# Bab 2
# Tinjauan Pustaka

## 2.1 Teori Antrian

Teori tentang antrian diketemukan dan dikembangkan oleh A. K. Erlang, seorang insinyur dari Denmark yang bekerja pada perusahaan telepon di Kopenhagen pada tahun 1910. Erlang melakukan eksperimen tentang fluktuasi permintaan fasilitas telepon yang berhubungan dengan automatic dialing equipment, yaitu peralatan penyambungan telepon secara otomatis. Dalam waktu – waktu yang sibuk operator sangat kewalahan untuk melayani para penelepon secepatnya, sehingga para penelepon harus antri menunggu giliran, mungkin cukup lama. Persoalan aslinya Erlang hanya memperlakukan perhitungan keterlambatan (delay) dari seorang operator, kemudian pada tahun 1917 penelitian dilanjutkan untuk menghitung kesibukan beberapa operator. Dalam periode ini Erlang menerbitkan bukunya yang terkenal berjudul Solution of some problems in the theory of probabilities of significance in Automatic Telephone Exhange. Baru setelah perang dunia kedua, hasil penelitian Erlang diperluas penggunaannya antara lain dalam teori antrian (Supranto, 1987). Menurut Siagian (1987), antrian ialah suatu garis tunggu dari nasabah (satuan) yang memerlukan layanan dari satu atau lebih pelayan (fasilitas layanan).

Bronson (1982), proses antrian (queueing process) adalah suatu proses yang berhubungan dengan kedatangan seseorang pelanggan pada suatu fasilitas pelayanan, kemudian menunggu dalam suatu baris (antrian) jika semua pelayannya sibuk, dan akhirnya meninggalkan fasilitas tersebut. Sebuah sistem antrian adalah suatu himpunan pelanggan, pelayan dan suatu aturan yang mengatur kedatangan pada pelanggan dan pemroses masalahnya.

### 2.1.1 Sistem dan Karakteristik Antrian

Menurut Gross dan Haris (Gross, 1994) sistem antrian adalah kedatangan pelanggan untuk mendapatkan pelayanan, menunggu untuk dilayani jika fasilitas pelayanan (server) masih sibuk, mendapatkan pelayanan dan kemudian meninggalkan sistem setelah dilayani.

Pada umunya, sistem antrian dapat diklasifikasikan menjadi sistem yang berbeda-beda dimana teori antrian dan simulasi sering diterapkan secara luas. Sistem antrian dapat diklasifikasikan menjadi sistem yang berbeda-beda dimana teori antrian dan simulasi sering diterapkan secara luas. Klasifikasi menurut Hillier dan Lieberman (dikutip dari Subagyo, dkk, 1999) adalah sebagai berikut:

a. Sistem pelayanan Komersial
b. Sistem pelayanan bisnis- industri
c. Sistem pelayanan transportasi
d. Sistem pelayanan sosial

Menurut Heizer dan Render (2005), terdapat tiga komponen dalam sebuah sistem antrian, yaitu :

a. Kedatangan atau masukan sistem.

   Kedatangan memiliki karakteristik seperti ukuran populasi, perilaku, dan sebuah distribusi statistik.
b. Disiplin antrian, atau antrian itu sendiri.

   Karakteristik antrian mencakup apakah jumlah antrian terbatas atau tidak terbatas panjangnya dan materi atau orang-orang yang ada di dalamnya.
c. Fasilitas Pelayanan.
d. Karakteristiknya meliputi desain dan distribusi statistik waktu pelayanan.

### 2.1.3 Tujuan Teori Antrian

Tujuan dasar model-model antrian andalah untuk meminimumkan total biaya, yaitu biaya langsung penyediaan fasilitas pelayanan dan biaya tidak langsung yang timbul karena para individu harus menunggu untuk dilayani.

Bila suatu sistem mempunyai fasilitas pelayanan lebih dari jumlah optimal, ini berarti membutuhkan investasi modal yang berlebihan, tetapi bila jumlahnya kurang dari optimal maka hasilnya adalah tertundanya pelayanan. Maksudnya adalah model antrian merupakan peralatan penting untuk sistem pengelolaan yang menguntungkan dengan menghilangkan antrian.

### 2.1.3 Disiplin Antrian

Menurut Thomas J. Kakiay disiplin antrian adalah aturan di mana para pelanggan dilayani, atau disiplin pelayanan (service discipline) yang memuat urutan (order) para pelanggan menerima layanan. Ada 4 bentuk bentuk disiplin antrian menurut urutan kedatangan antara lain adalah :

a. First Come First Served (FCFS) atau First In First Out (FIFO), di mana pelanggan yang terlebih dahulu datang akan dilayani terlebih dahulu. Misalnya, antrian pada loket pembelian tiket bioskop, antrian pada loket pembelian tiket kereta api.
b. Last Come First Served (LCFS) atau Last In First Out (LIFO), di mana pelanggan yang datang paling akhir akan dilayani terlebih dahulu. Misalnya, sistem antrian pada elevator untuk lanti yang sama, sistem bongkar muat barang dalam truk, pasien dalam kondisi kritis, walaupun dia datang paling akhir tetapi dia akan dilayani terlebih dahulu.
c. Service In Random Order (SIRO) atau Random Selection for Service (RSS), di mana panggilan didasarkan pada peluang secara random, jadi tidak menjadi permasalahan siapa yang lebih dahulu datang. Misalnya, pada arisan di mana penarikan berdasarkan nomor undian.
d. Priority Service (PS), di mana prioritas pelayanan diberikan kepada pelanggan yang mempunyai prioritas lebih tinggi dibandingkan dengan pelanggan yang mempunyai prioritas yang lebih rendah, meskipun mungkin yang dahulu tiba di garis tunggu adalah yang terakhir datang. Hal ini mungkin disebabkan oleh beberapa hal, misalnya seseorang yang memiliki penyakit yang lebih berat dibandingkan orang lain pada suatu tempat praktek dokter, hubungan kekerabatan pelayan dan pelanggan potensial akan dilayani terlebih dahulu.

### 2.1.4 Mengukur Kinerja Antrian

Dengan menganalisis antrian akan diperoleh banyak ukuran kinerja sebuah sistem antrian. Heizer dan Render (2005) juga menambahkan komponen dasar antrian yaitu mengukur kinerja antrian. Model antrian membantu para manajer membuat keputusan untuk menyeimbangkan biaya pelayanan dengan menggunakan biaya antrian meliputi hal berikut :

a. Waktu rata-rata yang dihabiskan oleh pelanggan dalam antrian.
b. Panjang antrian rata-rata.
c. Waktu rata-rata yang dihabiskan oleh pelanggan dalam sistem (waktu tunggu ditambah waktu pelayanan).
d. Jumlah pelanggan rata-rata dalam sistem
e. Probabilitas fasilitas pelayanan akan kosong
f. Faktor utilisasi sistem.
g. Probabilitas sejumlah pelanggan berada dalam sistem.

## 2.2. Simulasi

### 2.2.1. Definisi Simulasi

Simulasi didefinisikan oleh Harrell (2004) sebagai "imitasi dari suatu sistem dinamis yang dibuat menggunakan model komputer dengan tujuan untuk mengevaluasi dan memperbaiki performansi sistem". Sistem, dalam hal ini menurut Blanchard (1991) yang dikutip oleh Harrel (2004) adalah "sekumpulan elemen-elemen yang berfungsi bersama untuk mencapai tujuan yang diharapkan". Di dalam simulasi, sistem yang diimitasi terdiri dari sekumpulan elemen-elemen yang meliputi entitas, aktivitas, sumber daya dan kontrol. Simulasi, berdasarkan pengertian tersebut merupakan suatu cara untuk melakukan evaluasi dan perbaikan suatu sistem yang meliputi entitas, aktivitas, sumber daya dan kontrol, melalui suatu imitasi model yang dibuat menggunakan program komputer.

Model simulasi seringkali dibuat menggunakan program yang ditujukan khusus untuk permodelan. Beberapa program yang sering digunakan diantaranya adalah ProModel, FlexSim, ARENA, dan Simul8. Program-program tersebut pada dasarnya memiliki fungsi yang sama yaitu untuk memodelkan suatu sistem.

### 2.2.2. Klasifikasi Simulasi

Harrell, C (2004) mengutip bahwa simulasi mempunyai klasifikasi dalam menggunakan komputer dalam pembuatan model sistem sebelum dilakukan atau pengujian kebijakan sebelum model-model tersebut benar-benar diterapkan. "Banyak kesalahan yang sering ditemui pada *start-up* dari sistem baru atau modifikasi dari sistem yang sudah ada dapat dihindari" dan "perbaikan yang biasanya dapat menghabiskan waktu berbulan-bulan bahkan sampai bertahun-tahun sedangkan dengan *fine-tuning* dapat dicapai dengan hitungan hari bahkan jam".

Pada saat awal membuat suatu perancangan atau memperbaiki sistem serta mengembangkan sistem yang sudah ada sering kali terjadi kesalahan hal ini dikarenakan perencanaan dalam membuat sistem masih belum sesuai dengan kondisi yang sebenarnya, maka dari itu perencanaan diawal atau pada saat membuat konsep untuk merancang sistem sangatlah diperlukan dan dipikirkan sebaik mungkin agar tidak ada kesalahan-kesalahan.

Maksud dari perbaikan yang dapat menghabiskan waktu cukup lama tersebut dapat diartikan sebagai penjelasan bahwa dalam menyelesaikan persoalan yang memakan waktu cukup lama, diperlukannya pengaturan yang baik dalam menggambarkan peristiwa yang terjadi dengan sebuah model, dimana model-model dibuat dengan menggunakan komputer karena dengan membuat simulasi permodelan dapat berjalan dengan waktu yang dipersingkat.

Membuat pengaturan yang baik, bisa dikatakan juga melakukan perencanaan terlebih dahulu agar dalam merancang suatu sistem simulasi dibuat, maka hasil dari simulasi didapat pengambilan keputusan dari peristiwa yang terjadi dengan sangat mudah. Sehingga dalam melakukan analisis didapatkan hasil yang akurat dan dengan mudahnya didapatkan kesimpulan dalam melakukan pengambilan

keputusan. Walaupun hasil dari perancangan permodelan yang dibuat tidak selalu sama dengan data aslinya bukan berarti hasil dari data tersebut berbeda akan tetapi hasil dari pengolahan sistem yang dibuat mendekati dengan nilai data sesungguhnya. Maka dari itu ketika sudah melakukan perancangan sistem dengan pengaturan yang baik akan sangat mudah pada saat mengatur kembali kondisi dari situasi.

Ada beberapa karakter dari simulasi yang membuat perencanaanya semakin kuat dan pengambilan keputusan alat tersebut dapat dipersingkat adalah sebagai berikut:

- Mencakup ketergantungan sistem
- Akses untuk sistem variabilitas
- Apakah cukup fleksibel untuk model apapun
- Menunjukan karakteristik dari waktu ke waktu
- Apakah lebih murah, menghabiskan waktu, dan mengganggu dari percobaan pada sistem yang sebenarnya
- Memberikan informasi pada beberapa ukuran kinerja
- Apakah penampilannya menarik dan melibatkan minat masyarakat
- Memberikan hasil yang mudah dipahami dan mudah berkomunikasi
- Dapat dijalankan secara singkat, normal, atau lambat
- Fokus terhadap detail pada desain

### 2.2.3. Kelebihan Simulasi

Dengan tingkat persaingan yang tinggi saat ini, metode lama seperti *trial and error* sudah tidak lagi relevan dalam dunia bisnis. Metode *trial and error* memakan banyak biaya dan waktu terutama dalam validasi dan evaluasi hasil yang diperoleh. Simulasi merupakan alat yang mampu mengatasi permasalahan tersebut. Simulasi memiliki kemampuan dalam mencoba setiap alternatif solusi atau kebijakan dan hasilnya dapat diketahui dengan cepat dan akurat.

Harrell (2004) menjelaskan “Kekuatan simulasi terletak pada fakta bahwa ia menyediakan suatu metode analisis yang tidak hanya formal dan prediktif tapi juga mampu secara akurat memprediksi performansi bahkan sistem yang paling kompleks sekalipun”. Kelebihan inilah yang akan sangat membantu manajemen dalam mengambil keputusan karena hasil dari setiap alternatif kebijakan atau solusi dapat diprediksi secara akurat dalam waktu yang relatif singkat, sehingga memungkinkan percobaan setiap alternatif dilakukan tanpa resiko yang muncul ketika implementasi langsung pada sistem nyata.

Dalam bidang perencanaan, melalui penggunaan model simulasi, sistem yang akan dibangun dapat diprediksi operasi dan performansinya sebelum benar-benar diimplementasikan pada sistem nyata. Hal ini menyebabkan berbagai masalah yang tidak terduga pada saat perencanaan dapat diidentifikasi dan dapat langsung dicari solusinya. Selain itu, dalam hal perbaikan sistem, setiap alternatif yang diusulkan dapat dicoba dalam waktu yang jauh lebih singkat karena simulasi berjalan menggunakan waktu yang dipercepat, percobaan yang diperlukan waktu beberapa minggu dapat disimulasikan dalam beberapa jam atau beberapa menit.

Keuntungan dalam proyek simulasi biasanya berupa penghematan-penghematan biaya. Pada gambar 2.2, penghematan dapat terlihat bersumber dari identifikasi dan eliminasi masalah yang menyebabkan beban biaya berlebih pada saat tahap implementasi dan operasional. Selain itu juga dari berkurangnya biaya melalui eliminasi desain yang berlebihan. Disamping itu, terdapat kesulitan dalam mengembangkan analisis ekonomi dari simulasi, ini dikarenakan biasanya tidak diketahui terlebih dahulu berapa penghematan yang dilakukan hingga kebijakan benar-benar diimplementasikan. “Identifikasi awal penghematan yang dilakukan akan berdampak pada analisis pengembalian investasi atau ROI yang lebih baik” (Harrell 2004).

## 2.3. Definisi Sistem

Setelah membahas simulasi dilengkapi dengan mengetahui klasifikasi dari simulasi serta membuat langkah-langkah dalam simulasi, maka langkah selanjutnya akan membahas pengertian akan sistem dimana menurut Blanchard (1991) yang dikutip oleh C Harrel (2004) sistem yang digunakan disini, didefinisikan sebagai "kumpulan elemen yang berfungsi secara bersamaan untuk mencapai suatu tujuan yang diinginkan". Kumpulan elemen yang dimaksud merupakan gabungan antara komponen dan elemen yang menjadi satu untuk mencapai tujuan tertentu.

Sistem ini mengggambarkan suatu kejadian-kejadian dari suatu komdisi yang nyata seperti tempat dan benda atau bisa disebut juga dengan seperangkat elemen yang membentuk kumpulan atau prosedur-prosedur pengolahan yang mencapai suatu tujuan yang mengoperasikan data atau barang untuk menghasilkan informasi atau untuk menyelesaikan suatu saran. Kumpulan elemen dan komponen didasari oleh beberapa unsur dimana unsur dari elemen dan komponen disini didasari dengan elemen-elemen yang saling terkait dan bekerja sama dengan sistem untuk mencapai tujuan tersebut.

## 2.4. Elemen Sistem

C Harrel (2004) mengartikan sistem sebagai kumpulan elemen-elemen yang berfungsi secara bersamaan. elemen sistem didalam buku ini membahas "unsur-unsur ini menentukan siapa, apa, dimana, kapan, dan bagaimana pengolahan entitas". Maksudnya model disini menggambarkan keterkaitan antar sistem seperti menentukan **siapa** objek yang merupakan bagian dari elemen ataupun variabel. Bisa berupa benda fisik, abstrak, ataupun keduanya tergantung kepada sifat sistem tersebut. **Apa** tujuan dari setiap sistem memiiliki tujuan, tujuan inilah yang menjadi pemotivasi yang mengarahkan sistem. **Dimana** hubungan internal dimana antara objek didalamnya dan lingkungan tempat dimana sistem berada. **Kapan** melakukan perencanaan dalam menentukan entitas. **Bagaimana** input, proses, dan menghasilkan output dari pengolahan entitas.

### 2.4.1. Entitas

Entitas adalah satuan yang berwujud atau orang, tempat, kejadian atau konsep yang informasinya akan direkam. Sedangkan menurut C Harrel (2004) dimana elemen sistem terdiri dari entitas, aktifitas, *resources*, dan kontrol. "Entitas yang berbeda mungkin memiliki karakteristik yang unik seperti biaya, bentuk, prioritas, kualitas, atau kondisi". Dapat diartikan sesuatu yang memiliki keberadaan yang unik dan berbeda, walaupun tidak harus dalam bentuk fisik. Dalam pengembangan sistem entitas digunakan sebagai model dari penggambaran suatu objek yang nyata, dan dapat diartikan pula bahwa entitas adalah sesuatu yang ada dan dapat melaksanakan suatu kegiatan dan dapat berupa subyek hukum tersendiri. Entitas disini merupakan peranan penting didalam sistem karena jika tidak ada sekumpulan entitas sistem maka tidak akan terbentuk, karena sistem terbentuk dari satu data dan dijadikan satu kemudian dihubungkan agar menghasilkan informasi yang jelas bagi pengguna Sistem dari Data tersebut.

### 2.4.2. Aktifitas

Tahapan kedua dari elemen sistem adalah aktifitas atau kegiatan dimana C Harrel (2004) mendefinisikan bahwa kegiatan adalah "tugas yang dilakukan dalam sistem yang baik secara langsung atau secara tidak langsung terlibat dalam pengolahan entitas". Kegiatan dimaksudkan juga dimana adanya aktifitas-aktifitas yang dilakukan didalam sistem seperti pengolahan informasi yang pada dasarnya terbagi atas aktivitas input, proses, dan output. Misalnya memotong bagian pada mesin atau memperbaiki sebuah peralatan. Aktifitas-aktifitas biasanya menghabiskan waktu dan lebih sering melibatkan penggunaan sumber daya.

### 2.4.3. Resources

Tahap selanjutnya dari elemen sistem adalah *resources* (sumber daya), C Harrel (2004) disini mengartikan sumber daya adalah "cara dimana kegiatan yang dilakukan". Sumber daya disini adalah suatu nilai dimiliki oleh suatu unsur tertentu dalam kehidupan, tetapi sumber daya tidak selalu bersifat fisik tetapi juga tidak berwujud. Contoh dari sumber daya yang tidak berwujud seperti informasi, kapasitas, waktu siklus, dan lain-lain. Sumber daya ada yang dapat berubah, baik

menjadi semakin besar maupun hilang, dan ada pula sumber daya yang kekal (selalu tetap). Selain itu, dikenal pula istilah sumber daya yang dapat pulih atau terbarukan dan sumber daya tak terbarukan.

### 2.4.4. Kontrol

setelah membahas entitas, aktifitas, *resources* maka C Harrel (2004) juga menjelaskan mengenai kontrol. C Harrel mengutip bahwa *"*Kontrol menjelaskan bagaimana, kapan, dan dimana kegiatan dilakukan". Makusdnya dalam melakukan kontrol ada tahapan-tahapan yang berlaku didalam sistem biasanya disemua tahapan kontrol memberikan informasi dan keputusan-keputusan berdasarkan alur bagaimana. Kapan, dan dimana sistem harus beroperasi seperti menentukan urutan, perencanaan, tindakan prioritas utama, jadwal dalam mentukan kontrol tersebut, kontrol dari perangkat lunak. Dapat dikatakan sebagai hubungan antara komponen yang membentuk sebuah konfigurasi sistem, yang akan menghasilkan tanggapan sistem yang diharapkan. Jadi harus ada yang dikendalikan, yang merupakan suatu sistem fisis, yang biasa disebut dengan kendalian.

## 2.5. Variabel Sistem

Setelah menegtahui elemen dari suatu sistem maka terdiri dari beberapa variabel-variabel yang digunakan untuk sistem yang diantaranya: variabel keputusan, variabel *response,*

### 2.5.1. Variabel Keputusan

Variabel keputusan adalah unsur-unsur yang mempengaruhi keputusan dimana keputusan itu terdapat pada saat mengolah data untuk mengetahui apakah data tersebut mempunyai sifat dari independe atau tidak, sedangkan C Harrel mengutip bahwa variabel sistem "sebagai variabel independen dalam percobaan". Maksud dari variabel independen yaitu bersifat terkendali atau tidak terkendali tergantung dari percobaan simulasi atau disebut juga dengan variabel kontrol dimana variabel yang dikendalikan atau dibuat konstan sehingga pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat tidak dipengaruhi oleh faktor luar.

### 2.5.2. Variabel Respon

Setelah membahas variabel keputusan maka selanjutnya menjelaskan tentang variabel respon dimana variabel respon dapat diartikan pula dengan variabel dependen yang tergantung pada pengeturan nilai-nilai dari suatu variabel independen. Perubahan pada faktor ini dipengaruhi juga oleh variabel manipulasi, karena perubahan itu sebagai tanggapan dari faktor lain (variabel manipulasi). Sedangkan variabel respon yang dikutip oleh C harrel (2004), "variabel respon (kadang-kadang disebut kinerja atau variabel output)". Maksudnya variabel output dimana hasil dari pengukuran kinerja sistem dalam menentukan pengaturan variabel keputusan dari jumah entitas suatu variabel respon yang kemudian diproses utnuk suatu periode tertentu.

### 2.5.3. Variabel Status

Mengidentifikasi setiap variabel menjadi variabel yang lebih kecil (suv variabel) merupakan syarat mutlak bagi setiap peneliti. Variabel status adalah variabel yang tidak dapat diubah keberadaannya, sedangakan C Harrel mengutip bahwa variabel status "untuk menunjukan status sistem pada setiap titik waktu tertentu". Dimaksudkan variabel respon sering berubah-ubah dari waktu ke waktu seiring variabel status. Variabel status juga merupakan variabel yang mempunyai nilai dependen (bergantungan), variabel status tidak seperti variabel keputusan dimana dikendalikan dibuat konstan sehingga pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat tidak dipengaruhi oleh faktor luar, variabel ini tidak langsung dikendalian dan bukan dari sebanyak bunga sebagai perilaku ringkasan yang dlaporkan oleh variabel respon.

## 2.6. Definisi Model

Setelah membahas sistem yang dimana terdiri dari 4 elemen sistem yaitu (entitas, aktifitas, sumber daya, dan kontrol) yang kemudian dilanjut dengan pembahasan variabel sistem yang mempunyai jenis-jenis variabel sistem maka pembahasan selanjutnya bagaimana cara membuat model dengan penjelasan awal definisi dari model itu seperti apa. C Harrell (2004) didalam buku *Simulation Using Promodel* menjelaskan "Sebuah model adalah representasi yang disederhanakan dari realitas

yang ada", dengan arti keadaan model diwakili dari peristiwa yang terjadi dengan kondisi yang sebenarnya dimana sebuah proses membutuhkan model konseptual dan mengkonversi ke model simulasi.

Hal ini memerlukan pengetahuan tentang paradigma pemodelan tertentu software simulasi yang digunakan dan keakraban dengan pemodelan konstruksi yang berbeda yang disediakan dalam perangkat lunak. Membangun model melibatkan untuk mengetahui elemen apa yang termasuk dalam model dan cara terbaik mengekspresikan unsur-unsur dalam model. Prinsip penghematan harus selalu diikuti, yang menghasilkan model yang paling minimal mungkin mencapai tujuan simulasi. Akhirnya, kunci sukses pemodelan melihat banyak contoh dan praktek. Model juga dapat diartikan sebagai abstraksi dari realitas dengan hanya memusatkan perhatian pada beberapa sifat dari kehidupan yang sebenarnya. Representasi dari sistem yang disederhanakan pada suatu ruang dan waktu untuk meningkatkan pengertian terhadap sistem lainnya.

### 2.7. Penentuan Tujuan, Ruang Lingkup, dan Kebutuhan

Pada tahap ini yang menjadi fokus utama adalah menentukan tujuan dilaksanakannya proyek simulasi, menentukan ruang lingkup simulasi, dan menentukan kebutuhan apa saja yang diperlukan berkaitan dengan proyek seperti waktu, sumber daya, dan dana. Tahap pertama adalah menentukan tujuan simulasi, tujuan yang ditentukan harus realistis dan memungkinkan untuk dicapai. Penentuan tujaun yang tidak realistis dapat menyebabkan keterlambatan waktu pengerjaan jika sudah ditetapkan sebelum proyek diinisiasi.

Menurut Harrell (2004) tujuan simulasi dikelompokan menjadi beberapa kategori umum yaitu:

1. Analisis performansi, dilakukan untuk mengidentifikasi bagaimana performansi sistem dalam hal utilisasi sumber daya, waktu aliran, tingkat *output* dan sebagainya.
2. Analisis kapasitas, dilakukan untuk mengidentifikasi bagaimana kapasitas produksi atau proses sistem jika dipaksa bekerja secara maksimum, dan mengidentifikasi dimana terjadi *bottleneck*.

3. Perbandingan konfigurasi, dilakukan untuk mengidentifikasi bagaimana suatu konfigurasi sistem memenuhi tujuan performansi dibandingkan dengan konfigurasi yang lain.
4. Optimisasi, dilakukan untuk mengidentifikasi konfigurasi kebijakan tertentu yang dapat mencapai ukuran performansi yang lebih baik.
5. Analisis sensitivitas, dilakukan untuk mengidentifikasi variabel keputusan yang paling berpengaruh pada ukuran performansi, dan seberapa berpengaruh variabel tersebut.
6. Visualisasi, dilakukan untuk menggambarkan bagaimana memvisualisasikan suatu sistem dinamis.

Harrell (2004) menyatakan "pada dasarnya, suatu proyek simulasi dapat memiliki bermacam-macam tujuan dan termasuk kedalam beberapa kategori yang disebutkan." Sebagai contoh adalah studi optimisasi, meskipun proyek simulasi mengisyaratkan suatu studi optimisasi namun di dalamnya juga dapat mencakup visualisasi, perbandingan konfigurasi dan analisis sensitivitas.

### 2.8. Pengumpulan dan Analisis Data Sistem

Ketika tujuan, ruang lingkup dan kebutuhan telah diidentifikasi, prosedur berikutnya adalah melakukan pengumpulan dan analisis data sistem. Harrell (2004) menyatakan bahwa "hasil dari aktivitas pengumpulan data adalah model mental atau konseptual tentang bagaimana sistem dikonfigurasi dan bagaimana sistem beroperasi". Model konseptual tersebut dapat berbentuk sketsa dasar mengenai aliran kerja sistem, deskprisi bagaimana sistem bekerja, atau diagram aliran proses. Pengumpulan data merupakan tahap yang memakan waktu paling lama dari tahap lain dalam prosedur pelaksanaan proyek simulasi.

Harrel (2004) menyebutkan "seringkali aktivitas pengumpulan data berakhir dengan data yang sangat banyak namun dengan sedikit informasi yang berguna, data harus dikumpulkan dengan hati-hati untuk menghidari kesia-siaan tidak hanya waktu pemodelan namun juga individu yang menyediakan data".

Untuk menghindari kesia-siaan waktu tersebut proses pengumpulan data perlu dilakukan secara sistematis, hanya mengumpulkan data yang benar-benar diperlukan dalam proyek. Untuk itu Harrell (2004) menyarankan prosedur pengumpulan data sistem yang efektif, yaitu:

1. Menentukan kebutuhan data

   Pada proses ini data dikumpulkan, Harrell (2004) membagi data menjadi data struktural, data operasional, dan data numeris. Data struktural melibatkan seluruh objek yang akan dimodelkan, meliputi entitas, sumber daya, dan lokasi. Data operasional menunjukan bagaimana sistem beroperasi, meliputi penjadwalan, aliran kerja atau material, dan lain-lain. Sedangkan data numeris merupakan data yang bersifat kuantitatif berkaitan dengan sistem yang dimodelkan, contohnya adalah tingkat kedatangan entitas, waktu proses, dan kapasitas.

2. Mengidentifikasi sumber data

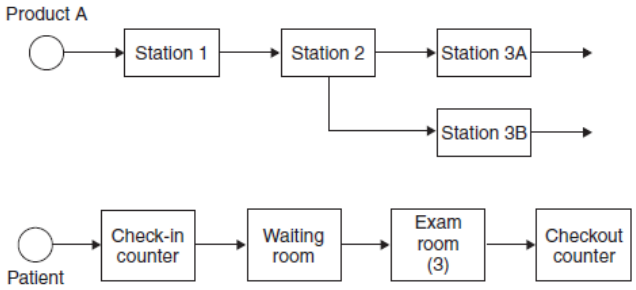
   Pada umumnya, data yang diperlukan tidak diperoleh dari satu sumber melainkan dari berbagai sumber. Harrell (2004) menjelaskan bahwa "jenis-jenis sumber yang akan digunakan pada saat pengumpulan data sebagian besar bergantung pada apakah yang disimulasikan sistem eksisting yang sudah ada atau sistem baru". Sumber data yang digunakan untuk memodelkan sistem yang sudah ada akan berbeda dengan sumber data yang digunakan untuk memodelkan sistem baru. Tergantung dari situasinya, sumber data yang baik menurut Harrell (2004) meliputi:

   1. Catatan historis, seperti produksi, penjualan, tingkat *scrap*, keandalan peralatan.
   2. Dokumentasi sistem, seperti perencanaan proses, *layout* fasilitas, prosedur kerja.
   3. Observasi personal, seperti kunjungan fasilitas, studi waktu, *work sampling*.
   4. Wawancara personal, seperti operator, personil perawatan, insinyur, dan manajer.

5. Perbandingan dengan sistem serupa, di dalam perusahan yang sama atau dalam industri yang sama.
6. Estimasi desain, seperti waktu proses, waktu pergerakan, dan lain-lain.

3. Mengumpulkan data

Proses mengumpulkan data dimulai dengan membuat EFD atau *entity flow diagram* yang memberikan kerangka kerja dalam mengumpulkan data yang diperlukan. EFD menggambarkan bagaimana aliran pergerakan entitas pada lokasi di dalam sistem. Contoh EFD ditunjukan oleh gambar 2.4. Langkah selanjutnya adalah mendeskripsikan operasi sistem. Seperti yang dijelaskan oleh Harrell (2004) "ketika EFD selesai dibuat, deskripsi operasi yang menjelaskan bagaimana entitas diproses sistem harus dibuat." Deskripsi operasi dapat dibuat dalam berbagai bentuk mulai dari deskripsi naratif, prosedur bertahap, dan tabel.




Gambar 2.1. Contoh EFD

4. Membuat asumsi

Asumsi seringkai perlu dibuat, jika data yang diperlukan ternyata tidak tersedia atau tidak reliabel. Hal ini sering terjadi ketika memodelkan sistem baru dimana data-data yang diperlukan cenderung lebih sulit untuk diperoleh. Asumsi dalam hal ini perlu dibuat untuk mengisi data-data yang tidak reliabel atau akurat. Harrell (2004) menyatakan "tidak ada yang salah dengan asumsi ketika melakukan simulasi selama tingkat konfidensi pada hasil tidak melebihi konfidensi pada asumsi yang dibuat".

5. Analisis data

   Pada tahap ini dilakukan analisis mengenai data yang telah dikumpulkan. Pada tahap ini menurut Harrell (2004) penting untuk melakukan identifikasi hubungan sebab dan akibat, penghapusan data yang tidak relevan, isolasi waktu proses, generalisasi aktivitas-aktivitas spesifik, translasi operasi yang kompleks menjadi abstraksi sederhana, dan pemisahan antara variabel sistem dengan variabel respon.

6. Mendokumentasikan data

   Pada tahap ini data yang telah dikumpulkan dan dianalisis didokumentasikan dalam bentuk yang sudah dapat diinputkan pada model simulasi.

## 2.8. Uji Indenpedensi Pola Data

### 2.8.1. Scatter Plot

Terdapat beberapa pengujian seperti *Scatter plot, Autocorrelation,* dan *runs test.* Seperti yang diketahuai "*Scatter plot* adalah suatu uji statistik yang dimunculkan dalam bentuk grafik dengan titik–titik pada grafiknya". Dimaksudkan bahwa ketika pengumpulan data maka dilakukan pengolahan data dengan langkah pertama menguji apakah data dari pengumpulan tersebut bersifat random atau tidak. Pengujian ini dilakukan pada software promodel dimana cara melakukannya dengan menggunakan *stat*::*fit* yang bertujuan untuk mengetahui apakah data yang diolah dengan menggunakan *scatter plot* ini mempunyai jenis data yang independen atau denpenden. Sehingga untuk langkah lebih lanjutnya ketika untuk membuat suatu perancangan sistem dalam menentukan waktu pelayanan apakah data tersebut bisa dirata-ratakan yang bertujuan untuk ketika membuat model diwakilkan cukup hanya satu perancangan.

### 2.8.2. Autocorrelation

Pengujian berikutnya adalah *Autocorrelation* diartikan "sebagai suatu uji statistik untuk mengetahui apakah data berkorelasi atau tidak". Korelasi ini untuk menentukan apakah data bersifat acak (independen) atau tidak (dependen). Untuk

mengetahui sifat dari data tersebut dapat dilihat nilai korelasi yang muncul. Jika grafik berada di satu sisi, baik negatif ataupun positif, maka data yang di proses berkorelasi. Namun jika data berada tidak teratur dan berada di dua sisi secara acak, maka data tidak berkorelasi yang artinya data tersebut bersifat random. Dapat diartikam pula untuk mengetahui ada atau tidaknya penyimpan asumsi klasik autokorelasi yaitu korelasi yang terjadi antara residual pada satu pengamatan dengan pengamatan lain pada model regresi. Sama halnya dengan contoh pengujian *scatter plot.*

### 2.8.3. *Runs test*

Selain dari pengujian *scatter plot* dan *autocorrelation* maka didalam *stat*::*fit* ada pengujian lain yaitu *runs test.”*Runs test adalah suatu uji statistik untuk mengetahui sifat data hasil pengumpulan atau observasi yang kita lakukan bersifat acak atau tidak”. Untuk mengetahui apakah data bersifat acak atau tidak, dapat dilihat dari hasil pengolahan yang telah dilakukan. Jika hasil bertuliskan *REJECT* maka data tersebut bersifat tidak acak (dependen), namun jika hasil bertuliskan *DO NOT REJECT* maka data bersifat acak (independen). Contoh kasus sama halnya dengan contoh-contoh dari pengujian lainnya.

## 2.9. Melakukan Uji Keseragaman Data Dengan Anova

Selain pengujian untuk menentukan pola data dari penjelasan subbab-subbab sebelumnya, pengujian bisa dilakukan dengan pengujian anova. “Analisis Anova menggunakan distribusi F sebagai dasar untuk pengambilan keputusan”.

Distribusi ini mensyaratkan bahwa data berdistribusi secara normal dan skala pengukuran yang digunakan paling tidak interval. Selain itu dalam pengujian ANOVA terdapat satu asusmsi yang harus dipenuhi, yaitu asumsi homogenitas. Ketika hasil dari uji anova ini sejenis maka data dapat dirancang dengan model komputer yang sederhana dan ringkas.