dilihat performansi sistem secara keseluruhan dan dilakukan analisis *cost benefit* sebelum pembelian peralatan dilaksanakan.

f. *Continous Improvement Program*.

Model simulasi komputer memberikan evaluasi strategi *improvement* dan mengevaluasi alternatif-alternatif yang ada.

Selain mempunyai kelebihan, model simulasi juga memiliki beberapa kekurangan, antara lain:

- a. Untuk mensimulasikan sistem yang kompleks diperlukan biaya yang sangat besar untuk pengembangan dan pengumpulan data awal ataupun observasi sistem yang membutuhkan eksperimen awal.
- b. Simulasi bukanlah presisi dan juga bukan suatu proses optimisasi. Simulasi tidak menghasilkan solusi, tetapi ia menghasilkan cara untuk menilai solusi termasuk solusi optimal.
- c. Tidak semua situasi dapat dinilai melalui simulasi kecuali situasi yang memuat ketidakpastian (*Siagian, 1987*).

4. Klasifikasi Model Simulasi.

Klasifikasi sistem berdasarkan perilaku dibagi menjadi:

1. Sistem Statis dan Dinamis.

Sistem statis merupakan sistem yang direncanakan, dibangun dan diimplementasikan hanya pada satu tahap saja. Sistem dinamis merupakan sistem yang mempunyai perilaku dasar *steady state* dan *growth state* yang dinamis. *Steady state* merupakan perilaku pada sistem yang terus melakukan perubahan sampai pada titik tertentu. *Growth State* yaitu kondisi yang melakukan perubahan untuk tumbuh baik secara negative atau positif. Kedua model merupakan jenis model yang mewakili situasi yang berhubungan terhadap waktu. Model statis

menjelaskan sebuah hubungan yang tidak berubah terhadap waktu, sementara model dinamis berhubungan dengan interaksi yang berubah terhadap waktu.

2. Sistem Deterministik dan Stokastik.

Sistem deterministik merupakan sistem yang terbentuk dari sumber data masukan yang tertentu dan dalam proses serta outputnya juga menghasilkan keluaran tertentu yang sedikit atau tidak mengandung nilai random atau probabilistik. Sistem stokastik merupakan suatu bentuk sistem yang memiliki komponen probabilitas atau dapat pula dikatakan bahwa dalam sistem ini setidaknya ada beberapa komponen random terutama pada input datanya.

3. Sistem Diskrit dan Kontinyu.

Sistem diskrit merupakan sistem dengan variabel keadaan yang mengalami perubahan langsung pada titik terpisah dalam rentang waktu tertentu. Sistem kontinu merupakan suatu sistem dimana aktivitas-aktivitas dominan menyebabkan perubahan yang halus pada atribut dari entitas sistem.

5. Tahapan dan Studi Simulasi.

Pada umumnya simulasi dipandang sebagai aktivitas yang memiliki tiga fase (Pidd, 1992):

1. Pemodelan,
2. Kompetensi,
3. Eksperimentasi.

1. Formulasi Masalah dan Tujuan Studi.

Formulasi masalah yang sukses membutuhkan penilaian yang akurat terhadap tujuan-tujuan yang disertai oleh suatu deskripsi dari sistem riil. Hal ini melibatkan spesifikasi sebagai berikut:

- a. Kriteria dimana aturan-aturan keputusan alternatif akan dievaluasi,
- b. Semua variabel state yang signifikan,
- c. Seluruh parameter sistem yang dibutuhkan.

2. Membangun Model Simulasi

Langkah penting dalam simulasi adalah membangun model yang merepresentasikan kondisi riil masalah yang akan disimulasikan. Setelah membangun model maka dibutuhkan suatu skenario yang akan diterapkan sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai oleh studi simulasi tersebut.

Hal-hal yang perlu dipertimbangkan dalam membangun model simulasi adalah sebagaimana digambarkan pada tabel berikut:

3. Desain Eksperimen.

Dalam kerangka konseptual model simulasi diperlukan suatu desain eksperimen yang akan menyediakan arahan dalam pengumpulan data, analisis dan bagaimana hasil simulasi akan digunakan untuk menjawab pertanyaan yang sedang dipecahkan. Data yang dikumpulkan harus mampu memberikan deskripsi yang cukup memadai bagi variabel stokastik yang diaplikasikan pada model. Hal ini merupakan tugas yang menyita waktu karena kita harus memastikan bentuk dan parameter dari distribusi statistik untuk masing-masing variabel stokastik tersebut.

4. Verifikasi dan Validasi Model.

Proses verifikasi dilakukan untuk menentukan apakah model simulasi berjalan sesuai keinginan pembuat model, misalnya dengan melakukan proses debug program komputer, sedangkan validasi dilakukan untuk menentukan apakah model simulasi mampu mewakili sistem riil secara akurat (*Nasution & Baihaqi, 2007:19*).

a. Verifikasi Model Simulasi.

Teknik-teknik yang digunakan dalam proses verifikasi program komputer dari model simulasi adalah sebagai berikut (*Law & Kelton, 1983*):

- 1) Menulis dan *debug* program komputer untuk tiap modul atau sub-program.
- 2) Pengembangan model simulasi dilakukan dalam satu tim yang terdiri dari beberapa anggota yang memiliki tugas-tugas tertentu yang berbeda.
- 3) Melakukan *tracing* sehingga dapat menelusuri state sistem yang disimulasikan secara jelas.

- 4) Menjalankan model dengan melakukan penyederhanaan asumsi pada karakteristik model yang sudah diketahui.
- 5) Membuat suatu *display grafis* yang mampu menampilkan *output* simulasi pada saat simulasi sedang berjalan.

b. Validasi Model Simulasi.

Validasi merupakan proses perbandingan parameter antara model simulasi dengan sistem yang disimulasikan (Pidd, 1992). Pendekatan yang biasa digunakan dalam melakukan uji validasi adalah:

1) Validasi kotak hitam.

Validasi kotak hitam (*black box validation*) dilaksanakan dengan melakukan observasi perilaku sistem riil pada suatu kondisi tertentu dan menjalankan model pada kondisi yang sedapat mungkin mendekati kondisi sistem riil. Model dianggap valid jika tidak ada perbedaan yang signifikan antara observasi model dengan sistem riil.

Metodologi yang dapat dilakukan untuk membandingkan dengan menetapkan suatu hipotesis awal dan kemudian melakukan pengujian statistik terhadap nilai rata-rata sistem riil dan hasil observasi model. Selanjutnya dilakukan analisis bahwa kurang dari x% kemungkinan *hipotesis* tersebut diterima atau ditolak.

2) Validasi Kotak Putih.

Validasi kotak putih (*white box validation*) dilakukan dengan mengamati cara kerja *interval* model simulasi, misalnya *input* distribusi dan logika sistem, baik statis maupun dinamis.

5. Mengevaluasi Hasil Simulasi untuk Pengambilan Keputusan.

Dengan memformulasikan dan menguji asumsi yang berbeda pada perilaku sistem maka kita dapat mengevaluasi kebijakan atau aturan keputusan tertentu sehingga manajemen dapat memilih satu keputusan terbaik untuk memenuhi tujuan organisasi.

6. Pendekatan dalam Pemodelan Simulasi.

Setelah kita membuat model konseptual dari model simulasi maka diperlukan beberapa pendekatan agar model konseptual tersebut diterjemahkan kedalam bahasa program yang mudah dan sederhana.

1. Pendekatan Event.

Dalam pendekatan event ini, program dibentuk dari sekumpulan *routine event* yang masing-masing menjelaskan operasi yang menyebabkan *entitas* mengubah status dari sistem. Suatu *event routine* didefinisikan sebagai sekumpulan aksi yang menyebabkan terjadinya perubahan *state* dalam sistem. Misalnya saja kita ambil contoh dengan sistem antrian sederhana. Kustomer datang secara *random*, bergabung dalam antrian dan dilayani berdasarkan aturan FIFO. Dalam hal ini akan ada dua perubahan *state* dalam sistem:

- a) Kedatangan customer baru,
- b) Selesai pelayanan.

2. Pendekatan Aktivitas.

Pendekatan ini lebih memusatkan pada interaksi antar berbagai kelas entitas dari pada menggambarkan kemungkinan operasi yang mengikuti suatu perubahan *state* seperti dalam pendekatan event. Pendekatan ini dibentuk dari *routine-routine* AKTIVITAS, yaitu kegiatan yang selalu diawali oleh perubahan *state* dalam sistem.

Dalam pendekatan sebelumnya diperlukan dua event untuk menyimulasikan operasi dari sistem. Dua event ini akan diterjemahkan menjadi tiga aktivitas yaitu sebagai berikut:

- a) Kedatangan customer baru,
- b) Mulai pelayanan,
- c) Selesai pelayanan.

3. Pendekatan Proses

Pendekatan ini berusaha menggabungkan kemampuan dua pendekatan sebelumnya. Dalam pendekatan ini program level kedua terdiri dari sekumpulan

proses. Proses didefinisikan sebagai urutan operasi yang terjadi selama siklus hidup suatu entitas dalam sistem.

Kita lihat kembali contoh antrian *single server* diatas. Kustomer mempunyai proses sebagai berikut:

- 1) Customer datang,
- 2) Menunggu sampai pada ujung antrian,
- 3) Bergerak ke area pelayanan,
- 4) Tetap dalam pelayanan sampai pelayanan selesai, dan
- 5) Keluar sistem.

Dalam pendekatan ini kita lihat tiap-tiap entitas digambarkan prosesnya secara berurutan. Proses tersebut akan terus berlangsung sampai entitas mengalami *bloking* atau dihentikan karena alasan tertentu. Umumnya ada dua macam *delay*:

1. *Unconditional Delay*, misalnya waktu service. Dalam hal ini suatu entitas akan tetap berada pada titik tertentu tetapi lama waktunya ditentukan.
2. *Conditional Delay*, dimana dalam hal ini entitas harus menunggu sampai suatu kondisi tertentu terpenuhi sehingga lama waktu menunggunya tidak dapat dijadwalkan, misalnya customer menunggu diantrian sampai dapat dilayani.

7. Teori Antrian

Antrian timbul disebabkan oleh kebutuhan akan layanan melebihi kemampuan (kapasitas) pelayanan atau fasilitas layanan, sehingga pengguna fasilitas yang tiba tidak bisa segera mendapat layanan disebabkan kesibukan layanan. Pada banyak hal, tambahan fasilitas pelayanan dapat diberikan untuk mengurangi antrian atau untuk mencegah timbulnya antrian. Akan tetapi biaya karena memberikan pelayanan tambahan, akan menimbulkan pengurangan keuntungan mungkin sampai di bawah tingkat yang dapat diterima. Sebaliknya, sering timbulnya antrian yang panjang akan mengakibatkan hilangnya pelanggan/nasabah.

- Komponen Dasar Antrian

Komponen dasar proses antrian adalah :

a. Kedatangan

Setiap masalah antrian melibatkan kedatangan, misalnya orang, mobil, panggilan telepon untuk dilayani, dan lain-lain. Unsur ini sering dinamakan proses input. Proses input meliputi sumber kedatangan atau biasa dinamakan *calling population*, dan cara terjadinya kedatangan yang umumnya merupakan variabel acak.

Menurut *Levin, dkk (2002)*, variabel acak adalah suatu variabel yang nilainya bisa berapa saja sebagai hasil dari percobaan acak. Variabel acak dapat berupa diskrit atau kontinu. Bila variabel acak hanya dimungkinkan memiliki beberapa nilai saja, maka dia merupakan variabel acak diskrit. Sebaliknya bila nilainya dimungkinkan bervariasi pada rentang tertentu, dia dikenal sebagai variabel acak kontinu.

b. Pelayan

Pelayan atau mekanisme pelayanan dapat terdiri dari satu atau lebih pelayan, atau satu atau lebih fasilitas pelayanan. Tiap-tiap fasilitas pelayanan kadang-kadang disebut sebagai saluran (*channel*) (*Schroeder, 1997*). Contohnya, jalan tol dapat memiliki beberapa pintu tol. Mekanisme pelayanan dapat hanya terdiri dari satu pelayan dalam satu fasilitas pelayanan yang ditemui pada loket seperti pada penjualan tiket di gedung bioskop.

c. Antrian

Inti dari analisa antrian adalah antrian itu sendiri. Timbulnya antrian terutama tergantung dari sifat kedatangan dan proses pelayanan. Jika tak ada antrian berarti terdapat pelayan yang menganggur atau kelebihan fasilitas pelayanan (*Mulyono, 1991*).

- Disiplin antrian

Penentu antrian lain yang penting adalah disiplin antri. Disiplin antri adalah aturan keputusan yang menjelaskan cara melayani pengantri. Menurut *Siagian (1987)*, ada 5 bentuk disiplin pelayanan yang biasa digunakan, yaitu :

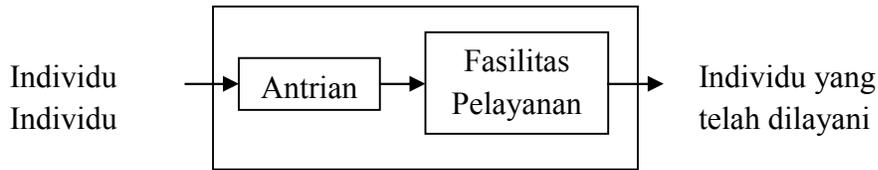
- a. *First-Come First-Served* (FCFS) atau *First-In First-Out* (FIFO) artinya, lebih dulu datang (sampai), lebih dulu dilayani (keluar). Misalnya, antrian pada loket pembelian tiket bioskop.
- b. *Last-Come First-Served* (LCFS) atau *Last-In First-Out* (LIFO) artinya, yang tiba terakhir yang lebih dulu keluar. Misalnya, sistem antrian dalam elevator untuk lantai yang sama.
- c. *Service In Random Order* (SIRO) artinya, panggilan didasarkan pada peluang secara random, tidak soal siapa yang lebih dulu tiba.
- d. *Priority Service* (PS) artinya, prioritas pelayanan diberikan kepada pelanggan yang mempunyai prioritas lebih tinggi dibandingkan dengan pelanggan yang mempunyai prioritas lebih rendah, meskipun yang terakhir ini kemungkinan sudah lebih dahulu tiba dalam garis tunggu. Kejadian seperti ini kemungkinan disebabkan oleh beberapa hal, misalnya seseorang yang dalam keadaan penyakit lebih berat dibanding dengan orang lain dalam suatu tempat praktek dokter.

- Model Antrian

Atas dasar sifat proses pelayanannya, dapat diklasifikasikan fasilitas-fasilitas pelayanan dalam susunan saluran atau channel (*single atau multiple*) dan phase (*single atau multiple*) yang akan membentuk suatu struktur antrian yang berbeda-beda. Ada 4 model antrian dasar yang umum terjadi dalam seluruh sistem antrian yaitu :

a. *Single Channel-Single Phase*

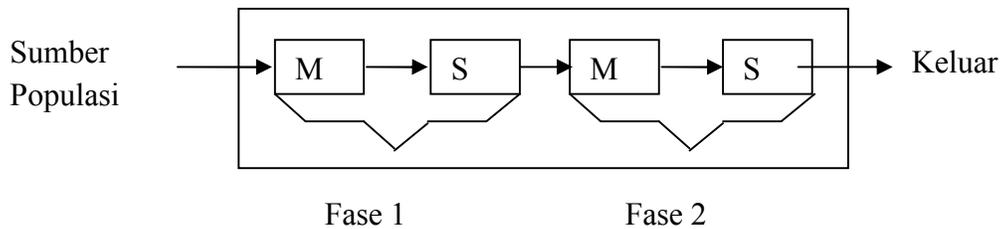
Sistem ini adalah yang paling sederhana. *Single Channel* berarti bahwa hanya ada satu jalur untuk masuk sistem pelayanan atau ada satu fasilitas pelayanan. *Single Phase* menunjukkan bahwa hanya ada satu stasiun pelayanan atau sekumpulan tunggal operasi yang dilaksanakan. Setelah menerima pelayanan, individu-individu keluar dari sistem.



Gambar 2. Model *Single Channel – Single Phase*

b. *Single Channel – Multiphase*

Multiphase menunjukkan ada dua atau lebih pelayanan yang dilaksanakan secara berurutan (*dalam phase-phase*), seperti dalam pencucian mobil, tukang cat mobil, lini produksi massa dan sebagainya.

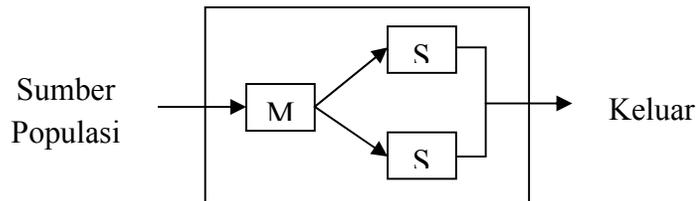


Gambar 3. Model *single Channel – Multi Phase*

Ket : M = Antrian ; S = Fasilitas Pelayanan

c. *Multi-Channel-Singgle Phase*

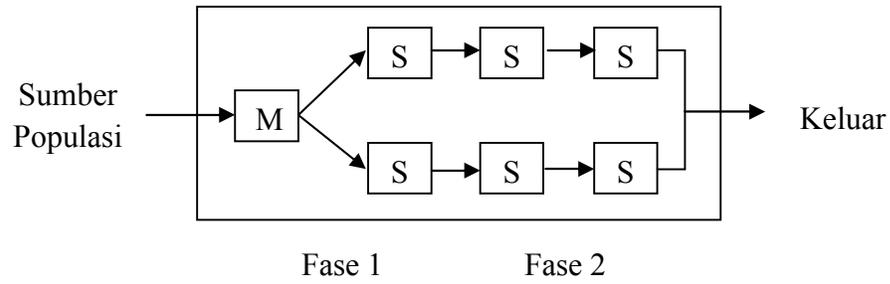
Sistem *Multichannel – Single Phase* terjadi (ada) kapan saja dua atau lebih fasilitas pelayanan dialiri oleh antrian tunggal, sebagai contoh adalah loket pembelian tiket yang bias dilayani oleh beberapa petugas, dan sebagainya.



Gambar 4. Model *Multi Channel – Single Phase*

d. *Multichannel – Multiphase*

Sistem *Multichannel – Multiphase* mempunyai beberapa fasilitas pelayanan pada setiap tahap, sehingga lebih dari satu individu dapat dilayani pada satu waktu. Pada umumnya, jaringan antrian ini terlalu kompleks untuk dianalisa dengan teori antrian, simulasi lebih sering digunakan untuk menganalisa sistem ini.



Gambar 5. Model *Multi Channel – Multi Phase*

DAFTAR PUSTAKA

- Arifin. Miftahol, 2009, *Simulasi Sistem Industri*, Graha Ilmu Yogyakarta
- Hakim Nasution. Arman, Prasetyawan. Yudha, 2008, *Perencanaan dan Pengendalian Produksi*, Graha Ilmu Yogyakarta.
- Chung. Christoper, 2004, *Simulation Modeling Handbook a Practical Approach*, CRC Press New York.