

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Studi Pustaka

Studi pustaka dilakukan agar peneliti dapat menguasai terlebih dahulu teori dan konsep dasar yang berkaitan dengan permasalahan yang sedang diteliti, sehingga dapat digunakan sebagai landasan yang kuat dalam analisis penelitian. Berikut ini adalah jurnal yang menjadi acuan pada penelitian ini. Berdasarkan permasalahan dari penelitian sebelumnya, peneliti membuat studi *literatur review* dari berbagai sumber seperti jurnal nasional, jurnal internasional, skripsi, proseding, seminar nasional, dan artikel yang diunduh melalui *database springer link, google scholar, science direct,* dan *sinta*. Dari hasil studi pustaka ini, peneliti mampu menyesuaikan dengan penelitian sebelumnya agar lebih terperinci sesuai dengan permasalahan yang dihadapi.

Pada penelitian terdahulu, dalam menentukan skenario alokasi sumberdaya peralatan sebagai usaha peningkatan kinerja sistem manufaktur yaitu menggunakan model *Discrete Event Simulation*. Hasil dari penelitian tersebut adalah dengan melakukan penambahan satu unit mesin bubut pada stasiun kerja.

Pada penelitian terdahulu, Simulasi Sistem Manufaktur (Studi Kasus: Proses Produksi *Brake Drum Coupling*). Penelitian ini menggunakan metode *Discrete Event Simulation*. Hasil dari penelitian ini adalah melakukan konfigurasi mesin awal menggunakan jadwal 13 jam dalam sehari selama 25 hari dalam sebulan.

Pada penelitian terdahulu, Analisis *Discrete Event Simulation* untuk Optimasi dan Evaluasi Layout pada Sistem Manufaktur. Penelitian ini menggunakan metode *Discrete Event Simulation*. Hasil dari penelitian ini adalah melakukan penambahan operator. Data operator yang paling sibuk adalah pada bagian administrasi produksi, yaitu sebesar 98,727%.

Pada penelitian terdahulu, Pemodelan dan Simulasi Sistem Industri Manufaktur Menggunakan Metode Simulasi *Hybrid* (Studi Kasus: PT. Kelola Mina Laut). Penelitian ini menggunakan metode Simulasi *Hybrid*. Faktor yang memberikan pengaruh terhadap waktu produksi adalah *Resources* dan *Production Line*.

Dari studi literatur yang didapatkan, peneliti mempelajari dari penelitian sebelumnya tentang perbaikan sistem manufaktur maupun diluar topik penelitian yang mencari variabel yang mempengaruhi suatu penelitian. Oleh karena itu, peneliti akan memahami metode apa yang paling cocok untuk penelitian ini. Berikut merupakan penjelasan Tabel 2.1 berdasarkan hasil *literature review* penelitian terdahulu.

**Tabel 2.1.** Studi Pustaka

| <b>Peneliti</b>                      | <b>Judul</b>   | <b>Metode</b>                                      | <b>Hasil</b>  |
|--------------------------------------|--|--|---|
| <b>Arya Wirabhuana (2016)</b>        | Penentuan Skenario Alokasi Sumberdaya Peralatan Sebagai Usaha Peningkatan Kinerja Sistem Manufaktur Berdasarkan Model Simulasi Sistem Diskrit Berbasis Komputer. | Menggunakan model <i>Discrete-Event Simulation</i> | Proses pengembangan iterasi pertama dilakukan penambahan satu unit mesin bubut pada stasiun.  |
| <b>Tritiya A. R. (2016)</b>          | Simulasi Sistem Manufaktur (Studi Kasus: Proses Produksi <i>Brake Drum Coupling</i> ).   | Menggunakan model <i>Discrete-Event Simulation</i> | Kebijakan terbaik yang diusulkan untuk perusahaan adalah mereka beroperasi dengan konfigurasi mesin awal menggunakan jadwal 13 jam dalam sehari selama 25 hari dalam sebulan. |
| <b>Ishardita Pambudi (2017-2018)</b> | Analisis <i>Discrete Event Simulation</i> untuk Optimasi dan Evaluasi Layout pada Sistem Manufaktur.   | Menggunakan model <i>Discrete-Event Simulation</i> | Hasil analisis simulasi menunjukkan bahwa untuk meningkatkan  |

Tabel 2.1. Studi Pustaka (Lanjutan)

| Peneliti                       | Judul   | Metode                                   | Hasil  |
|--------------------------------|---|--|--|
|                                |   |  | produktifitas di Unit Produksi PT ABC yaitu dilakukan dengan penambahan operator. Data operator yang paling sibuk adalah pada bagian administrasi produksi, yaitu sebesar 98,727%. |
| <b>Muhamad Alam (2017)</b>     | Pemodelan dan Simulasi Sistem Industri Manufaktur Menggunakan Metode Simulasi Hybrid (Studi Kasus: PT. Kelola Mina Laut). | Menggunakan model Simulasi <i>Hybrid</i> | faktor yang memberikan pengaruh terhadap waktu produksi adalah <i>Resources</i> dan <i>Production Line</i> .   |
| <b>Citra Noviyasari (2019)</b> | Simulasi Sistem Perencanaan Dan Pengendalian Produksi Pada Perusahaan Manufaktur.   | Menggunakan model Simulasi <i>Hybrid</i> | Nilai yang dihasilkan tidak melebihi dari nilai periode maka nilai peramalan terdapat didalam pengendalian.  |

**Tabel 2.1.** Studi Pustaka (Lanjutan)

| <b>Peneliti</b>                 | <b>Judul</b>   | <b>Metode</b>                                       | <b>Hasil</b>  |
|---------------------------------|--|---|---|
| <b>Umi Nurkhasanah (2018)</b>   | Optimasi <i>Throughput</i> Pada Sistem Produksi Departemen <i>Weaving</i> (Studi Kasus di PT. Primissima).   | Menggunakan model <i>Discrete-Event Simulation</i>  | Berdasarkan solusi pengurangan waktu <i>downtime</i> yang diterapkan pada simulasi dilihat bahwa <i>throughput</i> meningkat.   |
| <b>Robert Karyahasta (2018)</b> | Analisis dan Perancangan Perbaikan Sistem Perencanaan Produksi di PT. X  | Menggunakan <i>Master Production Schedule (MPS)</i> | Rencana Produksi <i>Force Cut</i> yang memuat <i>masterplan</i> rencana dari pengadaan bahan baku hingga produk jadi, batas waktu maksimal berdasarkan urutan pengerjaan.   |
| <b>Siti Inaratul (2019)</b>     | Analisis Simulasi Sistem Produksi Aliran <i>Flowshop</i> dengan <i>Software FlexSim</i> pada Produk Cetakan Kue di TS. Putra Aluminium 2 Yogyakarta. | Menggunakan model <i>Discrete-Event Simulation</i>  | Berdasarkan hasil simulasi untuk meningkatkan <i>output</i> produksi perusahaan dapat dengan menggunakan 2 alternatif yaitu alternatif 1 dengan menambahkan jumlah mesin pada pemolesan cere beserta operatornya. |

## **2.2. Dasar Teori**

### **2.2.1. Definisi Sistem**

Kehidupan manusia akan selalu menghadapi kompleksitas masalah, sistem buatan dan cara penyelesaiannya. Faktanya, orang selalu terlibat dalam sistem transportasi, sistem perawatan kesehatan, manufaktur dan distribusi, serta mengharapkan produk dan layanan yang baik. Keinginan tinggi orang untuk kualitas terbaik, meminimalkan waktu yang terbuang, meminimalkan biaya, membuat orang berpikir tentang sistem. Untuk memodelkan suatu sistem, pertama-tama perlu memahami konsep sistem dan keterbatasannya. Sistem adalah sekumpulan elemen yang dihubungkan oleh beberapa mekanisme dan hubungan saling ketergantungan yang memiliki tujuan bersama. (Arifin, 2009).

### **2.2.2. Definisi Sistem Manufaktur**

Sistem manufaktur mencakup entitas secara keseluruhan yang mengubah sumber daya (bahan, modal, tenaga kerja, energi, dan keterampilan) menjadi produk (barang atau jasa) yang dapat dijual oleh perusahaan menggunakan proses produksi tertentu, menurut aturan tertentu. Nilai tambah sumber daya. Kegiatan meningkatkan kegunaan barang tanpa mengubah bentuknya disebut produksi jasa. Di sisi lain, kegiatan yang meningkatkan kegunaan benda dengan mengubah sifat dan bentuknya disebut produksi produk. Fungsi utama dari sistem manufaktur adalah untuk menciptakan kebutuhan pelanggan. Aspek desain meliputi bentuk, warna, kapasitas, dan daya tahan, sedangkan aspek kuantitas berkaitan dengan kuantitas. Untuk memenuhi kedua tuntutan tersebut, maka sistem manufaktur harus dirancang seoptimal mungkin.

meliputi pemilihan material, pemilihan peralatan, alur produksi, tata-letak lantai produksi, rancangan kualitas, perancangan peralatan *material handling* hingga biaya yang dibutuhkan untuk melaksanakan rancangan tersebut (Wignjosoebroto, 2009).

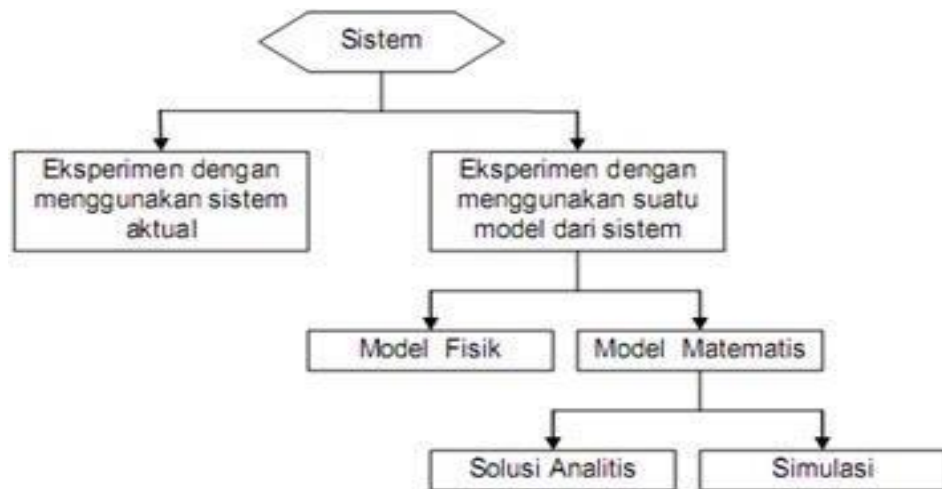
### **2.2.3. Definisi Model**

Model adalah representasi atau formalisasi dalam bahasa tertentu yang disepakati dari sistem dunia nyata dan dibuat untuk tujuan mempelajari sistem itu. Bahkan jika modelnya adalah bentuk sistem yang sederhana, perhatian harus diberikan pada kemampuan karakteristik sistem yang dipertimbangkan saat membuat model. Beberapa model dari sistem yang sama mungkin berbeda tergantung pada persepsi, keterampilan, dan perspektif analis/peneliti sistem yang terlibat. (Bekker, 2018).

### **2.2.4. Definisi Simulasi**

Simulasi adalah metode melakukan percobaan pada model sistem nyata. Gagasan di balik simulasi adalah:

1. Secara matematis meniru situasi yang ada di dunia nyata.
2. Kemudian pelajari karakteristik operasinya,
3. Menarik kesimpulan dan memutuskan tindakan berdasarkan hasil simulasi. Pemahaman utamanya adalah bahwa simulasi hanyalah sistem pendukung keputusan, bukan alat pengoptimalan yang memberikan hasil keputusan, sehingga interpretasi hasil sangat bergantung pada pemodel (Tanjung, 2017).



**Gambar 2.1.** Diagram Sistem Simulasi

Pada dasarnya, peneliti di lapangan memiliki alasan-alasan melakukan simulasi sebagai suatu percobaan sistem nyata untuk membantu membuat keputusan, diantara alasan tersebut adalah:

1. Proses aktual tidak tersedia atau belum tersedia.
2. Proses yang diusulkan terlalu mahal untuk dibangun atau fasilitas belum tersedia untuk dicoba.
3. Proses yang diteliti terlalu kompleks untuk dianalisis dalam sebuah laporan penelitian.
4. Sistem aktual yang secara fisiknya tidak dapat diganggu atau diubah.
5. Sistem yang diteliti fleksibel untuk diubah.

Aplikasi simulasi untuk berbagai masalah sistem, termasuk desain dan analisis sistem manufaktur, evaluasi senjata militer, kebijakan pemesanan dan penentuan sistem pasokan, desain sistem komunikasi, desain dan operasi fasilitas transportasi, dan analisis keuangan. (Tanjung, 2017).

### **2.2.5. Definisi Model Simulasi**

Dalam mempelajari suatu sistem, simulasi sebenarnya adalah turunan dari model matematika di mana sistem itu sendiri terbagi dalam dua kategori. Sistem diskrit dan kontinyu. Sistem diskrit berarti bahwa keadaan variabel dalam sistem berubah secara instan pada waktu yang berbeda. Di bank,

variabelnya adalah jumlah pelanggan dan hanya berubah ketika pelanggan datang atau setelah dilayani dan pergi. Di sisi lain, sistem kontinu didefinisikan sebagai jika keadaan suatu variabel dalam sistem berubah secara terus menerus (terus menerus) dari waktu ke waktu, misalnya jika pesawat terbang bergerak di udara, maka variabelnya, yaitu posisi dan kecepatan, dan itu di itu sendiri berarti terus berubah secara emosional. (T. Saputri, 2014).

### **2.2.6. Metodologi Studi Simulasi**

Dalam mempelajari suatu sistem, simulasi sebenarnya adalah turunan dari model matematika di mana sistem itu sendiri terbagi dalam dua kategori.

Sistem diskrit dan kontinyu. Sistem diskrit berarti bahwa keadaan variabel dalam sistem berubah secara instan pada waktu yang berbeda. B. Di bank, variabelnya adalah jumlah pelanggan dan hanya berubah ketika pelanggan datang atau setelah dilayani dan pergi. Di sisi lain, sistem kontinu didefinisikan sebagai jika keadaan suatu variabel dalam sistem berubah secara terus menerus (terus menerus) dari waktu ke waktu, misalnya jika pesawat terbang bergerak di udara, maka variabelnya, yaitu posisi dan kecepatan, dan itu di itu sendiri berarti terus berubah secara emosional.

Dalam melakukan suatu penelitian/kajian tidak dapat dilakukan secara sembarangan atau asal-asalan. Artinya bahwa diperlukan suatu langkah-langkah atau metodologi yang terstruktur dan terkendali sehingga konklusi yang dihasilkan dapat dipertanggungjawabkan keabsahannya. Begitu pula dalam melakukan studi simulasi terdapat metodologi umum yang digunakan, yaitu:

#### 1. Formulasi masalah

Setiap studi selalu dimulai dengan suatu pernyataan yang jelas tentang tujuan yang hendak dicapai. Secara keseluruhan harus direncanakan pula variabel-variabel yang terdapat dalam sistem objek.

#### 2. Kumpulkan data

Informasi dan data sebaiknya dikumpulkan pada secara terpusat dan digunakan untuk melakukan spesifikasi prosedur operasi dan distribusi probabilitas.



Saat melakukan survei dan penelitian, jangan sembarangan atau ceroboh. Artinya, diperlukan prosedur atau metode yang terstruktur dan terkendali agar kesimpulan yang ditarik dinyatakan valid. Demikian pula, metodologi umum digunakan saat melakukan studi simulasi.

1. Rumusan masalah

Semua penelitian selalu diawali dengan pernyataan yang jelas tentang tujuan yang ingin dicapai. Secara keseluruhan, variabel yang terlibat dalam sistem objek juga harus direncanakan.

2. Kumpulkan data

Ini harus digunakan untuk mengumpulkan informasi dan data secara terpusat dan untuk menentukan prosedur operasi dan distribusi probabilitas dari variabel acak dalam model.

3. Uji verifikasi

Meskipun kami percaya bahwa verifikasi harus dilakukan setelah model simulasi berjalan, ada beberapa keuntungan melakukannya lebih awal. Ini termasuk memastikan terlebih dahulu bahwa distribusi data, keragaman data, dan ketepatan waktu variabel lain yang mendukung model sudah benar.

4. Buat dan periksa program komputer

Pemodel simulasi harus memutuskan program mana yang akan digunakan untuk menguji dan menjalankan model. Program simulasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah Flexsim. Saat Anda menerjemahkan model ke dalam program pilihan Anda, model tersebut divalidasi terhadap sistem nyata untuk melihat apakah bentuk fisik model menyerupai sistem nyata.

5. menjalankan program.

Gunakan perangkat lunak simulasi Anda untuk menjalankan model Anda dan periksa hasilnya.

6. Verifikasi

Program yang dijalankan dapat digunakan untuk menguji sensitivitas hasil model terhadap perubahan kecil pada parameter masukan. Jika hasilnya sangat bervariasi, tebakan yang baik harus dilakukan. Jika sistem terlihat seperti sekarang, Anda dapat membandingkan data yang diperoleh dari program simulasi dengan sistem sebenarnya. Jika “hasilnya” bagus, maka program simulasi dinyatakan valid dan model dianggap mewakili sistem yang sebenarnya.

7. Desain model eksperimental

Jika program simulasi dinyatakan valid, maka pembuat model dapat melakukan berbagai eksperimen terhadap program/model setelah dilakukan investigasi.

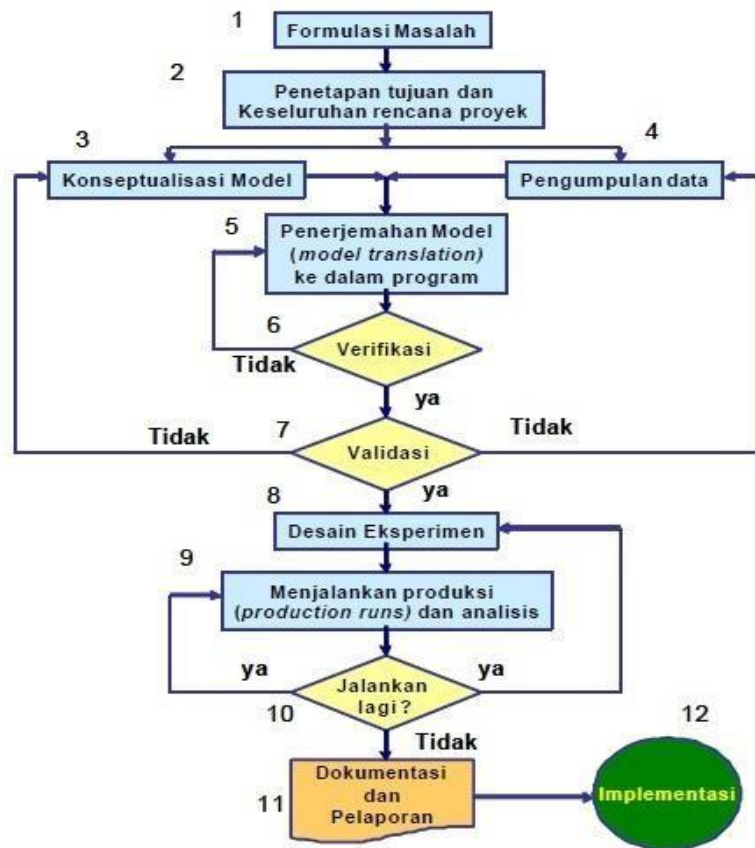
8. Jalankan model eksperimental

Ulangi langkah 5 sesuai dengan panjang simulasi yang ditentukan.

9. Analisis data awal

Metode statistik digunakan untuk menganalisis data yang diperoleh. Dengan mengukur interval kepercayaan dan kinerja yang berbeda untuk setiap desain, Anda dapat menentukan model simulasi terbaik untuk tujuan (Nurhasanah, 2014).

## 1. Implementasi



**Gambar 2.2.** Metodologi Implementasi Simulasi

### 2.2.7. Kelebihan dan Kekurangan Simulasi

Simulasi memiliki banyak kelebihan antara lain :

1. Simulasi secara relatif sederhana dan fleksibel.
2. Simulasi dapat digunakan untuk menganalisis situasi dunia nyata yang besar dan kompleks yang tidak bisa dipecahkan oleh model manajemen operasi konvensional.
3. Kerumitan dunia nyata dapat dimasukkan, kerumitan tersebut tidak dapat diatasi oleh sebagian besar model matematis.
4. Memungkinkan adanya faktor pepadatan waktu.

5. Simulasi memungkinkan pertanyaan "*What if*".
6. Simulasi tidak bertentangan dengan sistem dunia nyata.
7. Simulasi dapat meneliti efek interaksi antar komponen individu atau variabel untuk menentukan komponen atau variabel yang penting.

Kekurangan utama simulasi adalah sebagai berikut:

1. Model simulasi yang sangat baik bisa menjadi sangat mahal, karena untuk mengembangkannya dibutuhkan waktu berbulan-bulan.
2. Simulasi merupakan sebuah pendekatan *trial and error* yang dapat menghasilkan solusi berbeda jika diulangi.
3. Model simulasi tidak menghasilkan jawaban tanpa adanya input yang cukup dan realistis.
4. Setiap model simulasi bersifat unik. Solusi sebuah model dan kesimpulannya pada umumnya tidak dapat diterapkan pada persoalan lain (Baihaqi, 2015).

### **2.2.8. Bagian Dalam Model Simulasi**

Beberapa bagian model simulasi yang berupa istilah-istilah asing perlu dipahami oleh pemodel karena bagian-bagian ini sangat penting dalam menyusun suatu model simulasi.

#### a. Entiti (*entity*)

Kebanyakan simulasi melibatkan 'pemain' yang disebut entiti yang bergerak, merubah status, mempengaruhi dan dipengaruhi oleh entiti yang lain serta mempengaruhi hasil pengukuran kinerja sistem. Entiti merupakan obyek yang dinamis dalam simulasi. Biasanya entiti dibuat oleh pemodel atau secara otomatis diberikan oleh software simulasinya.

#### b. Atribut (*attribute*)

Setiap entiti memiliki ciri-ciri tertentu yang membedakan antara satu dengan yang lainnya. Karakteristik yang dimiliki oleh setiap entiti disebut dengan atribut. Atribut ini akan membawa nilai tertentu. Pemodel perlu memahami bagian-bagian dari model simulasi yang mengandung kata asing, karena bagian-bagian ini sangat penting saat membuat model simulasi.

#### A. Entitas

Sebagian besar simulasi melibatkan "pemain" yang disebut entitas yang bergerak, mengubah statistik, memengaruhi atau dipengaruhi oleh entitas lain, dan memengaruhi hasil pengukuran kinerja sistem. Entitas adalah objek dinamis dalam simulasi. Entitas biasanya dibuat oleh pemodel atau secara otomatis ditetapkan oleh perangkat lunak simulasi.

#### B. Atribut

Setiap entitas memiliki sifat tertentu yang membedakannya satu sama lain. Properti yang dimiliki setiap entitas disebut atribut. Atribut ini memberi setiap entitas nilai tertentu. Perhatikan bahwa nilai atribut dikaitkan dengan entitas tertentu. Bagian (entitas) memiliki atribut yang berbeda (waktu kedatangan, tanggal pengiriman, prioritas, warna) dibandingkan bagian lainnya.

#### C. Variabel (Variabel)

Variabel adalah informasi yang mencerminkan sifat-sifat sistem. Variabel berbeda dari atribut karena mereka tidak mengikat entitas, tetapi keseluruhan sistem. Jadi semua entitas dapat berisi variabel yang sama. Misalnya, panjang antrian, ukuran batch, dll.

#### D. Sumber Daya

Entitas sering bersaing satu sama lain untuk mendapatkan layanan dari sumber daya yang disediakan oleh operator, peralatan, atau ruang penyimpanan yang terbatas. Sumber daya dapat berupa layanan kelompok atau individu.

#### E. Kolom

Jika entitas (diam-diam) tidak bergerak, ini dimungkinkan karena sumber daya menahan (menangkap) entitas dan mengikat entitas lain ke status tunggu. Ketika sumber daya dikosongkan (satu entitas dibebaskan), entitas lain dipulihkan.

#### F. Acara

Bagaimana cara kerja sesuatu saat simulasi berjalan. Sederhananya, semuanya bekerja karena dipicu oleh suatu peristiwa. Suatu peristiwa adalah sesuatu yang terjadi pada waktu tertentu dan kemungkinan mengubah atribut atau variabel. Ada tiga kejadian umum dalam simulasi: *Arrival* *Departure* (entitas meninggalkan sistem), dan *Termination* (simulasi berhenti).

## G. Jam Simulasi

Nilai arus dari waktu simulasi yang dipengaruhi oleh variabel disebut jam simulasi. Jika simulasi sedang berjalan dan Anda menghentikan waktu pada peristiwa tertentu untuk melihat nilai saat ini, nilai ini adalah nilai yang disimulasikan pada titik waktu tersebut. Replikasi berarti bahwa setiap simulasi berjalan dan berhenti dengan cara yang sama, menggunakan kumpulan parameter input yang sama (bagian identik), tetapi menggunakan nomor acak input yang berbeda (bagian independen) untuk menentukan waktu antara kedatangan dan layanan (hasil simulasi). Panjang waktu simulasi yang diinginkan untuk setiap replikasi disebut panjang replikasi (Prataman, 2017).

### 2.2.9. Definisi *Discrete-Event Simulation*

Simulasi diskrit adalah simulasi yang menggambarkan model sistem yang berkembang dengan merepresentasikan perubahan variabel pada waktu dan kondisi tertentu. Lebih lanjut, meskipun dijelaskan bahwa peristiwa individu secara konseptual dapat dilakukan dengan perhitungan manual, semakin banyak data yang perlu diproses, semakin banyak pula media penyimpanan yang dibutuhkan proses tersebut untuk menyelesaikan masalah (Riyanto, 2016). Simulasi peristiwa diskrit adalah simulasi di mana peristiwa memicu perubahan status yang terjadi dalam waktu diskrit. Peristiwa khas dalam simulasi adalah kedatangan entitas di stasiun kerja, kegagalan sumber daya, penyelesaian aktivitas, dan akhir shift. Peristiwa menggambarkan sistem dalam aliran proses. Alur proses (*process flow*) adalah urutan kejadian yang menjalankan simulasi. Acara ini memperkenalkan penundaan ke dalam simulasi untuk mereproduksi berlalunya waktu. Acara juga memicu eksekusi logika yang terkait dengan acara tersebut. Untuk jenis peristiwa, mereka terdiri dari peristiwa terjadwal (peristiwa terjadwal yang memiliki waktu yang telah ditentukan untuk terjadi) dan peristiwa bersyarat yang dipicu oleh kondisi yang terjadi, bukan oleh interval tunggal. Proses simulasi kejadian diskrit yang efektif melibatkan beberapa elemen.

- a. Menentukan titik awal dan akhir di mana peristiwa diskrit menggunakan satuan waktu.

- b. Cara melacak waktu yang telah berlalu sejak awal proses.
- c. Peristiwa individu yang telah terjadi sejak proses dimulai.
- d. Daftar yang tertunda hingga proses yang diharapkan selesai.
- e. Catatan statistik kemampuan simulasi kejadian diskrit saat ini.

Analisis peristiwa diskrit dalam proses manufaktur dan layanan antrian menggunakan model. Pemodelan sistem adalah proses pembuatan model peristiwa dunia nyata. Dalam simulasi kejadian diskrit, kejadian diskrit mengubah keadaan model simulasi dari waktu ke waktu (F. Arwindy, 2014).

#### **2.2.10. Variabel Random**

Untuk dapat menjelaskan mekanisme perubahan sistem, diperlukan suatu metode khusus untuk mengidentifikasi perubahan sistem. Dalam simulasi sistem peristiwa diskrit, juga disebut "simulasi peristiwa diskrit", sebagian besar perubahan yang terjadi dalam sistem ditangani melalui konsep probabilitas dari semua kemungkinan perubahan pada variabel sistem yang ada (Banks, 1996). Mengamati sistem nyata yang ada di sekitar kita, bagaimana setiap entitas, atribut, dan setiap elemen sistem lainnya berubah dari waktu ke waktu, keadaannya selalu berubah secara dinamis. Dinamika sering kali tidak dapat diprediksi mengingat semua kemungkinan variasi random. Namun, ketidakpastian dalam probabilitas kejadian dalam sistem yang diamati memaksa analisis sistem untuk membuat prediksi, yang sangat diperlukan dalam proses pengambilan keputusan. Maka pilihan terbaik adalah bagaimana memperhatikan keacakan yang terjadi.

Buat model simulasi sehingga dapat membentuk model yang dapat mewakili sistem nyata yang diamati. Masalah memilih nilai yang sesuai untuk konstanta penghasil bilangan acak (juga disebut "bilangan acak semu") adalah kompleks. Agar dianggap acak, sekumpulan angka yang dihasilkan oleh generator angka acak harus melewati beberapa pengujian untuk memastikan bahwa angka tersebut terdistribusi secara merata, dan tidak ada perbedaan yang signifikan antara digit angka atau antara angka yang berurutan. tidak ada korelasi yang signifikan. Dengan pemikiran ini, elemen variabel acak ini menjadi salah satu elemen kunci di hampir semua model simulasi, khususnya simulasi kejadian diskrit. Adapun bagaimana angka menghasilkan variabel acak, Anda dapat menggunakan dukungan perangkat lunak untuk melakukan ini, dengan asumsi perangkat lunak Anda memiliki cara yang baik untuk menghasilkan variabel acak (Ali, 1991).

#### 2.2.11. Validasi dan Verifikasi

Ketika sedang mengerjakan model dan terkadang membuat model, inilah saatnya untuk validasi dan validasi. Validasi digunakan untuk membuktikan bahwa hasil model yang dibangun sesuai dengan model konsep perancangan sistem. Validasi digunakan untuk memeriksa apakah model yang dibuat sesuai dengan kenyataan. Ada dua jenis tes validasi:

- a. Perbandingan Rata-rata (*Mean Comparison*)

$$E1 = \frac{|\bar{S} - \bar{A}|}{\bar{A}}$$

Dimana :

$\bar{S}$  = nilai \_rata - rata \_ hasil \_ simulasi

$\bar{A}$  = nilai \_rata - rata \_ data

Model dianggap valid apabila  $E1 \leq 5\%$



b. Perbandingan Variasi Amplitudo (*% Error Variance*)

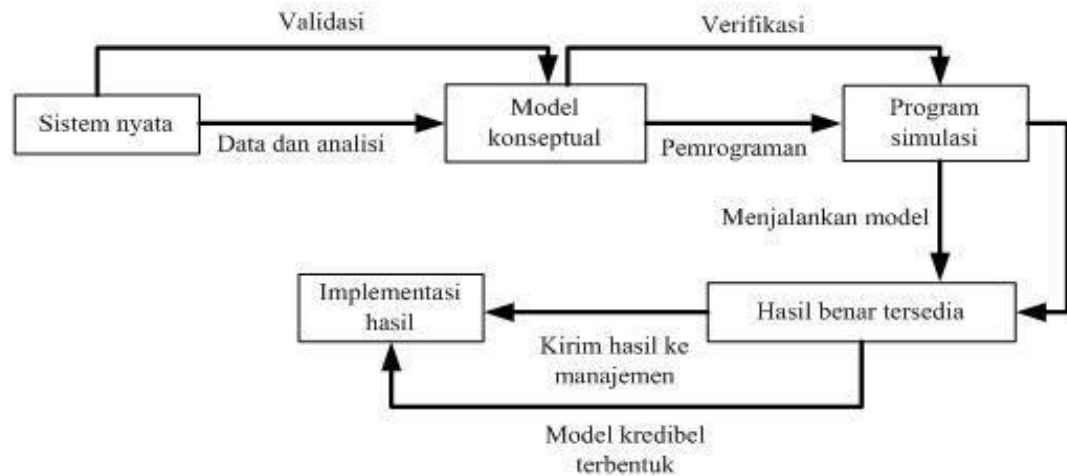
$$E2 = \frac{|Ss - Sa|}{Sa}$$

Dimana :

$Ss$  = Standard deviasi model

$Sa$  = Standard deviasi data

Model dianggap valid bila  $E2 \leq 30\%$  (Harmita, 2004). Secara sederhana hubungan antara verifikasi dan validasi dapat dilihat pada gambar berikut:



**Gambar 2.3.** Hubungan Validasi dengan verifikasi

### 2.2.12. Definisi ANOVA

Analisis varians (ANOVA) adalah metode penting untuk menyelidiki dan mengonfirmasi analisis data. ANOVA adalah seperangkat model statistik yang digunakan untuk menganalisis perbedaan rata-rata dalam kelompok dan prosedur terkait. ANOVA juga digunakan untuk menguji hipotesis ketika tidak ada perbedaan yang signifikan antara dua atau lebih rata-rata populasi. Jika Anda perlu menguji lebih dari dua sampel, ANOVA adalah cara yang tepat.

### 2.2.13. Analisis *Output* Simulasi

Model simulasi kejadian diskrit memiliki sifat yang berbeda dari kebanyakan model yang ada. Ini karena model stimulus kejadian diskrit terdiri dari banyak variabel acak yang terjadi secara bersamaan dalam keadaan yang membentuk sifat mekanisme perubahan sistem yang diamati. Variabel acak yang ada dalam sistem diskrit tidak hanya probabilitas input, tetapi juga output dari simulasi adalah variabel acak yang memiliki probabilitas dan tidak dapat diestimasi secara pasti. Pendekatan lain untuk menentukan metode analisis yang tepat untuk model simulasi adalah mengevaluasi jenis simulasi dengan benar. Simulasi dibagi menjadi dua jenis, simulasi terminasi dan simulasi non-terminasi, sesuai dengan metode analisisnya. Perbedaan antara kedua jenis simulasi ini adalah ketergantungan pada kejelasan untuk menghentikan proses simulasi. Keduanya digambarkan sebagai:

#### a. Hentikan simulasi

Simulasi terminasi adalah simulasi yang merepresentasikan mekanisme kejadian dengan "kondisi awal" dan dijalankan pada interval waktu reguler (ditentukan). Keadaan awal dapat dipahami sebagai keadaan dimana keadaan sistem diatur seperti sebelumnya setiap kali simulasi dijalankan. Misalnya, simulasi bank memerlukan "keadaan awal" setiap kali simulasi dimulai. Pelanggan awal menyatakan "0" dan setelah beberapa waktu (jam kerja yang sama setiap hari). Dengan kata lain, kondisi akhir suatu simulasi bukanlah kondisi awal untuk menjalankan simulasi replikasi berikutnya. Parameter terukur seperti estimasi rata-rata waktu tunggu pelanggan dapat digunakan untuk mengukur kinerja simulasi dan sistem simulasi di atas. Namun dalam praktiknya, sebagian besar sistem berada dalam fase stasioner, baik sistem shutdown maupun *non-down*.

#### b. Simulasi tanpa akhir

Simulasi *non-terminating*, atau kemudian juga disebut simulasi keadaan, adalah simulasi yang bertujuan untuk mengamati sistem dari waktu ke waktu atau untuk memeriksa keadaan dari

simulasi non-terminasi. Dalam simulasi, jenis penjadwalan berbeda dengan sistem produksi perusahaan manufaktur. Pada keadaan *non-terminating*, penjadwalan simulasi tidak berdasarkan jam kerja seperti pada sistem antrian, tetapi hanya diinterupsi oleh periode idle tanpa *reinitialization* karena sistem selalu berjalan. Saat menganalisis hasil simulasi, perlu dibedakan antara sistem yang masih dalam fase "sementara" pada saat pengumpulan data dan sistem yang berada dalam fase "*steady state*" (Hoover, 1990).

#### **2.2.14. Definisi Aplikasi *Flexsim***

Flexsim adalah perangkat lunak simulasi yang akurat dan mudah digunakan. Mesin simulasi yang komprehensif dan inovatif tersembunyi di balik kontrol *drag-and-drop*, daftar *drop-down*, dan banyak fitur intuitif lainnya, membuat Flexsim dapat diakses oleh siapa saja yang ingin bereksperimen dengan model. Semua model simulasi diskalakan dan disajikan dalam visual 3D, membuatnya lebih mudah untuk melihat dan mendeteksi kemacetan lini produksi dan cacat sistem lainnya. Flexsim juga memberi para pembuat keputusan alat untuk mengkonfirmasi pengamatan mereka dengan pelaporan statistik dan analisis yang mengesankan yang dibangun ke dalam perangkat lunak. Flexsim dapat memecahkan masalah di bidang manufaktur, perawatan kesehatan, penanganan material, penambangan, logistik, pengemasan, kedirgantaraan, pergudangan, dan lainnya. Objek utama Flexsim dapat dikategorikan menjadi dua jenis: sumber daya tetap dan pelaku tugas. Sumber daya tetap adalah objek yang mengirim dan menerima item aliran, seperti sumber, konveyor, prosesor, antrian, dan keluar. Pelaku tugas adalah sumber daya seluler yang melakukan tugas yang diberikan seperti Operator dan pengirim barang. Di bawah ini adalah definisi sumber daya tetap pelaksana tugas (Kusnadi, 2018).

## 1 . *Fixed Resource*

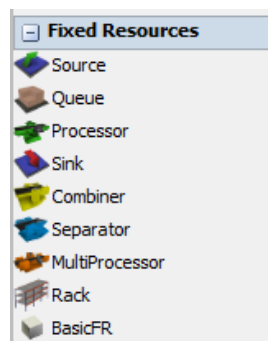
Objek *fixed resource* merupakan tulang punggung model simulasi dan digunakan untuk mendefinisikan aliran produk. *Fixed resource* dapat melakukan:

- a. Mendorong atau menarik aliran suatu produk.
- b. Proses suatu produk.
- c. Antrian produk (menimbun sampai isi maksimum).
- d. Memanggil operator untuk digunakan (untuk proses/ *set up*).
- e. Memanggil untuk mengangkat dan membawa produk ke proses selanjutnya.

Tidak ada waktu pengiriman (*transfer time = nol*) diantara objek *fixed resource*. Hampir setiap perilaku pemodelan didefinisikan pada *fixed resource*, yaitu:

- a. Berapa lama pemrosesan produk.
- b. Lokasi pengiriman produk selanjutnya.
- c. Memanggil operator untuk memproses produk.
- d. Memanggil objek yang bertugas untuk mengangkat produk ke *fixed resource* selanjutnya, kemudian produk akan diproses.

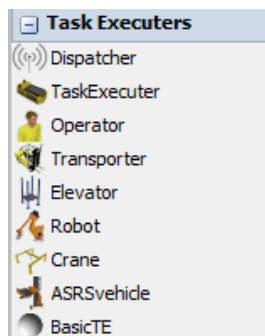
Objek-objek *fix resource* adalah sebagai berikut:



**Gambar 2.5.** Objek-Objek *Fixed Resource* Pada *Flexsim*

## 2. *Task Executor*

*Task Executor* digunakan untuk menjalankan tugas. Satu set tugas adalah daftar tugas yang harus diselesaikan berdasarkan perintah yang diberikan. Contoh: TRAVEL to queue LOAD flowitem TRAVEL to processor UNLOAD flowitem Urutan tugas dibuat dan dikirim secara otomatis saat kotak Use Transport atau Use Operator dicentang untuk sumber daya tetap. Kumpulan tugas khusus dapat dibuat dan dijalankan menggunakan perintah. Tugas adalah aktivitas atau instruksi yang dilakukan oleh objek eksekusi tugas seperti: B. Memuat, membongkar, memindahkan, menunda, sibuk, atau melakukan sesuatu. Diberikan satu set tugas, pelaku tugas memulai pelaksanaan tugas satu per satu sampai salah satu urutan tugas selesai, atau memprioritaskan satu set tugas dengan prioritas lebih tinggi daripada yang lain. Objek pelaksana tugas adalah:



**Gambar 2.6.** Objek-Objek *Task Executor* Pada *Flexsim*

Beberapa *task executor* yang akan digunakan untuk memastikan simulasi berjalan lancar adalah sebagai berikut.

a. Operator

Operator adalah objek yang digunakan untuk memodelkan tenaga kerja pada pabrik yang mengoperasikan mesin-mesin tertentu.



**Gambar 2.7.** Operator pada Model

b. *Task Executer*

*Task Executer* adalah pengganti material handling umum seperti rak beroda, hand pallet, dsb. Segala jenis objek yang memindahkan barang dalam jumlah terbatas direpresentasikan dengan task executer ini.



**Gambar 2.8.** *Task Executer* pada Model

c. *Transporter*

*Forklift* adalah alat yang memungkinkan seseorang untuk mengangkat dan menempatkan barang dengan beban yang berat dan besar .



**Gambar 2.9.** *Transporter* pada Model