Bab 2
Tinjauan Pustaka

2.1 Simulasi

2.1.1 Pengertian Simulasi

Berdasarkan *Oxford American Dictionary* (1980) Berdasarkan *The Oxford American Dictionary* (1980) yang dikutip oleh Harrell, C., Ghosh, B. K., & Bowden, R (2004) didalam buku *Simulation Using Promodel* simulasi didefinisikan sebagai cara untuk mereproduksi kondisi situasi dengan menggunakan model, untuk pembelajaran, pengujian atau pelatihan. Model yang digunakan adalah model komputer. Lebih lanjutnya Harrel mengatakan bahwa simulasi dapat didefinisikan sebagai imitasi dari sistem dinamis menggunakan model komputer untuk mengevaluasi dan meningkatkan kinerja sistem[1]. Namun seiring perkembangannya simulasi memiliki definisi yang beragam. Berikut ini adalah beberapa definisi simulasi menurut beberapa ahli:

1. Menurut Emshoff dan Simun (1970) simulasi adalah sebagai suatu model sistem dimana komponennya di presentasikan oleh profesor-profesor aritmatika dan logika yang dijalankan komputer untuk memperkirakan sifat-sifat dinamis sistem tersebut.
2. Menurut Shannon (1975) simulasi merupakan proses perencanaan model dari sistem nyata yang dilanjutkan dengan pelaksanaan eksperimen terhadap model untuk mempelajari perilaku sistem sistem atau evaluasi strategi.
3. Menurut Banks dan Carson (1984) simulasi adalah tiruan sistem nyata yang dikerjakan secara manual oleh komputer dan kemudian diobservasi dan disimpulkan untuk mempelajari krakterteristik sistem.
4. Menurut Law dan Kelton (1991) simulasi adalah sekumpulan metode dan aplikasi untuk menirukan atau merepresentasikan perilaku dari suatu sistem

[1] Harrell−Ghosh−Bowden: *Simulation Using ProModel, Second Edition*, McGraw-Hill *Companies* 2004 (halaman-5)

nyata, yang biasanya dilakukan pada komputer dengan menggunakan perangkat lunak tertentu.

5. Menurut Khosnevis (1994) simulasi merupakan proses aplikasi membangun model dari sistem nyata atau usulan sistem, melakukan eksperimen dengan model tersebut untuk menjelaskan perilaku sistem, mempelajari kinerja sistem atau untuk membangunsistem baru sesuai dengan kinerja yang diinginkan.[2]

Bersarkan pengertian diatas dapat disimpulkan bahwa simulasi berhubungan erat dengan sistem dan model. Dalam prkateknya, simulasi biasanya dilakukan menggunakan *software* simulasi komersial seperti ProModel yang memiliki pemodelan yang secara khusus mengkap perilaku dinamis dari sistem. Data-data statistik yang dukumpulkan selama simulasi secara otomatis diringkas untuk dianalisis. *Software* simulasi ini menyediakan animasi grafis yang realistis dari sistem yang dimodelkan seperti yang terlihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 *Simulation Provides Animation Capability*

(Sumber: Harrell−Ghosh−Bowden: *Simulation Using ProModel, Second Edition* McGraw-Hill *Companies* 2004, halaman-6)

[2] http://indrarr.blogspot.co.id/2015/02/definisi-simulasi-menurut-para-ahli.html (diakses terakhir Sabtu, 11 juni 2016 pukul 20:17).

Membuat simulasi dengan menggunakan aplikasi tersebut memungkinkan pengguna dapat mengatur kecepatan animasi dan mengubah nilai parameter-parameter model, simulasi bahkan menyediakan optimisasi tetapi bukan dengan dengan sendirinya melaikan dari hasil skenario-skenario yang dibuat oleh pemodel dalam bentuk algoritma-algoritma dari obiek yang dimodelkan. Metode ini kadang-kadang dikenal juga dengan metode monte carlo karena memiliki kesamaan yaitu hasilnya yang tidak pasti atau bersifat probalistik.

2.1.2 Keunggulan dan Kekurangan Simulasi

Mengapa harus menggunakan simulasi? dikutip oleh Harrell, C., Ghosh, B. K., & Bowden, R (2004) didalam buku *Simulation Using Promodel* mengatakan bahwa selain dapat membuat desain untuk mengambil keputusan simulasi juga dapat digunakan untuk melakukan validasi terhadap keputusan yang dilakukan[3]. Validasi keputusan ini maksudnya adalah apakah keputusan yang diambil itu adalah keputusan terbaik. Selain itu simulasi juga dapat megurangi biaya karena tidak membutuhkan waktu lama dibadingkan teknik *trial and error*. Kekuatan simulasi terletak pada tersedianya metode analisis yang tidak hanya formal dan prediksi, tetepi juga secara akurat memprediksi kinerja bahkan sistem yang paling kompleks sekalipun. Kekurangan simulasi adalah Harrel, C (2004) mengutip bahwa banyak kesahan yang sering ditenui pada *star-up* dari sistem baru atau yang telah dimodifikasi dari sistem yang telah ada sebelumnya[4]. Hal ini terjadi dikarenakan proses dalam pembuatan sitem simulasi tersebut masih belum sesuai dengan kondisi sebenarnya, oleh sebab itu perencanaan diawal atau pada saat membuat konsep sangatlah diperlukan dan dipikirkan sebaik-baiknya agar tidak terjadi kesalahan-kesalahan. Kesalahan-kesalahan yang terjadi pada model simulasi akan menjadikan justru menambah ongkos. Maksudnya adalah kesalahn-kesalahan yang terjadi pada model simulasi membutuhkan waktu yang lama untuk memperbaikinya sehingga membutuhkan biaya tambahan.

---

[3] Harrell−Ghosh−Bowden: *Simulation Using ProModel, Second Edition*, McGraw-Hill *Companies* 2004 (halaman-6).

[4] Harrell−Ghosh−Bowden: *Simulation Using ProModel, Second Edition*, McGraw-Hill *Companies* 2004 (halaman-17).

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 perencanaannya semakin baik dan pengambilan keputusan alat tersebut dapat dipersingkat. Karakter-karakter tersebut adalah sebagai berikut:

a. Mencakup ketergantungan sistem

   Pengertian dari point ini adalah bahwa simulasi itu adalah suatu sistem. Dimana sistem adalah satu kesatuan dari beberapa elemen-elemen yang saling berhubungan satu dengan lainnya baik secara urutan maupun secara funsional. Setiap elemen yang ada pada sistem memiliki fungsinya masing-masing yang saling berhubungan dan berketergantungan. Sehingga dari kesatuan-kesatuan fungsi-fungsi tersebut dapat menghasikan tujuan untuk mencapai sesuatu. Demikian juga dengan model simulasi setiap elemen - elemenya memiliki fungsinya masing-masing yang saling berketergantungan dan tidak dapat berdiri sendiri.

b. Akses untuk sistem variabilitas

   Maksudnya adalah membuat akses sistem harus dapat diukur keandalan dan nilai realibilasnya.

c. Menunjukkan karakteristik dari waktu ke waktu
   Poin ini dapat diarikan bahwa ketika membuat model mempunyai sifat-sifat dan karakteristik dari objek yang akan dimodelkan yang dapat diukur, artinya ketika membuat model simulasi maka objek yang akn disimulasikan memiliki niali-nilai yang dapat dikukur dan tidak konstan dari waktu ke waktu.

d. Apakah lebih murah dari percobaan pada sistem sebenarnya
   Penjelasan dari point ini adalah sebelum memutuskan untuk menyelesaikan suatu permasalahan menggunakan model simulasi sebaiknya terlebih dahulu pertimbangkan apakah biaya yang dikeluarkan lebih murah dari pada menyelesaikan permasalah tersebut sengan metode lain.

e. Apakah lebih menghabiskan waktu dari percobaan pada sistem sebenarnya
   Maksudnya adalah apakah penyelesain dengan metode simulasi akan menghabiskan waktu yang lebih singkat dari pada menyelesaikannya secara langsung terhadap model.

f. Apakah lebih menggangu dari percobaan pada sistem yang sebenarnya
   Maksudnya adalah apakah d penyelesaian dengan metode simulasi lebih mengganggu daripada menyelesaikannya langsung terhadap objek.

g. Memberikan imformasi pada beberapa ukuran kinerja
   Maksudnya adalah apakah dengan melakukan pemecahan masalah dengan menggunakan metode simulasi akan memberikan imformasi tentang ukuran kinerja terhadap senua elemen yang terlibat didalamnya.

h. Apakah penampilannya menarik dan melibatkan minat orang banyak
   Maksudnya adalah apakah model-model simulasi yang dibuat tampak visualisasinya sesuai dengan objek, sehingga dapat mengukur dan mem*valid*asi data agar sistem yang dimodelkan benar.

i. Memberikan hasil yang mudah dipahami dan mudah berkomunikasi
   Dimaksudkan sistem perancangan yang dibuat kemudian melakukan analisis maka didapatkan hasil yang dapat dipahami agar mudah untuk dalam menyimpulkan dan harus melakuakan tindakan yang bagaimana dan seperti apa.

j. Dapat dijalankan dalam kodisi singkat, normal dan lambat
   Maksudnya adalah keuntungan dari simulasi adalah waktunya yang dapat diubah-ubah maksudnya adalah simulasi dapat bekerja sesuai dengan kondisi yang ditetapkan oleh pemodel baik dengan waktu cepat, normal dan lambat.

k. Fokus terhadap detail pada sistem
   Maksudnya adalah dalam membuat simulasi harus detail terhadap suatu sistem sehinnga simulasi yang dibuat memiliki tujuan dan data *output* yang jelas.

2.1.3 Jenis-jenis Simulasi

Penggolongan simulasi dilakukan berdasarkan sifat dan cara kerjanya. Secara umum kategori simulasi dibedakan menjadi tiga yaitu:

1. Simulasi statis atau simulasi dinamis
2. Simulasi stokastik atau simulasi deterministik
3. Simulasi sistem diskrit atau simulasi sitem kontinyu.

2.1.3.1 Simulasi Statis dan Simulasi Dinamis

Menurut Harrell, C., Ghosh, B. K., & Bowden, R (2004) didalam buku *Simulation Using Promodel*, pada kategori pertama simulasi dibagi menjadi dua jenis yaitu simulasi statis dan simulasi dinamis[5]. Lebih lanjut Harrel menjelaskan bahwa simulasi statis dan simulasi sitem dinamis. Sistem statis merupakan simulasi sistem

[5] Harrell−Ghosh−Bowden: *Simulation Using ProModel, Second Edition*, McGraw-Hill *Companies* 2004 halaman-48.

yang tidak bergantung atu berdasar terhadap waktu, namun biasanya simulasi ini melibatkan pengambilan sampel yang acak untuk mensimulasikan *output* statistik yang dapat dianalisis. Berdasarkan pernyataan tersebut dapat disimpulkan bahwa simulasi sitem dinamis tidak dipengaruhi oleh waktu karenya tidak akan ada perubahan dari waktu ke waktu. Simulasi sistem statis menghasilkan *output* melauli bilangan acak atau random dan berlaku hanya pada saat bilangan random itu dibuat. Hal ini justru berbeda dengan sistem simulasi dinamis. Harrel menjelaskan bahwa simulasi dinamis sangat bergantung terhadap perubahan waktu, stausnya selalu berubah-ubah sepanjang waktu, mekanisme jam akan bergerak sejalan dengan waktu dan status dari variabelnya juga akan berubah seiring berubahnya waktu. Karen itu simulasi dinamis merupakan simulasi yang cocok untuk memodelkan sistem yang memiliki pola yang dinamis juga, seperti sistem manufaktu dan jasa.

2.1.3.2 Simulasi Stokastik dan Simulasi Deterministik

Kategori selanjutnya adalah simulasi stokastik dan simulasi deterministik. Menurut Harrell, C., Ghosh, B. K., & Bowden, R (2004) didalam buku *Simulation Using Promodel*,hal 25, simulasi stokastik dan siimulasi determisnistik merupakan simulasi yang dimana variabel *input*nya bersifat acak atau random[6]. Nilai variabel *input* yang bersifat acak menyebabkan *output* dari simulasi stokastik juga bersifat acak. Dalam simulasi stokastik simulasi harus dijalankan secara berulang atau dijalankan dengan beberapa replikasi untuk mendapatkan *output* yang akurat. Simulasi deterministik bertolak belakang dengan simulasi stokastik karena pada simulasi ini variabel *input* tidak ada satupun yang sifatnya acak. Pada simulasi deterministik ini *output* yang dihasilkan akan bersifat konstan dan tergantung terhadap variabel *input*nya. Simulasi deterministik akan menghasilkan *output* yang tetap apabila *input*nya tetap, dan juga sebaliknya simulasi ini akan memiki *output* yang tiak tetap apabila *input*nya juga tidak tetap. Berbeda dengan simulasi stokastik yang harus dijalankan berulang-ulang untuk mendapatkan hasil yang optimal,

[6] Harrell−Ghosh−Bowden: *Simulation Using ProModel, Second Edition*, McGraw-Hill *Companies* 2004 halaman-48.

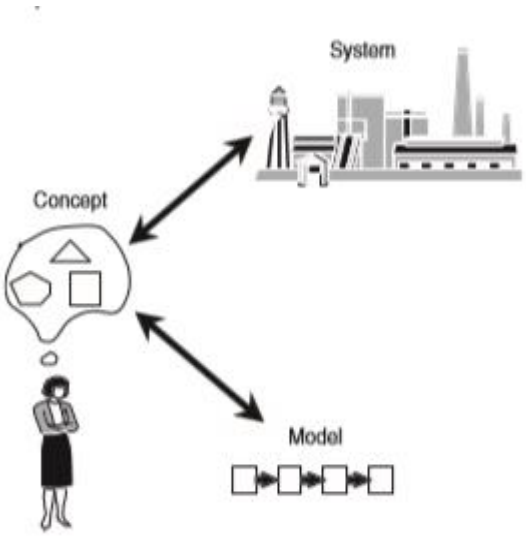
simulasi deterministik hanya perlu dijankan sebanyak satu kali untuk mendapatkan *output* yang optimal.

2.1.3.3 Simulasi Sistem Diskrit dan Simulasi Sitem Kontinyu

Menurut Harrell, C., Ghosh, B. K., & Bowden, R (2004) didalam buku *Simulation Using Promodel*, simulasi diskrit diartikan sebagai simulasi yang dimana perubahan status terjadi pada titik-titik waktu diskrit yang ditandai dengan suatu kejadian. Perubahan status ini dipicu oleh suatu kejadian yang terjadi pada waktu tertentu. Sedangkan simulasi sistem kontinyu, perubahan status variabel terjadi sepanjang waktu. Simulasi sistem kontinyu menggunakan persamaan diferensial untuk menentukan tingkat perubahan status variabelnya.

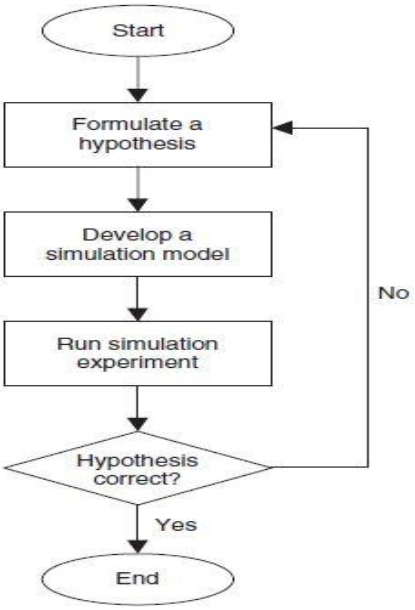
2.1.4 Langkah-langkah Pembuatan Simulasi

Simulasi hampir selalu dilakukan sebagai bagian dari proses yang lebih besar dari desain sistem atau proses perbaikan. Maksud dari desain sistem atau peningkatan proses dimana dalam merencanakan desain yang dibuat harus adanya peningkatan berupa solusi-solusi yang dihasilkan sebagai alternatif dimana hasil dapat dievaluasi dan menghasilkan solusi yang terbaik untuk kemudian dipilih lalu diterapkan. Model ini dijalankan untuk dioperasikan dari waktu ke waktu. Rata-rata dan variansi seluruh model berjalan independen dari simulasi yang dibuat untuk memberikan statistik perkiraan kinerja model, maka dari itu melalui proses yang berulang-ulang dari pemodelam, simulasi, dan analisis. Desain atau melakuan perancangan model yang diambil dari peristiwa atau kondisi yang terjadi dan nyata, adanya pembuatan konsep yang saling berkaitan antara pemikiran penentuan model dengan sistem. Hal terpenting dalam membuat model dan sistem adalah bagaimana pemodel menuangkan sistem sebenarnya kedalam model seperti terlihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Visualisasi Sistem Sebenarnya Menjadi Model.

(Sumber: Harrell−Ghosh−Bowden: *Simulation Using ProModel, Second Edition*, McGraw-Hill *Companies* 2004 halaman-9)



Gambar 2.3. Proses dari Simulasi Percobaan

(Sumber: Harrell−Ghosh−Bowden: *Simulation Using ProModel, Second Edition*, McGraw-Hill *Companies* 2004 halaman-10)

Flowchart proses dari simulasi percobaan dimana langkah pertama melakukan perumusan hipotesis bagaimana desain atau kebijakan operasional bekerja dengan baik. Langkah kedua dari *Flowchart* menyiapkan percobaan, dimana percobaan atau eksperiman direncanakan terlebih dahulu seperti menentukan bagaiman sistem

yang dibuat. Langkah ketiga melakukan serta menjalankan simulasi dari percobaan yang dibuat, dimana pengujian hipotesis dilakukan melalui percobaan-percobaan yang dibuat. Langkah keempat menganalisis kesimpulan tentang *validitas* hipotesis, jadi apakah hipotesis yang telah diuji itu benar atau salah, ketika pengujian salah atau tidak *valid* maka melakuan perumusan hipotesis ulang, sedangkan ketika dalam pengujian uji *validitas* itu benar maka dapat dianalisis hasil dari simulasi dan dapat menarik kesimpulan tentang hipotesis tersebut.

2.1.5 Perkembangan Simulasi

Simulasi pertamakali digunakan sebagai aplikasi komersial pada tahun 1960. Model simulasi kebanyakan dibuat menggunakan FORTRAN dan menggunakan ribuan baris kode.[7]

Barulah pada beberapa dekade terkahir, simulasi mulai berkembang secara signifikan. Perkembangan teknologi yang semakin pesat merupakan salah satu sebab terbesar perkembangan simulasi. Pengembangan kapabilitas komputer dalam mengolah data membuat proses pembuatan model simulasi menjadi lebih cepat. Selain itu perkembangan program-program simulasi juga menjadikan simulasi tidak hanya alat yang hanya dapat digunakan oleh para ahli.

Perkembangan simulasi yang demikian pesat menjadikan simulasi semakin banyak digunakan dalam bisnis baik bidang manufaktur maupun jasa. Sistem manufaktur yang mencakup sistem produksi, sistem pergudangan, dan sistem distribusi merupakan sistem yang cocok untuk dimodelkan. Sistem-sistem tersebut beresiko tinggi terhadap kondisi proses bisnis perusahaan jika operasinya tidak direncanakan dengan baik. Harrell (2004) mengutip Harrington yang menjelaskan bahwa "80 persen dari seluruh proses bisnis adalah proses repetitif dan dapat dianalisis menggunakan analisis yang sama yang digunakan untuk perbaikan sistem

[7] Harrell−Ghosh−Bowden: *Simulation Using ProModel, Second Edition*, McGraw-Hill *Companies* 2004 halaman-10

manufaktur[8]". Perkembangan simulasi ini terus mengalami perkebangan sesuai dengan perkembangan teknologi dengan kata lain perkembangan teknologi berbanding lurus dengan perkembangan teknologi.

2.1.6 Penentuan Tujuan, Ruang Lingkup dan Kebutuhan Simulasi

Pada tahap ini yang menjadi fokus utama adalah menentukan tujuan pembuatan simulasi, menentukan ruang lingkup simulasi, dan menentukan kebutuhan apa saja yang diperlukan berkaitan dengan proyek seperti waktu, sumber daya, data 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 simulasi dirancang. Menurut Harrell, C., Ghosh, B. K., & Bowden, R (2004) didalam buku *Simulation Using Promodel*, 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.

---

[8] Harrell−Ghosh−Bowden: *Simulation Using ProModel, Second Edition*, McGraw-Hill *Companies* 2004 halaman-11

6. Visualisasi, dilakukan untuk menggambarkan bagaimana memvisualisasikan suatu sistem dinamis.

Harrell, C., Ghosh, B. K., & Bowden, R (2004) didalam buku *Simulation Using Promodel* juga menyatakan "pada dasarnya, suatu proyek simulasi dapat memiliki bermacam-macam tujuan dan termasuk kedalam beberapa kategori yang disebutkan. Tahap selanjutnya adalah menentukan ruang lingkup proyek simulasi. Harrell, C., Ghosh, B. K., & Bowden, R (2004) didalam buku *Simulation Using Promodel,* menjelaskan bagaimana pentingnya menetapkan ruang lingkup karena merupakan spesifikasi dari model yang dibangun, terutama dalam kaitannya dengan ekspektasi pihak lain mengenai bagian-bagian yang dimodelkan dalam simulasi. Penentuan ruang lingkup menjadi bagian yang penting karena berkaitan dengan elemen-elemen apa saja di dalam sistem yang akan dimodelkan di dalam simulasi. Ruang lingkup harus ditentukan berkaitan dengan tujuan dilakukannya simulasi, agar model simulasi yang dibangun dipastikan dapat bekerja sesuai dengan objek yang disimulasikan.

2.2 Sistem

2.2.1 Pengertian Sistem

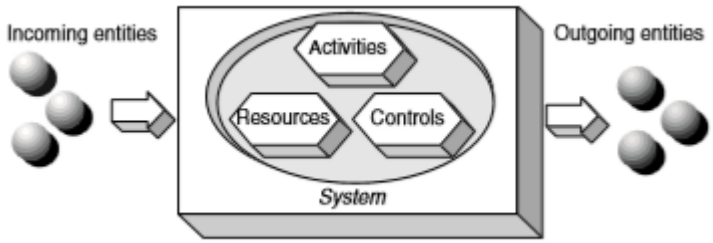
Berdasarkan pembahasan tentang simulasi yang telah dilakukan sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa simulasi sangat berhubungan dengan sistem dan model. Pengertian sistem menurut Blanchard (1991) yang dikutip oleh C Harrel (2004) sistem yang digunakan disini, didefinisikan sebagai "kumpulan elemen yang berfungsi secara bersamaan untuk mencapai suatu tujuan yang diinginkan".[9] 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

[9] Harrell−Ghosh−Bowden: *Simulation Using ProModel, Second Edition*, McGraw-Hill *Companies* 2004 halaman-25.

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.

2.2.2 Elemen Sistem

Berdasarkan sudut pandang simulasi, sebuah sistem dapat merupakan gabungan dari entitas, aktivitas, sumber daya dan *control* (untuk lebih jelasnya lihat gambar 2.4). Elemen ini menggambarkan siapa, apa, dimana, kapan dan bagaimana proses yang dialami oleh entitas.



Gambar 2.4 Elemen dari Sebuah Sistem

(Sumber: Harrell−Ghosh−Bowden: *Simulation Using ProModel, Second Edition*, McGraw-Hill *Companies* 2004 halaman-27)

2.2.2.1 Entitas

Entitas merupakan item yang akan diproses dalam sistem seperti produk, pelanggan dan dokumen[10]. Entitas yang berbeda-beda memilki karakteristik yang unik dan berbeda seperti biaya, bentuk, prioritas, kualitas dan kondisi. Entitas dapat dibagi kedalam beberapa jenis. Pembagian entitas adalah sebagai berikut:

1. Manusia atau bernyawa (pelanggan, pasien, operator dan lain-lain.)
2. Benda atau tidak bernyawa (dokumen, mesin, mobil dan lain-lain)
3. Tidak berwujud (panggilan, surat elektronik dan lain-lain)

[10] Harrell−Ghosh−Bowden: *Simulation Using ProModel, Second Edition*, McGraw-Hill *Companies* 2004 halaman-26.

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.

2.2.2.2 Aktivitas

Tahapan kedua dari elemen sistem adalah aktifitas atau kegiatan dimana Harrell, C., Ghosh, B. K., & Bowden, R (2004) didalam buku *Simulation Using Promodel*, mendefinisikan bahwa kegiatan adalah "tugas yang dilakukan dalam sistem yang baik secara langsung atau secara tidak langsung terlibat dalam pengolahan entitas".[11] 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. Aktivitas biasanya diklasifikasikan menjadi tiga yaiutu:

1. Proses terhadap entitas (pendaftaran, perawatan, pemeriksaan, pabrikasi dan yang lainnya).
2. Pergerakan entitas dan sumber daya (alat angkut forklift, penggunakan elevataor ataupun conveyor dan yang lainnya).
3. Penyetelan, perawatan dan perbaikan terhadap sumber daya (pengaturan mesin, perbaikan mesin *photocopy* dan yang lainnya).

2.2.2.3 Sumber Daya

Harrell, C., Ghosh, B. K., & Bowden, R (2004) didalam buku *Simulation Using Promodel*, disini mengartikan sumber daya adalah "cara dimana kegiatan yang dilakukan"[12]. Sumber daya disini adalah suatu nilai dimiliki oleh suatu unsur

---

[11] Harrell−Ghosh−Bowden: *Simulation Using ProModel, Second Edition*, McGraw-Hill *Companies* 2004 halaman-26.

[12] Harrell−Ghosh−Bowden: *Simulation Using ProModel, Second Edition*, McGraw-Hill *Companies* 2004 halaman-26.

tertentu dalam kehidupan, tetapi sumber daya tidak selalu bersifat fisik tetapi juga tidak berwujud. Contoh dari sumber daya adalah sebagai berkut:

1. Manusia atau bernyawa (pelanggan, pasien, operator dan yang lainnya)
2. Benda atau tidak bernyawa (dokumen, mesi, mobil dan yang lainnya)
3. Tidak berwujud (panggilan, surat elektronik dan yang lainnya)

Sumber daya juga dapat diklasifikasikan menjadi sumber daya bersama. Selain itu ada pula sumber daya yang kekal dan sumber daya yang dapat berubah baik menjadi lebih besar maupun menjadi hilang. Lebih lanjutnya sumber daya juga dibagi menjadi sumber daya yang dapat diperbaharui dan sumber daya yang tidak dapat diperbaharui.

2.2.2.4 Kontrol

Setelah membahas entitas, aktifitas, *resources* maka C Harrel (2004) juga menjelaskan mengenai kontrol. Harrell, C., Ghosh, B. K., & Bowden, R (2004) didalam buku *Simulation Using Promodel*, mengutip bahwa *"*Kontrol menjelaskan bagaimana, kapan, dan dimana kegiatan dilakukan"[13]. 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. Contoh-contoh dari kontrol daintaranya adalah sebagai berikut:

1. *Routing sequences.*
2. Perencanaan produksi.
3. Jadwal kerja.

[13] Harrell−Ghosh−Bowden: *Simulation Using ProModel, Second Edition*, McGraw-Hill *Companies* 2004 halaman-27.

4. Tinkat prioritas tugas-tugas.
5. Kontrol perangkat lunak.
6. Lembar intruksi (dokumen instruksi).

2.2.3 Kompeksifitas Sistem

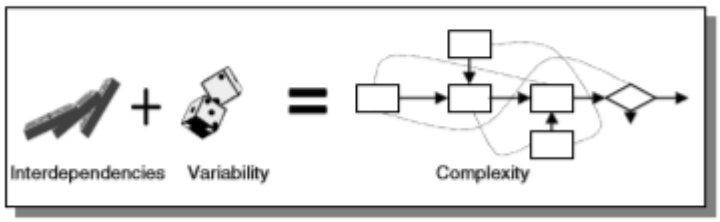
Elemen dari suatu sistem beropersi dengan keterkaitan satu dengan yang lainnya sehingga sering mengakibatkan sistem menjadi kompleks. Ada dua faktor yang mengakibatkan sistem menjadi kompleks yaitu:

a. Saling ketergantungan

   Saling ketergantunganmenyebabkan perilaku elemen yang saling mempengaruhi dalam sistem. Misalnya jika mesin rusak operator perbaikan akan memperbaiki mesin. Hal ini menyebabkan operai-operasi setelah mesin menjadi terganggu karena mesin yang rusak menjadi tidak beroperasi. Hal ini akan saling menyambung ke operasi-operasi yang lainnya membentuk suatu aliran seperti efek domino.

b. Berubah-ubah (variabelitas)

   Variabilitas yang melekat pada karakteristik sistem yang melibatkan manusia dan mesin. Misalnya ketidakpastian dalam pengiriman dari pemasok, kegagalan peralatan acak, absensi yang tidak terduga dan permintaan yang berubah-ubah menciptakan kekacauan dalam operasi sistem. Variabilitas yang tidak terduga dan saling ketergantungan elemen dalam sistem membuat sistem menjadi lebih kompleks dan tidak terduga.



Gambar 2.5 Hubungan *Interdependencies* dan *Variability* Terhadap *Complexity*.
(Sumber: Sumber: Harrell−Ghosh−Bowden: *Simulation Using ProModel, Second Edition*, McGraw-Hill *Companies* 2004 halaman-28)

Kedua faktor diatas merupakan karakteristik dari maunisia ketika membuat sistem. Jadi setiap manusia memiliki persepsi yang berbeda-beda ketika membuat sistem berdasarkan berdasarkan objek sebenarnya.

2.2.4 Variabel Sistem

Mendesain suatu sistem baru atau mengembangkan sebuah sistem yang telah ada sebelumnya memerlukan lebih banyak identifikasi terhadap elemen dan tujuan dari kinerja sistem tersebut. Hal ini memerlukan sebuah pemahaman terhadaap bagaimana elemen sistem saling memepengaruhi antara suatu elemen dan elemen yang lainnya yang berda dalam sistem tersebut. Untuk memahami hubungan ini, maka kita haru memahami tiga jenis variabel sistem. Ketiga variabel sistem tersebut adalah sebagai berikut:

1. *Decision variables* (variabel keputusan).
2. *Response variables* (variabel respon atau jawaban).
3. *State variables* (variabel status).

2.2.4.1 *Decision Variables* (Variabel Keputusan)

Decision variables (variabel keputusan) juga disebut sebagai faktor *input* pada SimRunner) terkadang disebut sebagai variabel independen dalam percobaan. Mengubah nilai-nilai dari vaariabel independen sistem ini akan mempengaruhi perilaku sistem[14]. Variabel independen dapat berupa variabel yang terkendali maupun variabel yang tidak terkendali tergantung apakan eksperimen yang dilakukan dapat memanipulasi variabel tersebut. Contoh dari variabel terkendali adalah jumlah operator untuk menetapkan jadwal kerja dilakukan satu atau dua shift. Variabel terkendali disebut sebagai variabel keputusan dikarenakan pembuat keputusan atau eksperimen mengontrol nilai-nilai variabel. Sedangkan contoh variabel tidak terkendali adalah waktu untuk layanan pelanggan atau tingkat kesalahan suatu operasi. Hal yang paling penting untuk dipahami dalam variabel keputusan ini adalah bahwa beberapa variabel yang mudah berubah daripada

[14] Harrell−Ghosh−Bowden: *Simulation Using ProModel, Second Edition*, McGraw-Hill *Companies* 2004 halaman-33.

variabel yang lain. Ketika melakukan eksperimen solusi final sering didasarkan pada biaya, maksudnya adalah apakah biaya yang dikeluarkan untuk melakukan perubahan lebih besar daripada biaya yang akan dihasilkan oleh perunbahan tersebut. Jika biaya yang dikeluarkan lebih besar maka keputusannya adalah jangan melakukan perubahan tersebut, akan tetapi apabila biaya yang dikeluarkan lebih kecil maka keputusannya adalah lakukan perubahan tersebut.

2.2.4.2 *Respon Variables* (Variabel Respon)

Variabel respon atau kadang-kadang disebut kinerja atau variabel *output* adalah mengukur kinerja sistem dalam menanggapai atau mengatasi pengaturan terhadapa variabel keputusan tertentu. Sebuah variabel respon memungkinkan jumlaha entitas diproses untuk suatu periode tertentu, pemamfaatan sumberdaya secara merata. Dalam sebuah eksperimen variabel respon adalah variabel dependen yang tergantung pada pengaturan nilai dari variabel independen[15]. Eksperimen tidak memanipulasi variabel dependen, tetapi hanya memanipulasi atau merubah variabel independen atau variabel keputusan. Lebih jelasnya tujuan dalam perencanaan sistem adalah menemukan nilai sesuai terhadap nilai respon atau pengaturan dari variabel keputusan yang memberikan nilai respon yang diinginkan.

2.2.4.3 *State Variables* (Variabel Status)

Variabel status menunjukkan status sistem secara spesifik pada rentang waktu tertentu. Contoh dari variabel status adalah jumlah entitas yang menunggu untuk diproses atau status terkini (sibuk, menganggur atau turun) dari sumber daya tertentu. Variabel respon sering menjelaskan perubahan keadaan variabel dari waktu ke waktu. Variabel status tergantung terhadap variabel respon dan variabel respon bergantung terhadap variabel independen atau variabel keputusan. Dengan kata lain ketiga variabel tersebut saling ketergantungan antara variabel satu dengan variabel lainnya. Variabel status sering diabaikan dalam ekperimen karena varibel tersebut tidak langsung dikontrol seperti variabel keputusan dan tidak

[15] Harrell−Ghosh−Bowden: *Simulation Using ProModel, Second Edition*, McGraw-Hill *Companies* 2004 halaman-34.

mempengaruhi perilaku dari sistem seperti halnya yang dilakukan oleh variabel repon.

2.3 Pengumpulan dan Analisis Data

Pengumpulan data dan melakukan analisis data merupakan hal penting dalam membuat sistem simulasi, kesalahan yang terjadi pada saat pengumpulan data mengakibatkan hasil dari simulasi yang tidak *valid*. Harrell, C., Ghosh, B. K., & Bowden, R (2004) didalam buku *Simulation Using Promodel*,langkah-langkah yang tepat untuk melakukan pengumpulan dan analisis data sistem adalah sebagai berikut:

1. Menentukan kebutuhan data

   Harrell, C., Ghosh, B. K., & Bowden, R (2004) didalam buku *Simulation Using Promodel*, membagi data menjadi data srutural dan data operasional dan data numeris. Data struktural merupakan keatuan dari elemen-elemen seperti entitas yang terdiri dari produk dan pelanggan dan yang lainnya. Kemudian sumberdaya yang terdiri dari operator dan mesin yang digunakan. Serta lokasi ruang kerja yang biasa disebut dengan istilah workstation biasanya istilah ini digunakan dalam lantai produksi. Data struktutal biasanya biasanya berisikan imformasi yang terstuktur yang pada dasarnya menggambarkan suatu konfigurasi dari sebuah sistem yang bertujuan untuk proses selanjutnya. Data operasional adalah data-data yang dibutuhkan untuk melakukan pengumpulan data. Data operasional menjelaskan bagaimana sistem beroperasi berdasrkan waktu , tempat dan bagaimana peristiwa dan kegiatan berlangsung. Data operasional juga bisa dijadikan sebagai batasan pengertian pedoman untuk melakukan suatu kegiatan atau pekerjaan penelitian. Data numerik Data numerik biasanya berupa nilai-nilai yang dapat dioperasikan atau dikalkulasikan dengan berbagai faktor atau membuat batasan-batasan dan menetukan apakah batasan atau nilai-nilai dapat dikontrol melalui beberapa intervensi. Biasanya mempunyai tujuan seperti menjelaskan, meramalkan, dan

mengontrol batasan dari nilai-nilai melalui pengumpulan data terfokus dari data numerik.

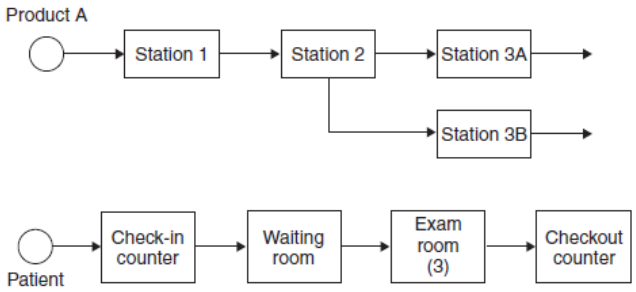
2. Mengidentifikasi sumber data

   Pada proses ini yang dilakukan adalah megidentifikasi sumber-sumber data yang diperlukan dalam membuat model. Sumber data yang digunakan biasanya tidak tergantung pada satu sumber data saja namun biasanya berasal dari berbagai sumber. Menurut Harrell, C., Ghosh, B. K., & Bowden, R (2004) didalam buku *Simulation Using Promodel*,sumber data yang baik adalah:

   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.
   4. Wawancara personal, seperti operator, insinyur, dan manajer.
   5. Perbandingan dengan sistem serupa, di dalam perusahan yang sama atau dalam industri yang sama.
   6. Klaim *vendor*, seperti waktu proses dan keandalan mesin.
   7. Estimasi desain, seperti waktu proses, waktu pergerakan, dan lain-lain.
   8. Literatur hasil riset, seperti hasil riset mengenai kurva belajar, dan *predetermined time studies*.

3. Mengumpulkan data

   Pada tahap ini data-data yang diperlukan yang sudah ditetapkan sebelumnya dikumpulkan. Menurut Harrell, C., Ghosh, B. K., & Bowden, R (2004) didalam buku *Simulation Using Promodel*, Proses mengumpulkan data dimulai dengan membuat EFD atau *entity flow diagram* yang memberikan kerangka kerja dalam mengumpulkan data yang diperlukan.



Gambar 2.6. Contoh EFD

(Sumber: Sumber: Harrell−Ghosh−Bowden: *Simulation Using ProModel, Second Edition*, McGraw-Hill *Companies* 2004 halaman-132)

4. Membuat asumsi

   Membuat asumsi dalam melakukan penelitian adalah hal penting untuk dibuat. Hal ini sering terjadi dikarenakan data-data yang diperlukan cende*Run*g susah untuk diperoleh. Asumsi yang duilakukan berdampak terhadap *output* model yang ketika dilakukan vlidasi model yang dibuat tidak *valid*. Harrell, C., Ghosh, B. K., & Bowden, R (2004) didalam buku *Simulation Using Promodel* menyatakan bahwa tidak ada yang salah dengan asumsi data yang dilakukan dalam membuat simulasi dengan catatan tingkat konfidensi pada data hasil tidak melebihi konfidensi pada asumsi data yang dibuat. Atinya pemodel dapat melakukan asumsi asalkan asumsi yang dilakukan masih dalam hal yang wajar dan masuk akal.

5. Analisis data

   Data yang telah dikumpulkan perlu dianalisis agar menjadi bentuk yang dapat di*input*kan pada model. Pada tahap ini menurut Harrell, C., Ghosh, B. K., & Bowden, R (2004) didalam buku *Simulation Using Promodel* 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. Dalam melakukan proses analisis, pengujian-pengujian statistik seringkali

diperlukan untuk mengidentifikasi karakteristik data. Pengujian-pengujian tersebut daintaranya adalah:

1. Uji independensi data

   Uji independensi merupakan pengujian statistik untuk menguji apakah data bersifat random atau tidak dilakukan dengan tujuan sebagai syarat menetapkan distribusi teoritis data. Uji indepensi data dapat dilakukan dengan bantuan *Run* test pada *software* Stat:Fit. Dalam uji indepensi data menggunakan *Run* test ada dua pengujian *Run* yang diuji yaitu *uji turning points* dan uji median. Syarat yang harus dipenuhi agar data dapat dikatatan independen adalah denga melihat result pada *uji turning points* dan uji median harus menghasilkan keputusan DO NOT REJECT.

2. Uji homogenitas data

   Uji homogenitas merupakan proses pengujian statistik yang bertujuan untuk menguji apakah suatu data memiliki keidentikan distribusi atau tidak, dengan asumsi data bersifat independen. Pengujian homogenitas dapat dilakukan dengan bantuan beberapa *software*, salah satunya adalah metode ANOVA pada *Tollpak* Ms.Excel. Pada *Tollpak* Ms.Excel yang dipilih adalah metode *One Way* ANOVA(Sinle factor). Syarat data dapat dikatan homogen adalah dengan membadingkan nilai F dengan nilai F*critical* dimana ketentuannya nilai F < F *critical*, dan perbandingan nilai P-*value* > 0.05.

3. Melakuan penentuan distribusi

   Penentuan distribusi dapat menggunakan bantuan Auto::Fit pada *software* promodel. Dalam pengujian ini data yang akan diuji akan di*input* kedalah lembar kerja Stat::Fit kemudian pilih Auto::Fit dan tentukan jenis data. Ada dua jenis data pilihan yaitu data kontinius dan diskrit. Setah itu data yang d*input* akan secara otomatis dilakukan pengujian terhadap distribusi. *Output* dari proses ini menjelaskan

tentang jenis distribusi apa saja yang sesuai dengan data tersebut disertai dengan nilai rank penerimaanya, dimana nilai rank yang tertinggi secara toritis terpilih menjadi ditribusi terbaik.

4. *Independent Samples Test*

   Pengujian ini bertujuan untuk melakukan uji *validitas* dari data *output* simulasi. Pengujian dilakukan terhadap rata-rata populasi dari data *output* dan rata-rata data aktual. Pengujian dilakukan dengan bantuan *software* SPSS. Dengan prosedur sebagai berikut:

   Membuat hipotesis

   - H_0 : Kedua rata-rata populasi identik
   - H_1 : Kedua rata-rata populasi tidak identik

   Dengan ketentuan:

   - Tolak Ho jika nilai probabilitas (sig(2 tailed)) < 0.05 (terima Ho jika niali probabilitas (sig(2 tailed)) > 0.05 , artinya jika nilai probabilitas lebih keci dari 0.05 maka Ho ditolak sehingga kesimpulannya adalah kedua rata-rata populasi tidak identik.
   - Tolak H_1 jika nilai probabilitas (sig(2 tailed)) > 0.05 (terima Ho jika niali probabilitas (sig(2 tailed)) < 0.05 , artinya jika nilai probabilitas lebih besar dari 0.05 maka H_1 ditolak sehingga kesimpulannya adalah kedua rata-rata populasi adalah identik.

6. Mendokumentasikan data

   Pada tahap ini data yang telah dikumpulkan dan dianalisis didokumentasikan dalam bentuk yang sudah dapat di*input*kan pada model simulasi.

2.4 Model

2.4.1 Pengertian Model

Model adalah representasi sederhana dari kejadian sebenarnya[16], sehingga model tidak menggambarkan secara mendetail dari kejadian tersebut. Sedangkan pengertian model simulasi adalah representasi komputer tentang bagaimana perilaku dan interaksi dari elemen-elemen yang terkandung dalam suatu sistem tertentu[17]. Representasi internal dari sebuah sistem mungkin tidak sama persis dengan objek atau sistem yang disumlasikan. Namun imformasi yang dihasilkan oleh model simulasi tersebut tetap menggambarkan imformasi yang dihasilkan oleh kejadian yang sebenarnya, dengan kata lain imformasi antara model dengan kejadian yang sebenarnya harus identik. Salah satu aplikasi yang dapt digunakan untuk membuat model simulasi adalah ProModel.

Kebanyakan model, terutama model yang dibangun oleh pemula cenderung mengalami kesalahan. Kesalahan tersebut dapat berupa model yang terlalu rinci maupun model yang terlalu umum. Kebanyakan kesalahan tersebut cenderung kepada bagaimana cara yang tepat untuk membuat sistem beroperasi (kadang-kadang disebut dengan dimulasi). Kesalahan selanjutnya adalah sulitnya untuk membuat model yang sangat rinci, tetapi sulit juga untuk menjalankan dan memeihara model tersebut.

2.4.2 Elemen Struktural

Sebagian besar objek model mewakili elemen struktural dari sebuah sistem seperti mesin, orang, item yang bekerja dan lokasi kerja. untuk lebih jelasnya berikut ini akan dijelaskan pengklasifikasian objek sederhana yang digunakan oleh ProModel:

1. Entitas—merupakan item yang diproses dalam sistem.
2. Lokasi—merupakan tempat dimana entitas akan diproses.

---

[16] Harrell−Ghosh−Bowden: *Simulation Using ProModel, Second Edition*, McGraw-Hill *Companies* 2004 halaman-173.
[17] Harrell−Ghosh−Bowden: *Simulation Using ProModel, Second Edition*, McGraw-Hill *Companies* 2004 halaman-172.

3. Sumberdaya—perwakilan yang digunakan dalam pegolahan atau pemrosesan entitas.
4. Jalur—merupakan alur pergerakan untuk entitas dan sumber daya pada sistem[18].

2.4.2.1 Entitas

Entitas merupakan objek yang akan diproses dalam model simulasi yang mewakili input dan *output* dari sistem. Entitas dalam sebuah sistem memiliki karakteristik yang khusus seperti; kecepatan (*speed*), ukuran, kondisi dan sebagainya. Entitas memilki satu atau lebih *routing* yang berbeda dalam sistem. *Routing* ini merupakan urutan kejadian yang dialami oleh entitas. *Routing* dibuat berdasarkan kejadian atau kondisi objek yang sebenarnya. Pada *routing* terdapat lokasi tujuan yang akan dituju oleh entitas.

2.4.2.2 Lokasi

Lokasi merupakan tempat atau area yang ada didalam sebuah sistem yang akan dituju oleh entitas untuk diproses. Contoh lokasi adalah ruang perawatan, workstation, check in point, antrian, kedatangan ataupun tempat penyimpanan. Lokasi memiliki kapasitas, artinya sebuah lokasi memiliki jumlah maksimum entitas yang dapat memasukinya. Lokasi juga memiliki input dan *output* khusus seperti prioritas tertinggi dan First In First Out (FIFO). Dalam simulasi lokasi dapat memberikan imformasi yang dibutuhkan oleh pemodel, seperti rata-rata pelanggan dalam lokasi antrian atau rata-rata rak dalam penyimpanan. Selain itu lokasi juga dapat digunakan untuk mmengetahui waktu yang digunakan oleh entitas pada setiap lokasi. Imformsi yang dihasilkan oleh lokasi tersebut bianyan berupa data-data statistik.

---

[18] Harrell−Ghosh−Bowden: *Simulation Using ProModel, Second Edition*, McGraw-Hill *Companies* 2004 halaman-175.

2.4.2.3 Sumber Daya

Sumber daya adalah perantara atau pelaku yang digunakan untuk memproses entitas dalam sebuah sistem. Sumber daya dapat bersifat statis maupun bersifat dinamis tergantung terhadap sumberdaya tersebut, apakah sumber daya tersebut bersifat statis (diam seperti mesin pto kopi) atau bersifat dinamis (bergerak seperti operator). Sumber daya dinamis mengalami pergerakan dalam sistem. Layaknya entitas sumber daya juaga dapat berupa benda bernyawa (mahlik hidup) atau benda tidak bernyawa (alat atau mesin). Salah satu perbedaan utama antara sumber daya dan entitas adalah bahwa entitas memasuki sistem, memiliki urutan pengolahan atau pemrosesan sebelum ahirnya keluar dari sistem. Sedangkan sumber daya tidak memiliki urutan operasi dan menjadi salah satu faktor yang paling penting pada pemrosesan entitas.

2.4.2.4 Jalur

Jalur bertujuan untuk mendefinisikan proses pergerakan entitas dan sumber daya. Dalam promodel jalur sederhana seara otomatis dibuat ketika routing dibuat. Sebuah jalur atau routing menghubungkan dua lokasi sehingga entitas dan sumber daya dapat bergerak dari suatu lokasi kelokasi lainya.

2.4.3 Pembangunan Model

Pembangunan model merupakan proses pembuatan desain simulasi berdasarkan objek yang akan disimulasikan. Pembangunan model simulasi dapat dilakukan menggunakan beberapa bantuan perangkat lunak diantaranya adalah ARENA dan ProModel. Setiap perangkatr lunak memiliki kekurangan dan kelebihan tersendiri, selain itu langkah-langkah pembuatan modelnya juga berbeda tergantung perangkat lunak yang digunakan. Berikut ini akan dijelaskan proses pembangunan model simulasi menggunakan perangktat lunak ProModel.

1. Membuat lokasi—tentukan lokasi-lokasi yang terlibat dalam model simulasi data lokasi ini diperoleh dari objek yang akan disimulasikan.

2. Menentukan entitas—tentukan entitas yang akan diproses dalam model simulasi tersebut.
3. Membuat proses—tentukan proses-proses yang dialami oleh entitas sesuai dengan urutan proses yang dialami oleh entitas selama berada didalam sistem.
4. Menentukan *arrival*—tentukan kedatangan entitas, pada *arrival* ini yang perlu untuk diperhatikan adalah jumlah kedatangan dan frekuensi kedatangan entitas.
5. Menjalankan model—jalankan model, menjalankan model bertujuan untuk menguji model apakah model dapat berjalan atau tidak. Apabila mengalami kesalahan perikas dan perbaiki kesalahan tersebut.
6. Menganalisis *output* model—analasis model dilakukan untuk memperoleh imformasi-imformasi yang dibutuhkan sesuai dengan tujuan penelitian.

2.4.4 Verifikasi dan Validasi Model

Membangun model simulasi tidak jauh berbeda dengan mengembangkan rencana arsitektural sebuah bangunan ataupun rumah. Seorang arsitek yang baik akan meninjau rencana dan spesifikasi dengan pemilik rumah untuk memastikan desain yang dibuat sesuai dengan yang diharapkan oleh klien. Arsitek juga akan memeriksa dimensi dan spesifikasi yang akan ditampilkan dengan hati-hati dan akurat. Setelah arsitek cukup puas bahwa imformasi yang tepat telah ditampilkan secara akurat, maka pembangunan bangunan dapat segera dimulai. Sama halnya dengan apa yang dilakukan oleh arsitek tersebut, seorang pemodel atau pembuat model juga harus memeriksa kebenaran dan kevalidan model simulasi yang dibangun sebelum model tersebut digunakan atau diimplementasikan. Untuk mencapai tujuan tersebut maka pemodel harus mengerti tentang cara untuk memvalidasi dan memverikasi model tersebut. Harrell, C., Ghosh, B. K., & Bowden, R (2004) didalam buku *Simulation Using Promodel* mengutip pernyataan

Balci (1997) yang mengatakan bahwa ada lebih dari 77 teknik yang dapat digunakan untuk validasi dan verifikasi model[19].

2.4.4.1 Verifikasi Model

Verifikasi adalah proses penentuan apakah model tersebut berjalan atau beroperasi sesuai dengan model yang di modelkan. Apabila sebuah model telah terverivikasi bukan berarti bahwa model tersebut valid namun model tersebut hanya berjalan berjalan atau beroperasi dengan benar. Harrell, C., Ghosh, B. K., & Bowden, R (2004) didalam buku *Simulation Using Promodel* mengutip pernyataan Bank, dkk (2001) "verifikasi berkaitan dengan pembangunan model yang benar"[20]. Hal ini digunakan untuk membandingkan model konseptual dengan representasi model yang telah diimplementasi dalam komputer. Selama proses verifikasi, pemodel mencoba untuk mendeteksi kesalahan yang tidak disengaja pada data dan logika yang digunakan dalam model tersebut. Pada intinya verifikasi adalah proses untuk men-*debug* atau menelusuri dan memeriksa seluruh bagian dari model.

Verifikasi model dapat dilakukan dengan beberapa cara. Cara yang umum yang dapat digunakan dalam melakukan verifikasi model adalah:

1. Perhatikan dan periksa kode atau logika yang digunakan.
2. Periksa *output* model (harus wajar dan rasional).
3. Perhatikan animasi model yang digunakan.
4. Gunakan fasilitas *debugging* yang disediakan oleh perangkat lunak yang digunakan.

2.4.4.2 Validasi Model

Harrell, C., Ghosh, B. K., & Bowden, R (2004) didalam buku *Simulation Using Promodel* mengutip pernyataan Hoover dan Perry (1990) "Validasi adalah proses penetuan apakah model yang dibuat yang dibuat merupakan representasi dari objek

---

[19] Harrell−Ghosh−Bowden: *Simulation Using ProModel, Second Edition*, McGraw-Hill *Companies* 2004 halaman-203.
[20] Harrell−Ghosh−Bowden: *Simulation Using ProModel, Second Edition*, McGraw-Hill *Companies* 2004 halaman-206.

yang dimodelkan"[21]. Dengan kata lain validasi bertujuan untuk menguji apakah model yang dibuat tersebut akurat atau tidak. Perbedaan dari verifikasi dan validasi adalah veririfikasi bertujuan untuk membangun model yang benar sesuai dengan objek yang dimodelkan sedangkan validasi bertujuan untuk membangunmodel yang tepat. Untuk itu dalam proses validasi ini pihak-pihak yang berkepentingan harus ikut terlibat. Karena proses validasi bisa sangat memakan waktu maka maka validasi hanya dilakukan sebatas validasi fungsional. Dari sudut pandang fungsional validasi model dipandang sebagai sebagai alat untuk menentukan bahwa *output* yang dihasilkan oleh model adalah akurat, dengan demikian apabila simulasi telah teruji valid maka hasil dari simulasi tersebut dapat dipercaya dan dapat digunakan untuk membuat keputusan di dunia nyata.

Sama halnya dengan verifikasi, validasi model juga memiliki beberapa cara dalam pengujiannya. Cara yang umum yang digunakan dalam validasi model adalah:

1. Melihat animasi model.
2. Membandingkan model dengan sistem aktual.
3. Membandingkan model dengan model lain dalam konteks permasalahan yang sama.
4. Melakukan pengujian untuk melihat apakah hasil simulasi ekstrim atau tidak.
5. Menguji validitas dari model.
6. Pengujian terhadap data historis.
7. Melakukan analisis sensitivitas.
8. Menjalankan model.
9. Melakukan uji turing.

2.5 Analisis *Output* Simulasi

Analisis terhadap *output* simulasi bertujuan untuk memperoleh imformasi-imformasi yang dibutuhkan sesuai dengan tujuan penelitian. Analisis *output*

[21] Harrell−Ghosh−Bowden: *Simulation Using ProModel, Second Edition*, McGraw-Hill *Companies* 2004 halaman-212.

simulasi biasanya berupa data statistik. Contohnya analisis yang biasanya dilakukan misalnya adalah; rata-rata pelayanan gerbang tol, rata-rata waktu entitas dalam antrian, utilisasi gerbang tol per hari, utilisasi gerbang tol per jam atau per *shift*, jumlah entitas yang dilayanai dan sebaigainya. Namun sebelum melakukan analisis tersebut hal yang harus dilakukan adalah penentuan jumlah replikasi maksimum. Jumlah replikasi ini bertujuan untuk mendapatkan berapa kali replikasi yang dibutuhkan agar *output* simulasi yang dibuat mendekati *output* pada kejadian aktual atau kejadian sebenarnya.