

## **Bab 2**

### **Studi Literatur**

#### **2.1. Simulasi Komputer**

Oxford American Dictionary (1980) mendefinisikan simulasi sebagai cara untuk mereproduksi kondisi situasi, sebagai sarana model, untuk studi, pengujian dan sebagainya. Simulasi dalam konteks ini dapat didefinisikan sebagai tiruan dari suatu dinamika sistem menggunakan model komputer untuk mengevaluasi dan meningkatkan sistem kinerja. Menurut Schriber (1987) simulasi adalah permodelan proses atau sistem sedemikian rupa hingga akhirnya model meniru respon sistem aktual untuk peristiwa yang terjadi seiring waktu. Mempelajari perilaku model dapat memberikan kita wawasan tentang perilaku sistem yang sebenarnya. [2, p. 5]

Simulasi komputer terlibat dalam berbagai cabang sains modern dan sains tidak akan sama tanpa adanya simulasi komputer. Simulasi komputer diketahui membantu dalam melakukan uji coba dan pengambilan keputusan. Beberapa penulis mengakui bahwa kesamaan data merupakan salah satu yang terpenting dalam simulasi komputer, karena untuk memastikan fakta tentang objek yang akan disimulasikan diperlukan data yang benar dan tidak dibuat-buat. Data tersebut digunakan untuk melakukan eksperimen pada model hingga akhirnya didapatkan hasil kesimpulan yang sesuai dan diinginkan. Simulasi adalah teknologi yang berkembang pesat walaupun sains dan teori masih tetap sama. *Software* baru dan lebih baik harus terus dikembangkan untuk membuat simulasi yang lebih baik dan mudah digunakan. [3, pp. 1–3]

### 2.1.1. Tujuan Simulasi Komputer

Tujuan setiap simulasi komputer adalah untuk memprediksi secara akurat beberapa perilaku. Simulasi menjadi tidak berguna kecuali jika hasilnya berpengaruh dalam beberapa hal. Biasanya, pengaruh itu adalah dalam proses pengambilan keputusan atau pengetahuan tentang perilaku. Namun, sebelum hasil simulasi memengaruhi keputusan atau menambah pengetahuan, penilai harus menentukan apakah hasilnya sesuai dengan tujuan yang dimaksud atau tidak. Tujuan itu bisa menjadi sesuatu yang sepele seperti menjawab pertanyaan sederhana atau rumit. [4, p. 210]

Simulasi komputer menyediakan alat pemodelan dan evaluasi untuk sistem yang kompleks yang secara analitis tidak bisa dilaksanakan. Sejak awal pada 1950-an, simulasi telah berhasil digunakan untuk meningkatkan desain sistem yang kompleks. Secara tradisional, simulasi telah digunakan untuk mengevaluasi desain sistem untuk menentukan apakah mereka memenuhi berbagai tujuan operasional. Dengan melakukan itu, simulasi menghemat waktu dan sumber daya dengan membuat bukti konsep sebelum membangun sistem fisik untuk pembuatan prototipe. Perpanjangan alami kemudian menggunakan model simulasi untuk mengevaluasi beberapa desain sistem alternatif, untuk memilih desain yang memiliki kinerja terbaik sesuai dengan model simulasi. Penggunaan simulasi ini mencerminkan kekuatan dan keterbatasannya. Di satu sisi, tidak seperti model analitis yang sering membutuhkan asumsi yang terlalu sederhana (dan dalam praktiknya, sulit diterima) untuk traktabilitas, model simulasi mampu meningkatkan spesifisitas untuk meningkatkan kesetiaan pada sistem yang dimodelkan. Oleh karena itu, *output* model simulasi dapat memberikan perkiraan kinerja sistem yang andal bagi pembuat keputusan untuk dipertimbangkan sebelum sistem fisik dibangun. [5, p. 310]

Persyaratan komputasi dan data ini akan menyiratkan bahwa model simulasi biasanya digunakan dalam tahap desain sistem, di mana pembuat keputusan memiliki lebih banyak waktu untuk mengumpulkan data dan menjalankan simulasi untuk sampai pada kesimpulan yang valid secara statistik. Namun, pertumbuhan eksplosif baru-baru ini dalam daya komputasi (baik melalui *cluster* komputasi

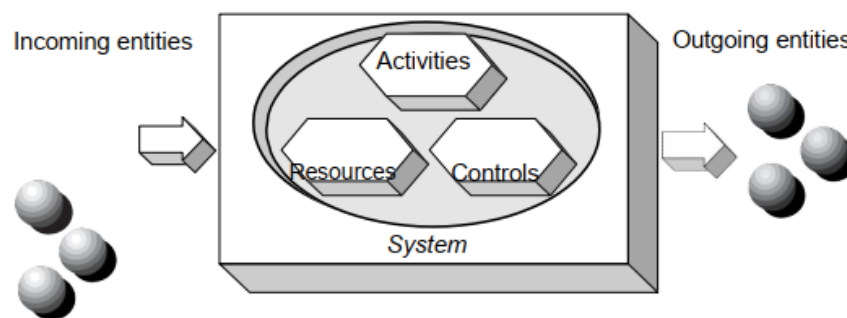
kinerja tinggi atau layanan komputasi awan) telah sangat mengurangi keterbatasan pengambilan keputusan berbasis simulasi karena masalah biaya komputasi. Optimalisasi berbasis simulasi, atau hanya disebut sebagai optimasi simulasi, adalah area penelitian akademik aktif dan beberapa pemecah optimasi simulasi telah diintegrasikan ke dalam produk perangkat lunak simulasi komersial, sebagaimana didokumentasikan dalam survei perangkat lunak simulasi dua tahunan dua kali (Swain, 2015). [5, p. 310]

Optimalisasi simulasi memungkinkan pembuat keputusan untuk secara sistematis mencari ruang keputusan besar untuk desain sistem yang optimal atau mendekati optimal tanpa dibatasi pada beberapa alternatif yang telah ditentukan sebelumnya. Kemampuan optimisasi baru ini sangat memperluas cakupan simulasi sebagai alat analisis untuk desain sistem yang kompleks. Xu et al (2015) memberikan tinjauan rinci dan diskusi tentang penelitian dan aplikasi optimisasi simulasi. Dibandingkan dengan fase desain sistem, optimasi simulasi menghadapi persyaratan yang lebih ketat ketika diterapkan pada kontrol operasional dinamis dalam sistem stokastik kompleks. [5, p. 310]

Keputusan perlu dibuat dalam rentang waktu yang jauh lebih pendek dalam menanggapi situasi yang berkembang secara dinamis. Data perlu dikumpulkan dan diproses dalam waktu dekat untuk mendeteksi gangguan dalam kondisi operasi. Sebaliknya, pada sebagian besar aplikasi optimisasi simulasi saat ini, kumpulan data dikumpulkan dalam periode waktu yang lama dan kemudian digunakan untuk memperkirakan model distribusi probabilitas yang darinya dihasilkan variasi acak untuk mendorong simulasi stokastik. Untuk menegaskan kembali, kami berpendapat bahwa efisiensi komputasi dan persyaratan data adalah dua keterbatasan mendasar yang mencegah optimasi simulasi yang digunakan dalam kontrol sistem stokastik kompleks. [5, p. 310]

### 2.1.2. Sistem Simulasi

Pandangan elemen sistem oleh simulasi terdiri dari entitas, kegiatan, sumber daya dan kontrol. Elemen-elemen inilah yang menentukan siapa, apa, dimana, kapan dan bagaimana pemrosesan dari suatu entitas. Model ini untuk menggambarkan suatu sistem yang berhubungan erat dengan model proses *ICAM Definition (IDEF)* yang dikembangkan dengan baik oleh industri pertahanan. (ICAM adalah singkatan dari program Angkatan Udara awal dalam pabrikasi berbantuan komputer terintegrasi). Paradigma pemodelan IDEF memandang suatu sistem sebagai terdiri dari *input*, *output*, kegiatan, mekanisme dan kontrol. [2, pp. 25–27]. Berikut ini adalah gambaran dari elemen sistem yang dapat dilihat pada gambar 2.1.



**Gambar 2.1. Elemen Sistem [2, p. 25]**

Fungsi dari elemen-elemen sistem simulasi tersebut adalah sebagai berikut:

#### a) Entitas

Entitas adalah barang yang diproses melalui sistem seperti produk, pelanggan, dan dokumen. Entitas yang berbeda dapat memiliki karakteristik unik seperti biaya, bentuk, prioritas, kualitas, atau kondisi. Entitas dapat dibagi lagi menjadi beberapa tipe, yaitu manusia atau hewan, benda mati dan benda tidak berwujud. Untuk sebagian besar sistem pabrikan dan layanan, entitasnya adalah item diskrit. Ini adalah kasus untuk pembuatan bagian diskrit dan tentu saja kasus untuk hampir semua sistem layanan yang memproses pelanggan, dokumen, dan lainnya. Untuk beberapa sistem produksi, yang disebut sistem kontinu, zat nondiskrit diproses daripada entitas diskrit. Contoh sistem kontinu adalah kilang minyak dan pabrik kertas.

b) Aktivitas

Aktivitas adalah tugas yang dilakukan dalam sistem yang terlibat secara langsung atau tidak langsung dalam pemrosesan entitas. Contoh kegiatan termasuk melayani pelanggan, memotong bagian pada mesin, atau memperbaiki peralatan. Kegiatan biasanya menghabiskan waktu dan sering melibatkan penggunaan sumber daya. Kegiatan dapat diklasifikasikan sebagai pemrosesan entitas, pergerakan entitas dan sumber daya, penyesuaian sumber daya, pemeliharaan, dan perbaikan.

c) Sumber Daya

Sumber daya adalah sarana yang dengannya kegiatan dilakukan. Mereka menyediakan fasilitas pendukung, peralatan, dan personel untuk melakukan kegiatan. Sementara sumber daya memfasilitasi pemrosesan entitas, sumber daya yang tidak memadai dapat membatasi proses dengan membatasi tingkat di mana pemrosesan dapat terjadi. Sumber daya memiliki karakteristik seperti kapasitas, kecepatan, waktu siklus, dan keandalan. Seperti entitas, sumber daya dapat dikategorikan sebagai manusia atau hewan, benda mati dan benda tidak berwujud. Sumber daya juga dapat diklasifikasikan sebagai yang didedikasikan atau dibagikan, permanen atau dapat dikonsumsi.

d) Kontrol

Kontrol menentukan bagaimana, kapan, dan dimana kegiatan dilakukan. Kontrol memaksakan ketertiban pada sistem. Pada level tertinggi, kontrol terdiri dari jadwal, rencana, dan kebijakan. Pada level terendah, kontrol mengambil bentuk prosedur tertulis dan logika kontrol mesin. Di semua tingkatan, kontrol menyediakan informasi dan logika operasi sistem.

### 2.1.3. Prosedur Simulasi

Pada umumnya simulasi dianggap dapat digunakan untuk membantu memecahkan persoalan yang berhubungan dengan suatu sistem baru atau untuk melakukan perubahan terhadap sistem yang sudah ada namun belum optimal. Simulasi dapat dilakukan dengan melakukan penelitian atau pengumpulan data terlebih dahulu untuk mengetahui model simulasi seperti apa yang akan dibuat. Berikut ini adalah prosedur dalam melakukan simulasi. [2, pp. 37–38]

#### a) Identifikasi Masalah dan Peluang

Pentingnya mengidentifikasi bidang masalah yang paling signifikan dan mengenali peluang untuk perbaikan tidak dapat dilebih-lebihkan. Standar kinerja harus ditetapkan tinggi untuk mencari peluang peningkatan terbesar. Perusahaan yang membuat langkah besar adalah menetapkan sasaran peningkatan 100 hingga 500 persen di banyak bidang seperti pengurangan inventaris atau pengurangan waktu tunggu pelanggan. Menetapkan standar tinggi mendorong orang untuk berpikir kreatif dan sering menghasilkan perbaikan terobosan yang seharusnya tidak pernah dipertimbangkan.

#### b) Mengembangkan Solusi Alternatif

Mengembangkan solusi biasanya dilakukan dengan cara memahami masalah, mengidentifikasi variabel kunci, dan menggambarkan hubungan penting. Memahami masalah membantu mengidentifikasi kemungkinan area fokus untuk menerapkan solusi. Teknik seperti analisis sebab-akibat dan analisis pareto berguna di sini. Setelah masalah atau peluang telah diidentifikasi dan variabel keputusan utama diisolasi, solusi alternatif dapat dieksplorasi. Di sinilah sebagian besar keahlian desain dan teknik berperan. Pengetahuan tentang praktik terbaik untuk jenis proses umum juga dapat membantu. Perancang harus terbuka untuk semua alternatif solusi yang memungkinkan sehingga solusi terbaik yang mungkin tidak diabaikan. Menghasilkan solusi alternatif membutuhkan kreativitas serta keterampilan organisasi dan teknik. Sesi bertukar pikiran, dimana para perancang menghabiskan setiap ide solusi yang mungkin, sangat

berguna. Perancang harus menggunakan setiap imajinasi dan tidak tertahan oleh solusi konvensional saja. Ide-ide terbaik datang ketika perencana sistem mulai berpikir secara inovatif dan melepaskan diri dari cara tradisional dalam melakukan sesuatu. Simulasi sangat membantu dalam proses ini karena mendorong pemikiran dalam cara-cara baru yang radikal.

c) Mengevaluasi Solusi

Solusi alternatif harus dievaluasi berdasarkan kemampuan mereka untuk memenuhi kriteria yang ditetapkan untuk evaluasi. Kriteria ini sering termasuk tujuan kinerja, biaya implementasi, dampak pada lingkungan dan konsistensi dengan strategi organisasi. Banyak dari kriteria ini sulit untuk diukur, meskipun sebagian besar kemungkinan desain dapat dengan mudah dinilai dari segi manfaat. Setelah mempersempit daftar menjadi beberapa solusi yang paling menjanjikan dengan menggunakan akal sehat dan analisis, teknik evaluasi yang lebih tepat mungkin perlu digunakan. Pada saat inilah simulasi dan alat analisis formal lainnya ikut berperan.

d) Memilih dan Menerapkan Solusi Terbaik

Seringkali pemilihan akhir dari solusi apa untuk diterapkan tidak diserahkan kepada analis, tetapi lebih merupakan keputusan manajemen. Peran analis adalah untuk menyajikan penilaiannya dengan cara yang paling jelas sehingga keputusan yang dibuat berdasarkan informasi dapat dibuat. Bahkan setelah solusi dipilih, pemodelan dan analisis tambahan sering diperlukan untuk menyempurnakan solusi. Pelaksana kemudian harus berhati-hati untuk memastikan bahwa sistem diimplementasikan sebagaimana dirancang, mendokumentasikan alasan untuk setiap modifikasi.

#### **2.1.4. Metriks Performansi**

Metrik adalah ukuran yang digunakan untuk menilai kinerja suatu sistem. Pada tingkat tertinggi organisasi atau bisnis, metrik mengukur kinerja keseluruhan dalam hal laba, pendapatan, biaya relatif terhadap anggaran, pengembalian aset, dan sebagainya. Metrik ini biasanya bersifat finansial dan menunjukkan kinerja *bottom-line*. Sayangnya, metrik semacam itu tertinggal, menyamarkan kinerja operasional tingkat rendah, dan hanya dilaporkan secara berkala. Dari sudut pandang operasional, lebih menguntungkan untuk melacak faktor-faktor seperti waktu, kualitas, kuantitas, efisiensi, dan pemanfaatan. Metrik operasional ini mencerminkan aktivitas langsung dan dapat dikontrol secara langsung. Mereka juga mendorong metrik terkait keuangan yang lebih tinggi. Metrik operasional utama yang menggambarkan keefektifan dan efisiensi sistem manufaktur dan layanan. [2, p. 31]

Metrik ini dapat diberikan untuk seluruh sistem, atau dapat dipecah berdasarkan sumber daya individu, jenis entitas, atau beberapa karakteristik lainnya. Dengan mengaitkan metrik ini dengan faktor lain, metrik bermakna tambahan dapat diturunkan yang berguna untuk perbandingan atau analisis komparatif lainnya. Metrik relasional tipikal meliputi waktu aliran teoretis minimum dibagi dengan waktu aliran aktual (efisiensi waktu aliran), biaya per unit yang diproduksi (biaya satuan), persediaan tahunan yang dijual dibagi dengan persediaan rata-rata (rasio perputaran atau rasio perputaran), atau unit yang diproduksi per biaya atau tenaga kerja input (produktivitas). [2, p. 33]

#### **2.1.5. Revolusi Industri dan Simulasi**

Revolusi industri adalah transisi manufaktur proses perubahan dan telah secara fundamental mengubah ekonomi dan masyarakat kita (Bloem et al, 2014). Revolusi industri pertama mengatur panggung untuk produksi industri. Pengenalan fasilitas produksi mekanik menggunakan uap air terjadi pada akhir abad kedelapan belas. Memasuki abad kedua puluh, revolusi industri kedua adalah revolusi listrik,



bersamaan dengan teknik produksi massal dan pengenalan sabuk konveyor. [5, p. 311]

Revolusi kedua mempopulerkan produksi massal dan secara bertahap memunculkan jalur perakitan. Ini, pada gilirannya, melahirkan teknik industri dan studi stokastik dalam sistem industri. Revolusi industri ketiga adalah revolusi digital, yang ditandai dengan bangkitnya komputer dan otomatisasi dalam kendali industri. Sepanjang paruh kedua abad ke-20, aplikasi elektronik dan sistem informasi yang tersebar luas semakin meningkatkan produksi otomatis. Ini memungkinkan berbagai produsen untuk memprogram ulang peralatan manufaktur dan merestrukturisasi proses untuk melakukan tugas yang berbeda dalam waktu singkat. Ketika kekuatan komputasi menjadi dapat diakses oleh massa, revolusi digital ini memunculkan penelitian dan aplikasi simulasi. Ini juga dengan cepat meningkatkan potensi simulasi sebagai alat analisis. [5, p. 311]

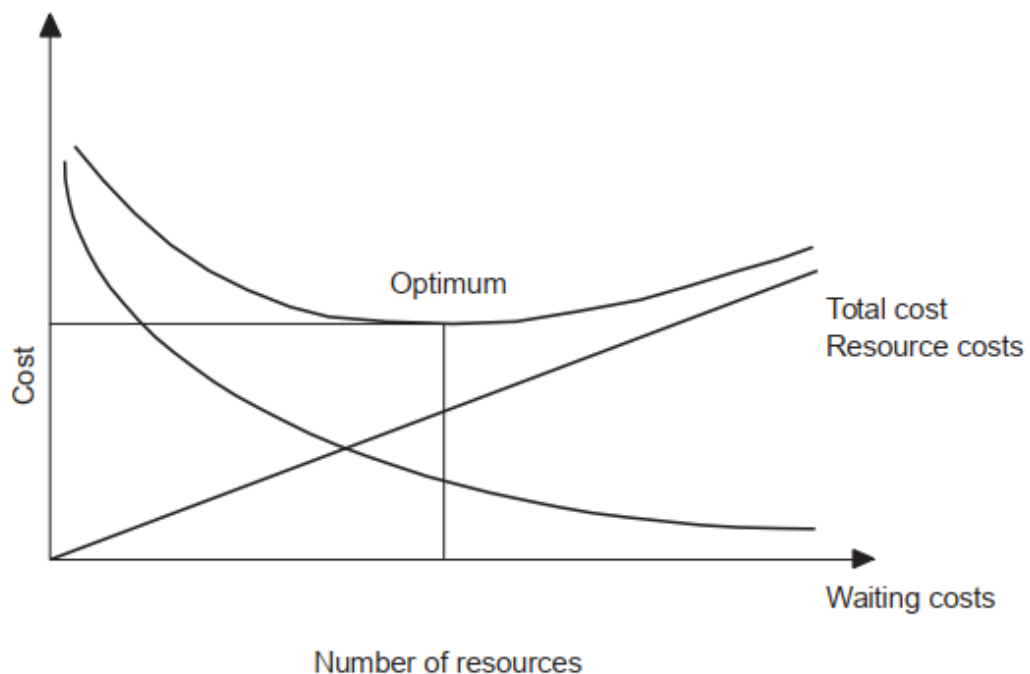
Sistem industri beroperasi di lingkungan yang sangat stokastik dan menjadi semakin kompleks dan dinamis, mereka juga menjadi tidak bisa diterapkan pada metode analisis tradisional. Ini akibatnya mendorong pengembangan penelitian akademis tentang simulasi dan komersialisasi teknologi simulasi. Saat ini, banyak produk perangkat lunak simulasi populer menargetkan pembuatan sebagai area aplikasi utama. Dalam survei perangkat lunak simulasi dua tahunan sepuluh (Swain, 2015), AnyLogic, Arena, ExtendSim, FlexSim, ProModel, SAS Simulation Studio, Simio, dan SIMUL8 semuanya memiliki manufaktur, rantai pasokan, dan logistik sebagai pasar utama untuk aplikasi. Paling sering, produk perangkat lunak simulasi ini digunakan untuk mengembangkan model simulasi untuk mengevaluasi desain sistem manufaktur. Sebagai contoh, Tongarlak et al (2010) menggambarkan model simulasi Arena yang digunakan oleh Delphi Corporation dalam fase pengembangan sebuah lini produksi injeksi bahan bakar bernilai jutaan dolar baru. Dalam Liu et al (2011), model simulasi digunakan untuk menyelidiki ekspansi kapasitas strategis peralatan produksi dalam pembuatan semikonduktor. [5, p. 311]

### **2.1.6. Optimisasi Sistem**

Menemukan pengaturan yang tepat untuk variabel keputusan yang paling memenuhi tujuan kinerja disebut optimasi. Secara khusus, optimisasi mencari kombinasi terbaik dari nilai-nilai variabel keputusan yang meminimalkan atau memaksimalkan beberapa fungsi objektif seperti biaya atau keuntungan. Fungsi obyektif hanyalah variabel respon dari sistem. Tujuan tipikal dalam masalah optimisasi untuk sistem manufaktur atau layanan mungkin meminimalkan biaya atau memaksimalkan laju aliran. Sebagai contoh, kami mungkin tertarik untuk menemukan jumlah personel yang optimal untuk mengatur staf untuk aktivitas dukungan pelanggan yang meminimalkan biaya namun menangani volume panggilan. Dalam masalah manufaktur, kami mungkin tertarik untuk memaksimalkan throughput yang dapat dicapai untuk konfigurasi sistem yang diberikan. [2, p. 34]

Masalah optimasi sering kali mencakup batasan, batasan nilai yang dapat diambil oleh variabel keputusan. Misalnya, dalam menemukan kecepatan optimal konveyor sehingga biaya produksi dapat diminimalkan, tidak diragukan lagi akan ada batas fisik seberapa lambat atau cepat konveyor dapat beroperasi. Pada dasarnya kesalahan-kesalahan yang terdapat pada sistem atau model dapat di perbaiki. Simulasi merupakan salah satu metode yang dapat melakukan pembuatan model setiap alternatif solusi kebijakan dan hasilnya dapat diketahui secara cepat dan akurat. Dalam buku *Simulation Using Promodel* kekuatan simulasi terletak pada fakta bahwa ia menyediakan suatu metode analisis yang tidak formal dan prediktif tapi juga mampu secara akurat memprediksi performansi bahkan sistem yang kompleks sekalipun. [6, p. 28]

Dalam sistem layanan, antrian panjang menghasilkan waktu tunggu yang lama, sehingga pelanggan tidak puas. Pada ekstrem yang lain, orang mungkin merasa bahwa mengurangi inventaris atau biaya menunggu harus menjadi tujuan utama dan, oleh karena itu, memutuskan untuk menggunakan lebih dari jumlah sumber daya yang memadai sehingga pekerjaan-dalam-proses atau waktu tunggu pelanggan secara virtual dihilangkan. Seharusnya jelas bahwa ada titik di mana biaya penambahan sumber daya lain tidak dapat lagi dibenarkan oleh semakin berkurangnya penghematan dalam biaya tunggu yang direalisasikan. Karena alasan ini, umumnya diakui bahwa strategi yang lebih baik adalah menemukan pertukaran atau keseimbangan yang tepat antara jumlah sumber daya dan waktu tunggu sehingga total biaya diminimalkan.[2, pp. 35–36]. Berikut ini adalah gambar kurva biaya jumlah sumber daya optimal untuk meminimalkan total biaya yang dapat dilihat pada gambar 2.2.



**Gambar 2.2. Kurva Biaya Jumlah Sumber Daya Optimal untuk Meminimalkan Total Biaya [2, p. 35]**

Berdasarkan gambar di atas jumlah sumber daya dimana jumlah biaya sumber daya dan biaya tunggu minimum adalah jumlah sumber daya optimal untuk dimiliki. Ini juga menjadi waktu tunggu optimal yang dapat diterima. Dalam desain sistem, sampai pada desain sistem yang optimal tidak selalu realistis, mengingat konfigurasi yang hampir tak terbatas yang kadang-kadang mungkin dan waktu terbatas yang tersedia. Dari sudut pandang praktis, yang terbaik yang dapat diharapkan adalah solusi yang mendekati optimal yang membuat kami cukup dekat dengan tujuan kami, mengingat kendala waktu untuk membuat keputusan.

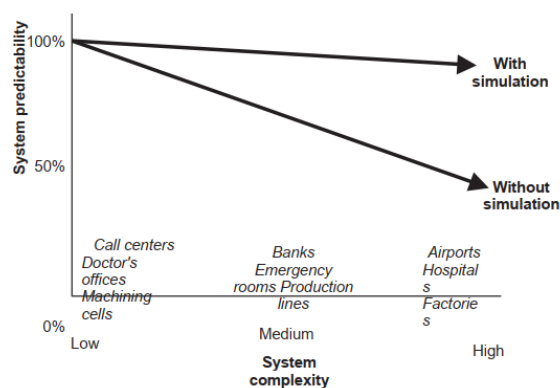
#### **2.1.6.1. Teknik Analisa Sistem**

Sementara simulasi mungkin merupakan alat analisis sistem yang paling fleksibel dan kuat, teknik lain yang tersedia juga dapat berguna dalam perencanaan sistem. Teknik-teknik alternatif ini biasanya metode komputasi yang bekerja dengan baik untuk sistem sederhana dengan sedikit saling ketergantungan dan variabilitas. Untuk sistem yang lebih kompleks, teknik ini masih dapat memberikan perkiraan kasar tetapi gagal menghasilkan wawasan dan jawaban akurat yang diberikan simulasi. [2, pp. 38–39]

Sistem yang diimplementasikan menggunakan teknik ini biasanya memerlukan beberapa penyesuaian setelah implementasi untuk mengimbangi perhitungan yang tidak akurat. Sebagai contoh, jika setelah menerapkan sistem ditemukan bahwa jumlah sumber daya yang awalnya dihitung tidak cukup untuk memenuhi persyaratan pemrosesan, sumber daya tambahan ditambahkan. Penyesuaian ini dapat membuat penundaan yang lama dan modifikasi yang mahal jika melibatkan pelatihan personil khusus atau peralatan khusus. Sebagai tindakan pencegahan, faktor keselamatan kadang-kadang ditambahkan ke perhitungan sumber daya dan ruang untuk memastikan mereka memadai. Namun, mendesain sistem secara berlebihan juga bisa mahal dan boros. Ketika interdependensi dan variabilitas sistem meningkat, tidak hanya kinerja sistem menurun, tetapi kemampuan untuk secara akurat memprediksi kinerja sistem juga menurun (Lloyd dan Melton 1997). Simulasi memungkinkan perencana untuk secara akurat memprediksi kinerja yang

diharapkan dari suatu desain sistem dan pada akhirnya membuat keputusan desain yang lebih baik. [2, p. 39]

Alat analisis sistem, selain simulasi, termasuk perhitungan sederhana, *spread sheet*, teknik penelitian operasi (seperti pemrograman linear dan teori antrian), dan alat komputerisasi khusus untuk penjadwalan, tata letak, dan sebagainya. Meskipun alat ini dapat memberikan solusi cepat dan perkiraan, mereka cenderung membuat asumsi penyederhanaan yang berlebihan, hanya melakukan perhitungan statis, dan terbatas pada kelas masalah yang sempit. Selain itu, mereka gagal untuk sepenuhnya memperhitungkan interdependensi dan variabilitas sistem yang kompleks dan oleh karena itu tidak akurat seperti simulasi dalam memprediksi kinerja sistem yang kompleks. Mereka semua tidak memiliki kekuatan, keserbagunaan, dan daya tarik visual dari simulasi. Namun, mereka memberikan solusi cepat, dan untuk situasi tertentu menghasilkan hasil yang memadai. Mereka penting untuk dibahas di sini, tidak hanya karena kadang-kadang memberikan alternatif yang baik untuk simulasi, tetapi juga karena mereka dapat melengkapi simulasi dengan memberikan perkiraan desain awal untuk input ke model simulasi. Mereka juga dapat berguna untuk membantu memvalidasi hasil simulasi dengan membandingkannya dengan hasil yang diperoleh dengan menggunakan model analitik. [2, p. 39]. Gambaran tersebut dapat dilihat pada gambar 2.3.



**Gambar 2.3. Meningkatkan Kemampuan Memprediksi Kinerja [2, p. 39]**

### 2.1.7. Optimisasi Simulasi

Optimalisasi simulasi adalah alat untuk menemukan desain sistem yang optimal, sebagaimana diwakili oleh model simulasi komputer. Dibandingkan dengan metode optimasi linier dan nonlinear yang dikembangkan untuk masalah optimisasi deterministik dan stokastik yang lebih terstruktur, masalah optimisasi simulasi umum memiliki tiga karakteristik berbeda: [4, p. 313]

- a) Lingkungan bising: nilai obyektif hanya dapat diperkirakan dengan suara (seringkali dengan varian yang tidak sama dan tidak diketahui) melalui simulasi stokastik.
- b) Mahal secara komputasional: setiap evaluasi fungsi tujuan memerlukan satu replikasi simulasi, dan dapat menjadi mahal secara komputasi dan memakan waktu ketika model simulasi skala besar dilibatkan.
- c) Kotak hitam: karena logika model yang rumit, ada biasanya beberapa (jika ada) properti struktural yang dapat dieksploitasi.

Karakteristik berisik dan mahal untuk masalah optimisasi simulasi berarti bahwa analis harus hati-hati mengalokasikan anggaran simulasi untuk serangkaian desain yang memperoleh estimasi nilai obyektif yang paling dapat diandalkan dengan cara yang efisien dan adaptif. Untuk alasan ini, baik rata-rata sampel dan varians sampel (dan mungkin statistik lainnya) dari estimasi simulasi semua solusi harus dipertimbangkan. Dipertimbangkan dengan tepat, statistik ini dapat membantu menentukan berapa banyak lagi simulasi yang harus dijalankan pada setiap solusi untuk memaksimalkan probabilitas pemilihan yang benar yang terbaik. Telah ada aliran literatur terkemuka tentang penggunaan anggaran simulasi yang efisien untuk meningkatkan kinerja algoritma optimasi simulasi.

Sifat kotak hitam dari optimasi simulasi memiliki dampak mendasar pada desain algoritma yang berlaku luas. Sebagian besar algoritma optimasi simulasi secara langsung bekerja dengan estimasi nilai obyektif. Kelas algoritma yang representatif

adalah pencarian stokastik (adaptif), di mana desain baru disampel secara acak dari ruang desain menurut distribusi sampel. Algoritma adaptif memperbarui distribusi sampling untuk fokus pada area yang paling menjanjikan. Algoritma pencarian stokastik ini memberikan jaminan konvergensi dengan adanya kebisingan stokastik tanpa mengasumsikan struktur apa pun pada fungsi objektif. Namun, tanpa informasi struktural, algoritma ini biasanya tidak memiliki efisiensi komputasi yang diperlukan untuk pengambilan keputusan waktu-nyata. Ketika perkiraan gradien langsung tersedia untuk masalah optimasi simulasi dengan variabel kontinu dan terdiferensiasi, ada banyak algoritma yang lebih efisien yang menggunakan gradien stokastik ini (Fu, 1990, 1994) yang berasal dari karya mani pada perkiraan stokastik (Kushner dan Yin, 1997). Namun, untuk sebagian besar sistem industri yang kompleks, perkiraan gradien langsung tidak tersedia. Peneliti optimisasi simulasi telah bekerja pada algoritma yang memanfaatkan kekuatan komputasi paralel. [5, p. 314]

Dalam konteks algoritma R&S, Yucesan et al (2001) membahas manfaat mengevaluasi berbagai solusi secara paralel. Luo et al (2015) dan Ni et al. (2015) mempelajari algoritma R&S sequential paralel menggunakan message passing interface (MPI) dan MapReduce. Paralelisme sangat bermanfaat bagi R&S karena jumlah desain yang dibandingkan adalah seperangkat terbatas, biasanya dalam urutan ribuan. Sebaliknya, masalah optimisasi simulasi umum perlu bekerja dengan ruang pencarian yang berisi sejumlah besar desain yang layak. Dengan demikian, manfaat paralelisme biasanya akan terlihat, tetapi tidak dengan sendirinya mencukupi. Singkatnya, meskipun ada kemajuan signifikan yang telah dibuat dalam penelitian optimisasi simulasi, metode optimisasi simulasi yang ada masih dimaksudkan untuk mengoptimalkan desain sistem ketika pengambil keputusan memiliki cukup waktu untuk mencari ruang desain dan mencari desain yang optimal atau hampir optimal. Penelitian optimisasi simulasi masih perlu membuat kemajuan mendasar untuk membuatnya cocok untuk mendukung keputusan kontrol di era Industrial 4.0, di mana dimensi ruang keputusan meledak dan jendela waktu untuk pengambilan keputusan menyusut. [5, p. 314]

### **2.1.8. Simulasi dalam Sistem Produksi**

Sistem produksi adalah contoh dari sistem yang kompleks. Dengan demikian, membuat keputusan dalam sistem seperti itu tetap merupakan masalah yang sangat sulit. Untuk membantu pengambil keputusan dalam merumuskan strategi yang tepat, diperlukan alat yang kuat. Model optimisasi murni tidak sesuai karena beberapa alasan. Pertama, model optimisasi tidak dapat menangkap perilaku dinamis dari sistem yang kompleks. Selain itu, masalah praktis yang paling umum sangat dibatasi untuk dimodelkan sebagai model sederhana. Maka dari itu pemanfaatan simulasi diterapkan untuk meningkatkan proses pengambilan keputusan. [7, p. 1]

Sistem produksi adalah sistem entitas yang kompleks dari awal hingga akhir suatu produksi. Saat ini, manajemen sistem produksi yang melibatkan produk, layanan, dan manajemen arus informasi memainkan peran kunci dalam keberhasilan perusahaan dan kepuasan pelanggan. Namun, karena pasar yang dinamis saat ini, manajemen sistem produksi menjadi berat bagi pembuat keputusan yang menghadapi tantangan di berbagai tingkat sistem produksi, seperti lokasi fasilitas, manajemen inventaris, pemilihan pemasok, produksi, perencanaan distribusi, dan transportasi. Untuk menghadapi tingkat kompleksitas seperti itu, ada kebutuhan yang semakin besar untuk pendekatan pemodelan. [7, p. 1]

Optimisasi telah banyak digunakan dalam literatur untuk memodelkan sistem produksi sebagai sekumpulan asumsi yang mengambil bentuk hubungan matematis atau logis. Batasannya adalah bahwa model-model ini dapat diselesaikan dengan teknik optimisasi jika hal tersebut cukup sederhana. Namun, sistem dunia nyata terlalu rumit, sehingga ada beberapa masalah yang tidak dapat ditangani dengan optimalisasi. Misalnya, jika perkiraan naik hal ini akan mendorong produksi untuk menghasilkan lebih banyak untuk memenuhi permintaan. Sebaliknya apabila permintaan menurun maka bahan baku yang digunakan bisa jadi tidak terpakai dan hanya akan disimpan di gudang. Dalam hal ini, hanya simulasi yang merupakan alat yang berharga untuk mengatasi dinamika dalam sistem produksi. [7, p. 1]



Salah satu kelemahan simulasi adalah simulasi bukanlah alat optimisasi yang tepat. Misalnya, saat melakukan analisis kapasitas Perencanaan Sumber Daya Bahan (MRP), simulasi tidak dapat menangani situasi kapasitas terbatas. Tetapi jika kita menggunakan optimasi sebagai gantinya, sumber alternatif atau produksi dapat ditentukan untuk menangani situasi. Pendekatan Simulasi-Optimasi telah banyak digunakan di berbagai bidang. Kemungkinan menggabungkan kedua teknik ini sangat beragam. Untuk alasan itu, taksonomi diperlukan untuk mendapatkan gambaran umum dari spektrum penuh pendekatan. Beberapa klasifikasi telah diusulkan dalam literatur sesuai dengan kriteria yang berbeda. [7, p. 1]

#### **2.1.9. Teknik-Teknik Simulasi**

Terdapat beberapa teknik dalam melakukan simulasi, diantaranya adalah sebagai berikut:

##### **a) Simulasi Diskrit-Kejadian**

Simulasi Diskrit-Kejadian adalah jenis simulasi yang memodelkan operasi sistem sebagai urutan kejadian diskrit dalam waktu. Setiap peristiwa terjadi pada waktu tertentu dan menandai perubahan status dalam sistem. Di antara peristiwa berurutan, tidak ada perubahan yang dianggap terjadi. Model Simulasi Diskrit-Kejadian umumnya bersifat stokastik, di mana keacakan dihasilkan menggunakan Distribusi statistik. Simulasi Diskrit-Kejadian cocok untuk masalah pemodelan di tingkat operasional atau taktis. [7, p. 9]

Sebagian besar perangkat lunak simulasi, termasuk ProModel, menghadirkan pandangan dunia yang berorientasi proses kepada pengguna untuk menentukan model. Ini adalah cara kebanyakan manusia cenderung berpikir tentang sistem yang memproses entitas. Ketika menggambarkan suatu sistem, adalah wajar untuk melakukannya dalam hal aliran proses. Entitas mulai memproses pada aktivitas A lalu beralih ke aktivitas B dan seterusnya. Dalam simulasi peristiwa-diskrit, definisi aliran proses ini diterjemahkan ke dalam urutan kejadian untuk

menjalankan simulasi: peristiwa pertama 1 terjadi (entitas mulai memproses pada aktivitas A), kemudian peristiwa 2 terjadi (ia menyelesaikan pemrosesan pada aktivitas A), dan seterusnya. Peristiwa dalam simulasi terdiri dari dua jenis: terjadwal dan bersyarat, keduanya membuat penundaan aktivitas dalam simulasi untuk mereplikasi berlalunya waktu. Acara terjadwal adalah acara yang waktu kejadiannya dapat ditentukan sebelumnya dan karenanya dapat dijadwalkan sebelumnya. Asumsikan, misalnya, bahwa suatu kegiatan baru saja dimulai yang akan memakan waktu sejumlah  $X$ , di mana  $X$  adalah variabel acak yang terdistribusi normal dengan rata-rata 5 menit dan standar deviasi 1,2 menit. Pada awal kegiatan, variasi acak normal dihasilkan berdasarkan parameter ini, katakanlah 4,2 menit, dan acara penyelesaian aktivitas dijadwalkan untuk waktu tersebut di masa mendatang. [2, p. 74]

Acara terjadwal dimasukkan secara kronologis ke kalender acara untuk menunggu waktu kemunculannya. Peristiwa yang terjadi pada interval yang telah ditentukan secara teoritis semua dapat ditentukan sebelumnya dan karena itu dijadwalkan pada awal simulasi. Sebagai contoh, entitas yang datang setiap lima menit ke dalam model semuanya dapat dijadwalkan dengan mudah pada awal simulasi. Namun, alih-alih menjadwalkan semua peristiwa sekaligus yang terjadi pada frekuensi yang ditetapkan, mereka hanya dijadwalkan ketika kejadian berikutnya harus ditentukan. Dalam hal kedatangan berkala, kedatangan berikutnya tidak akan dijadwalkan sampai kedatangan yang dijadwalkan saat ini sebenarnya ditarik dari kalender acara untuk diproses. Penundaan ini sampai saat-saat terakhir yang mungkin meminimalkan ukuran kalender acara dan menghilangkan keharusan mengetahui terlebih dahulu berapa banyak peristiwa yang dijadwalkan ketika panjang simulasi mungkin tidak diketahui. [2, p. 74]

Peristiwa bersyarat dipicu oleh suatu kondisi yang dipenuhi daripada oleh berlalunya waktu. Contoh acara bersyarat mungkin adalah penangkapan sumber daya yang didasarkan pada sumber daya yang tersedia. Contoh lain adalah

pesanan yang menunggu semua item yang membentuk pesanan untuk dirakit. Dalam situasi ini, waktu acara tidak dapat diketahui sebelumnya, sehingga acara yang tertunda hanya ditempatkan dalam daftar tunggu sampai kondisinya dapat dipenuhi. Seringkali beberapa peristiwa yang tertunda dalam daftar menunggu kondisi yang sama. Misalnya, beberapa entitas mungkin sedang menunggu untuk menggunakan sumber daya yang sama ketika tersedia. [2, p. 74]

Secara internal, sumber daya akan memiliki daftar tunggu untuk semua item yang saat ini menunggu untuk menggunakannya. Sementara dalam kebanyakan kasus acara dalam daftar tunggu diproses terlebih dahulu masuk, keluar pertama (FIFO), barang bisa dimasukkan dan dihapus menggunakan sejumlah kriteria yang berbeda. Misalnya, item dapat dimasukkan menurut prioritas item tetapi dihapus sesuai dengan tanggal jatuh tempo paling awal. Peristiwa, baik yang dijadwalkan atau bersyarat, memicu eksekusi logika yang terkait dengan peristiwa itu. Misalnya, ketika entitas membebaskan sumber daya, variabel status dan statistik untuk sumber daya diperbarui, animasi grafis diperbarui, dan daftar tunggu input untuk sumber daya diperiksa untuk melihat aktivitas apa yang merespons selanjutnya. Setiap peristiwa baru yang dihasilkan dari pemrosesan acara saat ini dimasukkan ke dalam kalender acara atau daftar tunggu lain yang sesuai. [2, p. 75]

Dalam kehidupan nyata, peristiwa dapat terjadi secara bersamaan sehingga banyak entitas dapat melakukan sesuatu pada saat yang bersamaan. Dalam simulasi komputer, bagaimanapun, terutama ketika berjalan pada prosesor tunggal, peristiwa hanya dapat diproses satu per satu meskipun itu instan yang sama dalam waktu simulasi. Sebagai akibatnya, metode atau aturan harus ditetapkan untuk memproses peristiwa yang terjadi pada waktu simulasi yang sama persis. Untuk beberapa kasus khusus, urutan peristiwa diproses pada waktu simulasi saat ini mungkin signifikan. Misalnya, entitas yang membebaskan sumber daya dan kemudian mencoba untuk segera mendapatkan sumber daya

yang sama mungkin memiliki keunggulan yang tidak adil atas entitas lain yang mungkin telah menunggu sumber daya tertentu. [2, p. 75]

Di ProModel, entitas, waktu henti, atau item lain yang saat ini sedang diproses diizinkan untuk melanjutkan pemrosesan sejauh mungkin pada waktu simulasi saat ini. Itu berarti terus memproses hingga mencapai kondisi baik Di ProModel, entitas, waktu henti, atau item lain yang saat ini sedang diproses diizinkan untuk melanjutkan pemrosesan sejauh mungkin pada waktu simulasi saat ini. Itu berarti terus memproses hingga mencapai acara bersyarat yang tidak dapat dipenuhi atau penundaan waktunya yang menyebabkan acara di masa mendatang dijadwalkan. Mungkin juga bahwa objek hanya menyelesaikan semua pemrosesan yang ditentukan untuknya dan, dalam kasus entitas, keluar dari sistem. [2, p. 75]

Saat objek sedang diproses, sumber daya apa pun yang dibebaskan atau entitas lain yang mungkin telah dibuat sebagai produk sampingan ditempatkan dalam daftar tindakan dan diproses satu per satu dengan cara yang sama setelah objek saat ini mencapai titik berhenti. Untuk dengan sengaja menangguhkan objek saat ini untuk memungkinkan item dalam daftar tindakan diproses, waktu tunda nol dapat ditentukan untuk objek saat ini. Ini menempatkan item saat ini ke daftar acara mendatang (kalender acara) untuk diproses nanti, meskipun masih diproses pada waktu simulasi saat ini. Ketika semua acara terjadwal dan bersyarat telah diproses yang dimungkinkan pada waktu simulasi saat ini, jam berlanjut ke acara terjadwal berikutnya dan proses berlanjut. Ketika peristiwa penghentian terjadi, simulasi berakhir dan laporan statistik dihasilkan. Siklus pemrosesan peristiwa yang dijadwalkan dan bersyarat yang sedang berlangsung, memperbarui variabel keadaan dan statistik, dan menciptakan peristiwa baru merupakan inti dari simulasi kejadian diskrit. [2, pp. 76–77]

b) *Agent Based Simulation (ABS)*

*Agent Based Simulation* adalah metode yang relatif baru dibandingkan dengan dinamika sistem dan pemodelan kejadian diskrit. Dalam ABS, entitas aktif yang dikenal sebagai agen harus diidentifikasi dan perilakunya didefinisikan. ABS telah diadopsi untuk memecahkan masalah yang kompleks, bentuk optimasi logistik, lalu lintas dan perencanaan kota. ABS dapat digunakan dalam tujuan yang berbeda seperti memahami dinamika proses dan sistem yang diamati, merancang atau merencanakan proses atau sistem, mengelola sistem atau proses, merumuskan teori dan model penjelasan prediksi, mengoptimalkan sumber daya, kemampuan dan proses. [7, p. 9]

c) Simulasi Monte Carlo

Simulasi Monte Carlo adalah teknik simulasi yang digunakan untuk menggabungkan ketidakpastian parameter penilaian yang telah banyak digunakan dalam manufaktur dan bisnis untuk investasi dan perkiraan arus kas dan sebagainya. Ini adalah teknik yang didedikasikan khusus untuk masalah statis dan masalah numerik dengan sifat stokastik. [7, p. 9]

d) Metode *System Dynamics (SD)*

Metode *System Dynamics* diciptakan pada 1950-an oleh Profesor MIT Jay Forrester. Berdasarkan latar belakang sains dan tekniknya, Forrester berusaha menggunakan hukum fisika, khususnya hukum sirkuit listrik, untuk menyelidiki sistem ekonomi dan sosial. SD memandang perusahaan sebagai sistem dengan enam jenis aliran, yaitu bahan, barang, personel, uang, pesanan, dan informasi. Model SD umumnya deterministik dan biasanya digunakan untuk menyelesaikan masalah di tingkat strategis. Dalam SD, setiap entitas tidak secara khusus dimodelkan, tetapi mereka direpresentasikan sebagai kuantitas kontinu dalam sebuah saham. [7, p. 9]

e) *Petri Nets*

*Petri nets* adalah alat grafis dan matematika yang dapat diimplementasikan menggunakan perangkat keras (atau program mikro, dan perangkat lunak) untuk memodelkan dan mempelajari proses. Karena sifat grafis dari model jaring, sebagian besar spesifikasi yang didokumentasikan sendiri, memudahkan komunikasi antara desainer dan pengguna. [7, p. 9]

f) *Intelligent Simulation*

*Intelligent simulation* mengintegrasikan teknik simulasi dan kecerdasan buatan untuk mengatasi volatilitas kehidupan nyata, atau kompleksitas berlebih dari beberapa masalah seperti penjadwalan, membuat pendekatan solusi lebih cepat, kadang-kadang waktu nyata, serta lebih mudah dikelola. [7, p. 9]

g) *Traffic Simulation*

*Traffic simulation* adalah sekelompok teknik yang bertujuan untuk mengatasi masalah manajemen lalu lintas. Aplikasi program simulasi lalu lintas dapat diklasifikasikan ke dalam mikroskopis, mesoskopik dan makroskopis atau tergantung pada waktu ke dalam pendekatan waktu yang kontinu dan diskrit. Beberapa area ini adalah kontrol sinyal lalu lintas, keselamatan lalu lintas, dan simulasi permintaan perjalanan. [7, p. 9]

h) *Simulation Gaming*

*Simulation gaming* telah muncul dalam perangkat analisis kebijakan sejak 1960 dalam menanggapi kebutuhan akan pendekatan yang berpusat pada manusia yang menggabungkan kompleksitas sosial-politik dari masalah kebijakan publik. Ini adalah simulasi interaktif, tempat manajer dapat beroperasi dalam dunia simulasi. Teknik ini diterapkan di berbagai bidang seperti manajemen sumber daya, perencanaan kota, dan konflik peri-perkotaan. Simulasi permainan telah mendapat banyak minat dari sektor pendidikan dan pelatihan. [7, p. 9]

i) *Distributed Simulation*

*Distributed simulation* berkaitan dengan pelaksanaan simulasi pada komputer yang didistribusikan secara geografis yang saling terhubung melalui jaringan, lokal atau luas. Simulasi semacam ini sebagian besar diterapkan dalam transportasi dan manajemen rantai pasokan. [7, p. 9]

j) *Hybrid Techniques*

*Hybrid Techniques* merupakan teknik simulasi yang dikombinasikan untuk menyelesaikan masalah. Hibridisasi yang terkenal adalah *Discrete-Event Simulation* dengan *System Dynamics*. Contoh penerapannya di bidang manufaktur untuk mengevaluasi keputusan produksi, di mana *System Dynamics* digunakan untuk mengukur efek jangka panjang dari keputusan ini dan *crete-Event Simulation* menyediakan analisis rinci dari keputusan jangka pendek. [7, p. 9]

### 2.1.10. Menyiapkan Simulasi

Simulasi kejadian diskrit tidak menghasilkan semua kejadian. Sebaliknya simulasi menjadwalkan kedatangan entitas dan keberangkatan. Artinya, simulasi memanggil fungsi untuk mendapatkan nilai waktu antar-waktu yang terdistribusi secara eksponensial hanya ketika entitas perlu dijadwalkan untuk tiba ke antrian. Seperti halnya, simulasi memanggil fungsi untuk mendapatkan nilai waktu yang terdistribusi secara eksponensial hanya setelah entitas mendapatkan akses dan waktu keberangkatan entitas. Kalender acara dikelola untuk mengkoordinasikan pemrosesan kedatangan dan kejadian keberangkatan. Karena waktu acara kedatangan dan keberangkatan dibuat, mereka ditempatkan pada kalender acara dalam urutan kronologis. Ketika peristiwa ini diproses, variabel keadaan (seperti konten antrian) diubah dan akumulator statistik (seperti waktu kumulatif dalam antrian) diperbarui. Berikut ini adalah yang diperlukan untuk membuat simulasi manual.

a) Jam Simulasi

Ketika transisi simulasi dari satu peristiwa diskrit ke peristiwa berikutnya, jam simulasi dengan cepat diteruskan ke waktu peristiwa berikutnya dijadwalkan terjadi. Tidak perlu waktu untuk berdetik detik sampai mencapai waktu di mana acara berikutnya dalam daftar dijadwalkan terjadi karena tidak ada yang akan terjadi yang mengubah keadaan sistem sampai peristiwa berikutnya terjadi. Sebagai gantinya, jam simulasi bergerak maju melalui serangkaian langkah waktu. Biarkan  $t_i$  menunjukkan nilai jam simulasi pada langkah waktu  $i$ , untuk  $i = 0$  ke jumlah peristiwa diskrit untuk diproses. Dengan asumsi bahwa simulasi dimulai pada waktu nol, maka nilai awal dari jam simulasi dinotasikan sebagai  $t_0 = 0$ . Dengan menggunakan nomenklatur ini,  $t_1$  menunjukkan nilai dari jam simulasi ketika peristiwa diskrit pertama dalam daftar diproses,  $t_2$  menunjukkan nilai dari jam simulasi ketika acara diskrit kedua dalam daftar diproses, dan seterusnya.

b) Atribut Entitas

Untuk menangkap beberapa statistik tentang entitas yang sedang diproses melalui sistem, simulasi peristiwa diskrit mempertahankan *array* nilai atribut entitas. Atribut entitas adalah karakteristik entitas yang dipertahankan untuk entitas tersebut hingga entitas keluar dari sistem. Sebagai contoh, untuk menghitung jumlah waktu suatu entitas menunggu di lokasi antrian, atribut diperlukan untuk mengingat ketika entitas memasuki lokasi. Untuk simulasi ATM, satu atribut entitas digunakan untuk mengingat waktu kedatangan pelanggan ke sistem. Atribut entitas ini disebut atribut waktu kedatangan. Program simulasi menghitung berapa lama setiap entitas pelanggan menunggu dalam antrian dengan mengurangi waktu ketika entitas pelanggan tiba di antrian dari nilai jam simulasi ketika entitas pelanggan mendapatkan akses.

c) Variabel Status

Dua variabel kondisi perubahan-diskrit diperlukan untuk melacak bagaimana status (keadaan) sistem berubah ketika entitas masuk dan keluar dari sistem.



d) Akumulator Statistik

Tujuan dari simulasi manual contoh adalah untuk memperkirakan jumlah waktu yang diharapkan pelanggan menunggu dalam antrian dan jumlah pelanggan yang diharapkan menunggu dalam antrian. Waktu rata-rata pelanggan menunggu dalam antrian adalah rata-rata sederhana. Komputasi ini mengharuskan melakukan pencatatan berapa banyak pelanggan yang melewati antrian dan jumlah waktu setiap pelanggan menunggu dalam antrian. Jumlah rata-rata pelanggan dalam antrian adalah rata-rata tertimbang waktu, yang biasanya disebut rata-rata waktu dalam simulasi. Komputasi ini mengharuskan mengobservasi konten antrian selama simulasi tetapi juga mengukur jumlah waktu antrian mempertahankan setiap nilai yang diamati. Setiap nilai yang diamati setelah dikalikan (ditimbang) dengan jumlah waktu yang dipertahankan. Inilah yang perlu dilakukan penghitungan simulasi pada setiap langkah waktu simulasi untuk menghitung dua ukuran kinerja di akhir simulasi.

e) Kejadian

Ada dua jenis kejadian terjadwal berulang yang mengubah keadaan sistem kejadian kedatangan dan kejadian keberangkatan. Peristiwa kedatangan terjadi ketika entitas pelanggan tiba di antrian. Peristiwa keberangkatan terjadi ketika entitas pelanggan menyelesaikan transaksi di ATM. Setiap pemrosesan kedatangan entitas pelanggan ke antrian termasuk penjadwalan kedatangan entitas entitas berikutnya di depan ke antrian ATM. Setiap kali entitas mendapatkan akses ke ATM, keberangkatannya di masa depan dari sistem dijadwalkan berdasarkan waktu layanan yang diharapkan di ATM. Kami sebenarnya membutuhkan kejadian ketiga untuk mengakhiri simulasi. Kejadian ini biasa disebut kejadian terminasi.

f) Kalender kejadian

Kalender kejadian menyimpan daftar kejadian aktif (kejadian yang telah dijadwalkan dan sedang menunggu untuk diproses) dalam urutan kronologis. Simulasi berlangsung dengan menghapus kejadian pertama yang terdaftar di

kalender kejadian, mengatur jam simulasi, sama dengan waktu di mana kejadian dijadwalkan terjadi, dan memproses kejadian.

## **2.2. Simulasi Menggunakan ProModel**

ProModel adalah paket simulasi komersial yang kuat, namun mudah digunakan, yang dirancang untuk secara efektif memodelkan setiap sistem pemrosesan acara diskrit. ProModel juga memiliki kemampuan pemodelan berkelanjutan untuk pemodelan aliran masuk dan keluar dari tangki dan kapal lainnya. Tutorial online di ProModel menjelaskan analisis membangun, menjalankan, dan output dari model simulasi. Simulasi adalah permodelan proses atau sistem sedemikian rupa hingga akhirnya model meniru respon sistem aktual untuk peristiwa yang terjadi seiring waktu. Mempelajari perilaku model dapat memberikan kita wawasan tentang perilaku sistem yang sebenarnya. [2, p. 93]

### **2.2.1. Membuat Model**

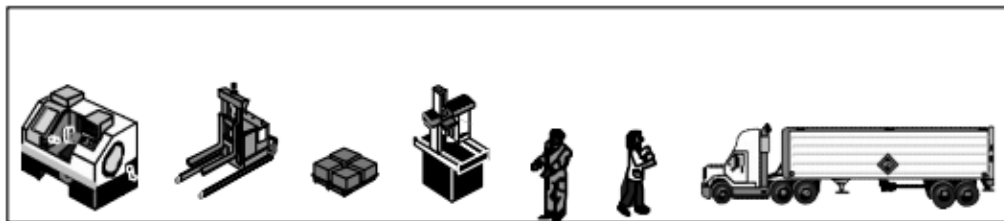
Model didefinisikan dalam ProModel menggunakan alat grafis sederhana, tabel entri data, dan kotak dialog isi-kosong-kosong. Dalam ProModel, model terdiri dari entitas (item yang sedang diproses), lokasi (tempat di mana pemrosesan terjadi), sumber daya (agen yang digunakan untuk memproses dan memindahkan entitas), dan jalur (gang dan jalur di mana entitas dan sumber daya melintasi). Dialog dikaitkan dengan masing-masing elemen pemodelan ini untuk menentukan perilaku operasional seperti kedatangan entitas dan pemrosesan logika. Jadwal, waktu henti, dan atribut lainnya juga dapat didefinisikan untuk entitas, sumber daya, dan lokasi.

Sebagian besar elemen sistem didefinisikan secara grafis dalam ProModel. Grafik yang mewakili lokasi, misalnya, ditempatkan pada tata letak untuk membuat lokasi baru dalam model. Informasi tentang lokasi ini kemudian dapat dimasukkan seperti nama, kapasitas, dan sebagainya. Nilai default disediakan untuk membantu menyederhanakan proses ini. Mendefinisikan objek secara grafis memberikan pendekatan yang sangat intuitif dan visual untuk membangun model. Penggunaan

grafik adalah opsional, dan suatu model bahkan dapat didefinisikan tanpa menggunakan grafik apa pun. Selain objek grafis yang disediakan oleh perangkat lunak pemodelan, kemampuan impor juga tersedia untuk membawa grafik dari paket lain. [2, pp. 93–94]

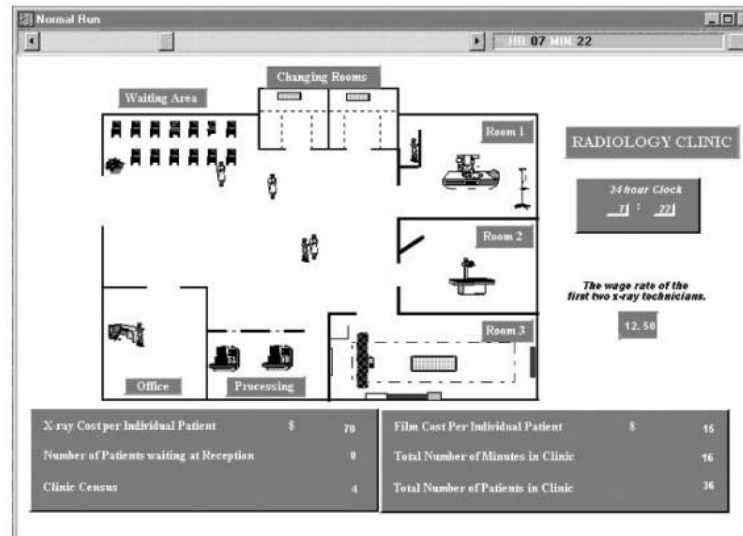
### 2.2.2. Menjalankan Simulasi

Saat menjalankan model yang dibuat di ProModel, basis data model diterjemahkan atau dikompilasi untuk membuat basis data simulasi. Animasi dalam ProModel ditampilkan bersamaan dengan simulasi. Grafik animasi digolongkan statis atau dinamis. Grafik statis termasuk dinding, gang, mesin, teks layar, dan lainnya. Grafik statis memberikan latar belakang di mana animasi berlangsung. Latar belakang ini mungkin tata letak CAD yang diimpor ke dalam model. Objek animasi dinamis yang bergerak di latar belakang selama simulasi termasuk entitas (bagian, pelanggan, dan sebagainya) dan sumber daya (orang-orang, truk fork, dan sebagainya). Animasi juga mencakup penghitung, indikator, pengukur, dan grafik yang diperbarui secara dinamis yang menampilkan jumlah, status, dan informasi statistik. [2, pp. 93–94]. Pada gambar 2.4. dapat dilihat contoh gambar objek yang terdapat pada ProModel.



**Gambar 2.4. Contoh Gambar Objek ProModel [2, p. 93]**

Berikut ini adalah gambar tampilan simulasi ProModel yang dapat dilihat pada gambar 2.5.



**Gambar 2.5. Tampilan Simulasi ProModel [2, p. 94]**

### 2.2.3. Analisis Output

Prosesor keluaran di ProModel menyediakan statistik ringkasan dan terperinci tentang ukuran kinerja utama. Hasil simulasi disajikan berbentuk laporan, histogram dan lainnya. Kemampuan analisis data output seperti estimasi interval kepercayaan disediakan untuk analisis yang lebih tepat. [2, p. 76] Hasil simulasi dapat digunakan untuk memprediksi kejadian, misalnya dengan menggunakan *demand* sebelumnya kita dapat memprediksi *demand* berikutnya. [8, p. 4]

### 2.3. Pengertian Sistem Informasi

Sistem informasi adalah kumpulan perangkat berbasis komputer yang dioperasikan oleh manusia untuk menyimpan dan mengelola data sehingga dapat memberikan informasi keluaran kepada pemakai. Sistem informasi mengkoordinasikan manusia dan komputer untuk mengubah masukan menjadi keluaran yang bermanfaat bagi perusahaan. Sistem informasi berkaitan dengan teknologi informasi, dikarenakan

dalam perancangan suatu sistem informasi diperlukan teknologi seperti komputer, multimedia dan komunikasi agar semuanya berjalan dengan baik.

Sistem informasi mampu mendukung perusahaan dalam segi peningkatan produktifitas, pengurangan biaya, peningkatan pengambilan keputusan dan perancangan kembali sistem yang masih tergolong konvensional. Sistem informasi memiliki beberapa bentuk, yaitu sistem informasi manajemen, sistem pendukung keputusan, sistem informasi eksekutif, sistem otomatisasi perkantoran, sistem pendukung pakar dan sistem proses transaksi. Adapun sistem berbasis komputer merupakan sistem yang komponen-komponennya terdiri dari manusia, *hardware* komputer, *software* komputer, basis data, prosedur dan dokumentasi. Komponen-komponen tersebut merupakan dasar pembuatan sistem berbasis komputer atau hasil aktifitas rekayasa perangkat lunak.

Perangkat lunak komputer merupakan produk yang dihasilkan melalui serangkaian aktivitas proses rekayasa atau pengembangan *software* yang menghasilkan aktivitas berupa dokumen-dokumen yang menspesifikasikan program yang hendak dibangun, program yang dieksekusi komputer, dokumen yang menjelaskan program dan cara kerja program dan data berupa angka, teks, waktu, video, audio, gambar dan sebagainya. [1, pp. 15–17]

Era sistem informasi dimulai dengan kebutuhan pemrosesan otomatis dalam kegiatan rutin bisnis. Pemrosesan dasar sebagai input *input* transaksi bisnis adalah tingkat awal sistem informasi yang didukung oleh teknologi komputer. Waktu setelah itu, tingkat sistem informasi tidak hanya ditandai oleh proses penangkapan input berulang, itu berkembang menjadi pengembangan teknologi gudang untuk menyimpan data yang ditangkap di tingkat input. Teknologi basis data mulai dikenali, sehingga penyimpanan yang lebih baik diperlukan untuk memastikan bahwa semua informasi yang disimpan dapat divisualisasikan, dirangkum sebagai informasi yang dapat dibaca. Kemudian, era level bisnis perusahaan datang. Pada level ini, sistem informasi tidak hanya berperan sebagai penangkap kegiatan rutin dan menyimpannya untuk menghasilkan ringkasan, sistem informasi telah mulai

memberikan bagian yang lebih penting untuk mendukung keputusan strategis manajemen puncak bisnis berdasarkan penambangan informasi dan intelijen sistem informasi. [2, p. 71]

Kecenderungan sistem informasi terkait dengan perkembangan teknologi informasi. Selain tren sistem informasi, teknologi informasi juga berkembang. Saat ini, internet telah mengambil bagian besar pada paradigma teknologi informasi. Mulailah dengan kebutuhan beberapa peneliti untuk membagikan apa yang mereka miliki di komputer telah membuat revolusi luar biasa dalam teknologi informasi. Internet bukan hanya alat untuk berbagi informasi tetapi juga memiliki fungsi yang lebih kuat. Ini memberi kesempatan untuk memanfaatkan banyak sumber daya karena internet merupakan kumpulan dari banyak sumber daya komputer. Betapa kuatnya internet, dapat dibayangkan dengan seberapa banyak komputer (sebagai sumber daya) saling terhubung dalam dimensi yang tidak dikenal yang disebut cloud. Dengan demikian, cloud dapat dilihat sebagai aset besar dalam teknologi informasi. Keberadaan cloud telah mulai digunakan sebagai sumber daya tak terbatas dalam komputasi. Banyak orang meramalkan bahwa cloud sebagai teknologi adalah tren masa depan komputasi. Jadi, itu juga bisa dikaitkan dengan tren sistem informasi. Sistem informasi berdasarkan teknologi cloud atau, dalam istilah populer, sistem informasi sebagai layanan. [2, p. 72]

Sistem informasi juga memiliki enam karakteristik, yaitu *loosely coupled* atau seluruh sistem dibagi menjadi beberapa bagian yang memiliki ketergantungan rendah satu sama lain, netralitas implementasi yang tidak tergantung pada beberapa teknologi atau bahasa pemrograman, konfigurasi yang fleksibel karena pengguna membutuhkan kemudahan dan perubahan dinamis, ketekunan, meskipun memiliki karakteristik *on-demand* sistem harus bangun dalam jangka panjang untuk memastikan bahwa layanan yang diberikan masih relevan bagi pelanggan, *granularity* atau bagian yang membagi sistem harus halus dan tim yang meringkai secara terpusat, IS sebagai layanan harus menjadikannya terdesentralisasi komputasi

### 2.3.1. Pengertian Sistem

Sistem merupakan kumpulan elemen atau komponen yang saling berintegrasi dan berinteraksi untuk mencapai suatu tujuan tertentu. Sistem memiliki sifat tertentu seperti elemen, Batasan sistem, lingkungan sistem, penghubung, *input*, proses, *output* dan tujuan. Sebuah sistem memiliki penghubung yang berfungsi melakukan interaksi antar subsistem atau elemen di dalam sebuah sistem. Sistem juga dapat menerima masukan dari elemen yang lain dan melakukan pengolahan untuk menghasilkan keluaran yang berguna ataupun tidak berguna bagi sistem. Jika keluaran tidak berguna maka hal itu akan dibuang oleh sistem. Suatu sistem dibuat untuk menghasilkan tujuan yang sesuai dengan yang dibutuhkan.

Ada suatu sistem yang disebut sistem manufaktur. Sistem ini dapat terjadi pada bengkel kecil atau perusahaan yang menggunakan permesinan dan jalur perakitan. Pergudangan dan sistem rantai pasokan juga termasuk dalam suatu sistem manufaktur. Sistem ini memiliki serangkaian proses kegiatan untuk mendapatkan *output* yang diinginkan. Dalam sistem manufaktur, bahan baku diubah menjadi produk jadi. Misalnya pabrik farmasi yang memulai dengan bahan mentah berupa beberapa bahan kimia yang belum dicampur harus melalui proses pencampuran, pengeringan dan pemadatan untuk menghasilkan obat jadi dalam bentuk tablet. Sistem pemrosesan adalah buatan, dinamis dan biasanya bersifat stokastik atau menunjukkan perilaku acak. [2, pp. 24–27]

Rekayasa sistem adalah pendekatan untuk menerjemahkan kebutuhan pengguna ke dalam realisasi sistem, arsitektur dan desainnya melalui proses berulang yang menghasilkan sistem operasional yang efektif. Sementara rekayasa sistem telah berfokus pada mendefinisikan proses siklus hidup yang sistematis untuk memenuhi persyaratan kualitas, penggunaan kembali sebagian besar telah menjadi perhatian implisit. Penggunaan kembali secara sistematis dan komprehensif telah dibahas dalam proses rekayasa lini produk. Dalam praktiknya, proses rekayasa sistem dan rekayasa lini produk telah berkembang dan berkembang secara terpisah. [10, p. 1]

### **2.3.2. Pengertian Informasi**

Informasi adalah interpretasi data yang disajikan dengan cara yang berarti atau bisa juga disebut sebagai data yang telah diproses ke dalam suatu bentuk yang mempunyai arti bagi penerima dan mempunyai nilai nyata dan terasa bagi keputusan saat itu atau keputusan yang akan datang. Sumber dari informasi adalah data. Data merupakan kenyataan yang menggambarkan suatu kejadian-kejadian dan kesatuan nyata. Kejadian-kejadian adalah sesuatu yang terjadi pada saat tertentu di dalam dunia.

Tampaknya ada hubungan positif yang sehat antara penggunaan teknologi informasi untuk tujuan pendidikan dan keterlibatan dalam praktik pendidikan yang efektif seperti pembelajaran aktif dan kolaborasi serta interaksi mahasiswa-fakultas. Hasilnya juga menunjukkan prospek bahwa beberapa wilayah keterlibatan dalam teknologi informasi dapat dilihat sebagai bentuk keterlibatan di dalam dan dari dirinya sendiri. Selain itu, ketika siswa menggunakan teknologi informasi, itu dapat meningkatkan peluang mereka untuk jenis keterlibatan lainnya. [11]

### **2.4. Lini Produksi**

Jalur perakitan telah menjadi pengembangan signifikan untuk mengelola operasi yang memungkinkan volume tinggi, biaya rendah dan produksi terstandarisasi. Manfaat-manfaat ini sering diimbangi oleh kelemahan persepsi garis perakitan Fordist menganggapnya kaku dan tidak fleksibel. Pemahaman tentang jalur perakitan secara implisit dibatasi oleh teori seputar perakitan jalur penyeimbangan yang menggambarkan bagaimana sistem tersebut harus dirancang untuk efisiensi maksimum. Masalah penyeimbangan garis telah ditetapkan dalam literatur Riset Operasi. Salveson (1955) pertama kali mendeskripsikan dan secara matematis merumuskan masalah, dan literatur yang luas diikuti (Wild 1972; Erel dan Sarin 1998; Boysen, Flidner, dan Scholl 2007) dengan banyak varian dan ekstensi dari model dasar. Analisis- analisis ini berfokus pada pemaksimalan efisiensi jalur daripada keseluruhan efektivitas operasional atau penggunaan strategisnya. Erel



dan Sarin (1998) mengamati bahwa teori ALB tidak banyak digunakan, tetapi menyarankan ini karena manajer yang berlatih tidak terbiasa dengan perkembangan teori yang relevan. Mereka juga mencatat bahwa manajer sering mempertimbangkan masalah yang lebih luas daripada optimasi garis sederhana; Namun, masalah-masalah itu tidak dieksplorasi. [12, pp. 757–758]

Gambaran umum masalah keseimbangan garis dan pendekatan solusi dapat dilihat di Battaïa dan Dolgui (2013) dengan jalur independen terutama dipertimbangkan oleh Süer (1998). Masalah itu kemudian diformalkan dengan prosedur solusi yang dikembangkan oleh Gökçen, Kürşad dan Benzer (2006), Scholl dan Boysen (2009) dan Ozbakir et al. (2011). Perawatan ini fokus pada memaksimalkan efisiensi jalur, tanpa memperhatikan peran mereka dalam rantai pasokan yang diperpanjang. Mereka mengakui bahwa beberapa jalur akan memungkinkan variasi produk yang lebih besar, tetapi tidak ada yang mempertimbangkan kemampuan mereka untuk memungkinkan variasi dalam volume keluaran. Gökçen, Kürşad dan Benzer (2006) juga memodelkan garis-garis yang memiliki waktu siklus yang berbeda dan menjelaskan bagaimana hal itu akan diselesaikan secara optimal. Mereka tidak menjelaskan mengapa ketidakseimbangan seperti itu menarik, meskipun itu mungkin kombinasi yang lebih efisien daripada garis yang identik. Kasus Ford mengungkapkan peran strategis tata letak seperti itu dalam meningkatkan kemampuan organisasi untuk menanggapi perubahan permintaan dalam volume dan variasi produksi. [12, pp. 757–758]

#### **2.4.1. Manajemen dan Rekayasa Lini Produksi**

Salveson (1955) meresmikan praktik yang ada dengan mendefinisikan secara matematis kebijakan yang ada. Dia tidak membuat klaim untuk mengidentifikasi tujuan, atau menjadi orang pertama yang mengenali keseimbangan beban kerja, tetapi menunjukkan bagaimana masalah yang ditangani secara informal dapat diatasi dengan menggunakan metode penelitian operasi. Mempertimbangkan tingkat produksi keseluruhan untuk menentukan waktu siklus (target *output* harian

atau waktu harian tersedia) dan *workstation* diperlukan (pekerjaan yang dibutuhkan per unit / waktu siklus) sudah mapan. Kebutuhan untuk mencocokkan kapasitas proses dengan keseluruhan *throughput* sudah jelas sejak awal revolusi industri.

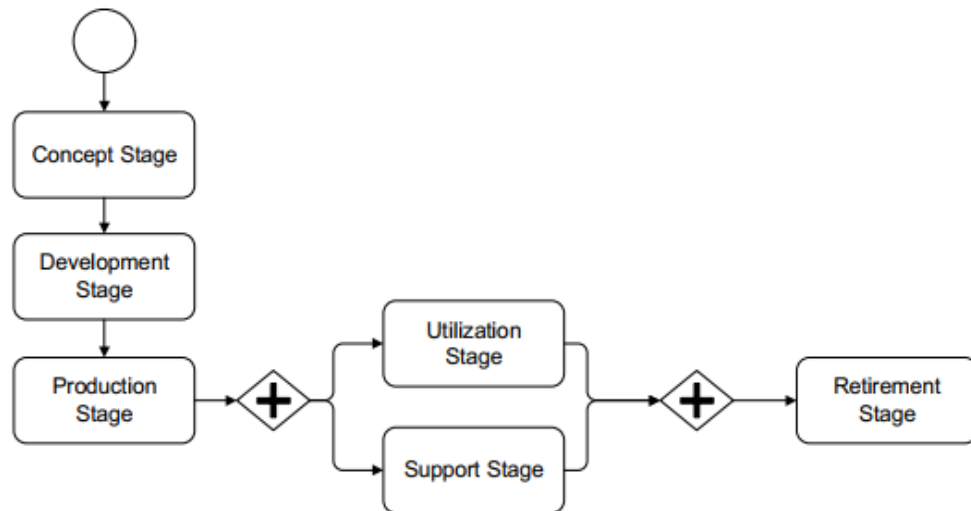
Lini produksi didefinisikan sebagai seperangkat sistem yang berbagi serangkaian fitur umum yang dikelola yang memenuhi kebutuhan spesifik segmen pasar atau misi tertentu dan yang dikembangkan dari serangkaian aset inti bersama dengan cara yang ditentukan. Sementara rekayasa lini produksi awalnya berfokus pada penggunaan kembali perangkat lunak, idenya telah lebih jauh dan sekarang juga diterapkan dalam domain rekayasa sistem, yang mengarah ke gagasan rekayasa lini produk sistem. Manfaat untuk mengadopsi pendekatan lini produk telah dianalisis dan didiskusikan oleh beberapa penulis. [10, p. 1]

Laporan pengalaman menunjukkan manfaat luar biasa dari organisasi yang selaras dengan sasaran bisnis yang dimiliki bersama termasuk peningkatan produktivitas skala besar, penurunan waktu ke pasar, peningkatan kualitas produk, penurunan risiko produk, peningkatan kelincahan pasar, peningkatan kepuasan pelanggan, penggunaan sumber daya manusia yang lebih efisien, kemampuan untuk mempengaruhi kustomisasi massal, kemampuan untuk mempertahankan keberadaan pasar, dan kemampuan untuk mempertahankan pertumbuhan yang belum pernah terjadi sebelumnya. Rekayasa lini produk telah berkembang dari rekayasa lini produk generasi pertama menjadi rekayasa lini produk generasi kedua. Pada rekayasa lini produk generasi pertama fokusnya cenderung lebih pada aset perangkat lunak dan prosesnya sebagian besar manual. rekayasa lini produk generasi kedua sebagai gantinya mencakup aset di seluruh siklus rekayasa dan bertujuan untuk mengkonfigurasi produk secara otomatis. [10, p. 1]

#### **2.4.2. Proses Rekayasa Sistem**

Pada prinsipnya, model dan proses rekayasa sistem disusun berdasarkan konsep siklus hidup termasuk serangkaian kegiatan. Proses rekayasa sistem adalah model proses yang mendefinisikan kegiatan utama yang harus dilakukan untuk

menerapkan rekayasa sistem. [10, p. 1]. Berikut ini adalah siklus hidup sistem yang dapat dilihat pada gambar 2.6.



**Gambar 2.6. Siklus Hidup Sistem [10, p. 2]**

Proses teknis meliputi analisis bisnis atau misi, definisi kebutuhan dan persyaratan pemangku kepentingan, definisi persyaratan sistem, definisi arsitektur, definisi desain, analisis sistem, implementasi, integrasi, verifikasi, transisi, validasi, operasi, pemeliharaan, dan pembuangan. Proses manajemen teknis meliputi perencanaan proyek, penilaian dan kontrol proyek, manajemen keputusan, manajemen risiko, manajemen konfigurasi, manajemen informasi, pengukuran, dan jaminan kualitas. Proses perjanjian termasuk akuisisi dan penawaran. Proses yang memungkinkan proyek organisasi meliputi manajemen model siklus hidup, manajemen infrastruktur, manajemen portofolio, manajemen sumber daya manusia, manajemen kualitas, dan manajemen pengetahuan. [7, p. 2]

### 2.4.2.1. Pemodelan Proses

Model proses mendefinisikan langkah-langkah dan pedoman untuk melakukan suatu proses. Penelitian tentang pemodelan proses mendukung berbagai tujuan. Lima tujuan utama untuk pemodelan proses dapat didefinisikan sebagai berikut: [7, p. 2]

a) Memfasilitasi pemahaman dan komunikasi manusia.

Penting untuk mewakili proses dalam format yang umum dan dapat dipahami yang dapat dibagikan oleh pemangku kepentingan terkait. Dengan demikian, model proses yang disediakan dapat digunakan untuk memungkinkan komunikasi dan kesepakatan tentang proses. Model proses akan mencakup informasi yang cukup untuk memungkinkan individu atau tim untuk melakukan proses. Menggunakan dan berdasarkan pada model proses orang dapat bekerja bersama lebih efektif. Akhirnya, model proses dapat digunakan sebagai dasar untuk melatih proses yang dimaksud.

b) Mendukung peningkatan proses.

Model proses dapat digunakan dengan tujuan untuk meningkatkan proses yang ada. Komponen yang diperlukan dari suatu proses dapat diidentifikasi, proses yang terdefinisi dengan baik dapat digunakan kembali, dampak dari perubahan potensial terhadap suatu proses dapat diperkirakan tanpa mempraktikkannya, evolusi proses dapat dikelola, dan penggabungan seleksi alat dapat didukung.

c) Mendukung manajemen proses.

Model proses dapat diperlukan untuk mendukung manajemen proses dalam konteks proyek yang sebenarnya. Model proses dapat digunakan untuk alasan tentang atribut penciptaan produk atau evolusi, mendukung pengembangan rencana untuk proyek (peramalan), memantau, mengelola, dan mengoordinasikan proses, dan memberikan dasar untuk pengukuran proses, seperti definisi titik pengukuran dalam konteks proses tertentu

d) Panduan proses otomatis.

Model proses dapat digunakan untuk mendukung otomatisasi pedoman proses. Ini membutuhkan alat otomatis untuk memanipulasi deskripsi proses. Berdasarkan alat, panduan dapat diberikan untuk memfasilitasi kinerja manusia dari proses yang dimaksud.

e) Mengotomatiskan dukungan eksekusi.

Selain dukungan otomatis untuk panduan proses manusia, proses tersebut juga dapat dimodelkan untuk mendukung pelaksanaannya oleh program. Langkah-langkah proses dapat secara otomatis dieksekusi, data pengukuran dapat dikumpulkan secara otomatis, dan aturan dapat ditegakkan untuk memastikan integritas proses.

Pemodelan dan dengan memformalkan proses dapat mendukung manfaat di atas tetapi juga disertai dengan risiko. Secara khusus, diperlukan memutuskan tingkat dan ruang lingkup pemodelan proses. Dalam hal terlalu banyak proses formal dan dengan demikian terlalu keras dapat menyebabkan situasi di mana kegiatan proses atau tugas yang tidak perlu dilakukan, dan juga biaya meningkat. Terlalu sedikit proses mungkin mengurangi manfaat untuk pemodelan proses. Biasanya, model proses didefinisikan oleh Kelompok Peningkatan Proses yang bertujuan untuk mendukung kegiatan peningkatan proses suatu organisasi. Individu-individu ini melakukan penilaian kemampuan organisasi, mengembangkan rencana untuk mengimplementasikan perbaikan yang diperlukan, mengoordinasikan pelaksanaan rencana-rencana itu, dan mengukur efektivitas upaya-upaya ini. Untuk konteks kami, tujuan utama pemodelan proses mencakup komunikasi proses dengan pemangku kepentingan yang berbeda, panduan kegiatan proses, sarana untuk menganalisis kemajuan dan menyelaraskan berbagai proses rekayasa lini produk. [10, pp. 2–3]

## 2.5. Teknik Industri

Teknik Industri secara umum dikenal sebagai program studi di fakultas teknik, lebih lanjut teknik industri merupakan suatu profesi yang telah berkembang sejak awal abad ke-19 dan merupakan hasil dari revolusi industri. Banyak tokoh yang turut berkontribusi dalam perkembangan keilmuan teknik industri diantaranya yang paling sering dibicarakan adalah Frederick Winslow Taylor, Frank Gilberth, Lilian Gilberth, Charles Babbage dan Henry Gantt. [13, p. 28] Teknik Industri dapat digambarkan sebagai rekayasa yang berkaitan dengan desain, peningkatan, dan pemasangan sistem terintegrasi (seperti manusia, bahan, dan energi) dalam industri atau disiplin memanfaatkan dan mengoordinasikan manusia, mesin, dan bahan untuk mencapai hasil yang diinginkan dengan pemanfaatan optimalisasi energi, pengetahuan, uang, dan waktu. Hal ini menggunakan teknik-teknik tertentu (seperti tata letak lantai, pengorganisasian personel, standar waktu, tingkat upah, rencana pembayaran insentif) untuk mengontrol kuantitas dan kualitas barang dan jasa yang dihasilkan, atau sekadar penggunaan mesin untuk memproduksi produk, dan mempelajari hal ini. Rekayasa diterapkan sains & teknologi, sedangkan manajemen dapat lebih dilihat sebagai seni, meskipun alat ada dan pendekatan ilmiah telah diambil, pertama dikenal sebagai Taylorism setelah Frederick Winslow Taylor. [14, p. 8]

Taylor, dengan empat prinsip manajemen ilmiahnya, dapat dilihat sebagai bapak rekayasa industri. Karena dunia bisnis dan khususnya manufaktur menjadi semakin kompleks, diperlukan pendekatan interdisipliner untuk mengoptimalkan proses dan mengelola operasi industri. Alasan meningkatnya kompleksitas, baik yang berkaitan dengan produk dan proses, adalah pertumbuhan dalam pengetahuan, evolusi lebih lanjut dari penelitian dan pengembangan, permintaan pelanggan, penciptaan keinginan yang didorong oleh pemasaran dan aspek-aspek tempat pasar seperti pasar dewasa dengan kecenderungan jenuh. Dari industri logistik, yang telah menjadi semakin profesional selama beberapa dekade terakhir, alasan utama di balik kegiatan teknik industri dapat disimpulkan insinyur menggunakan pengetahuan dan alat mereka untuk mengoptimalkan dunia bisnis, yaitu mereka

meningkatkan operasi manufaktur secara sistematis untuk mengidentifikasi sinergi, potensi tabungan dan peluang baru. Itu rekayasa industri yang menentukan hasil Perang Dunia II. *Lean management*, sebuah konsep perubahan permainan untuk manufaktur global, diyakini telah dikembangkan dari pendekatan teknik industri dalam budaya Timur. [14, p. 8]

Teknik Industri telah menjadi begitu banyak di mana-mana sehingga hampir tidak diperhatikan lagi. Dalam pembuatan masa ini, intelijen berada dengan proses, yang telah dirancang oleh insinyur industri konsep teknik industri membuat pekerja yang tidak trampil dan berbasis pengetahuan menjadi produktif. Seorang insinyur industri dapat bekerja dalam suatu organisasi sebagai ahli, tetapi juga sebagai manajer. Sangat jarang bahwa tugas kritis dan kompleks dicapai oleh seorang individu. Karenanya sebagian besar pekerjaan adalah pekerjaan tim, dan seorang manajer perlu mengatur tim yang beragam, di mana satu atau beberapa insinyur hadir di antara anggota tim lain dari latar belakang yang berbeda, atau tim hanya terdiri dari insinyur. Tempat kerja dalam suatu proyek seringkali virtual, tidak jelas atau berubah dengan cepat. Untuk mengelola secara efektif dalam lingkungan yang dinamis dan tidak terstruktur, manajer perlu memahami interaksi aspek teknis, organisasi dan perilaku untuk berhasil dengan tim insinyur. [14, p. 8]