BAB 1
SISTEM DAN MODEL

Sistem dan Eksperimen

Konsep dari sistem dapat didefinisikan dalam beberapa cara yang berbeda. Disini kita akan menggunakan ini untuk menyatakan sebuah objek atau koleksi dari objek-objek yang sifat-sifatnya ingin kita pelajari. Banyak benda-benda disekitar kita akan menjadi sistem.

Contoh-contoh sistem adalah sistem matahari, mesin kertas, hutan pohon hijau, sebuah kapasitor dengan sebuah resistor dan lain sebagainya. Ini adalah khas untuk aktivitas dan keinginan tauan manusia untuk mencari jawaban atas banyak pertanyaan tentang berbagai sifat-sifat sistem. Contohnya : untuk sistem matahari sebuah pertanyaan yang khas adalah kapan gerhana matahari berikutnya akan terjadi ? Untuk mesin kertas seseorang mungkin ingin tahu mengenai bagaimana seharusnya saya mengatur semua klep sehingga kualitas kertas yang baik dapat dihasilkan ? Mengenai kapasitor dan resistor pertanyaannya mungkin adalah apa yang akan terjadi apabila saya menghubungkannya ?

Beberapa pertanyaan dapat dijawab dari hasil eksperimen. Menghubungkan kapasitor dan resistor dan mengamati apa yang akan terjadi ! Aktivitas utama dalam ilmu pengetahuan alam selama beberapa abad adalah menjawab pertanyaan-pertanyaan tentang sifat-sifat sistem melalui ekperimen/percobaan.

Metode ekperimental berlandaskan pada bunyi prinsp ilmiah tetapi metode ini memiliki keterbatasan-keterbatasan. Suatu persoalan terkadang tidak sesuai atau tidak mungkin untuk dilakukan percobaan.Alasannnya bisa salah satu dari yang berikut ini :

- Terlalu mahal. Pengujian posisi katup yang berbeda-beda pada mesin kertas akan membuat tidak ada penjualan kertas selama pengujian.
- Terlalu berbahaya. Pelatihan operator pabrik nuklir dalam bagaimana untuk bereaksi dalam situasi yang berbahaya pada pabrik nuklir yang nyata adalah sangat tidak mungkin.

- Sistemnya belum ada. Ketika mendisain sebuah pesawat baru seseorang haruslah menguji pengaruh dari bentuk sayap yang berbeda-beda pada sifat-sifat aerodinamikal.

Cacatan khususnya point yang terakhir yang menggambarkan situasi yang sebenarnya pada umumnya. Apa yang mmungkinkan kita selanjutnya agar dapat menjawab pertanyaan-pertanyaan yang muncul? Yang pertama adalah kita harus membuat model dari sistem.

Apakah Model itu?

Model dari sebuah sistem adalah alat yang kita gunakan untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan tentang sistem tanpa harus melakukan percobaan. Dalam cara ini kita menggunakan model dalam kehidupan seari-hari setiap saat. Sebagai contoh, sebuah model dari perilaku seseorang untuk mengatakan bahwa dia orang ”baik”. Model ini membantu kita untuk menjawab pertanyaan bagaimana dia akan bereaksi apabila kita bertanya padanya. Kita juga mempunyai model-model untuk sistem teknik yang berdasarkan pada pada pengalaman dan perasaan. Kita memyebut model ini adalah *mental model*. Untuk mempelajari bagaimana mengendarai sebuah mobil, sebagai contoh, berisi sebagian dari pengembangan mental model dari sifat-sifat mengemudi mobil. Gambaran operator bagaimana suatu proses industri bereaksi pada tindakan yang berbeda adalah juga meruapakan suatu mental model yang dikembangkan dari pelatihan dan pengalaman.

Bentuk model yang lain adalah *verbal model*; perilaku sistem pada kondisi yang berbeda dideskripsikan dengan kata-kata; *Apabila* suku bank naik, *maka* tingkat pengganggguran akan naik. Tenaga ahli sistem adalah contoh dari menyusun verbal model. Ini penting untuk memisahkan model verbal dan mental. Kita menggunakan model mental dari dinamika sepeda ketika kita mengendarai sepeda. Ini tidaklah mudah untuk mengkonversinya pada verbal model.

Sebagai tambahan pada model mental dan verbal adalah model yang mencoba untuk meniru sistem. Kata ”model” diturunkan dari bahasa latin mold (cetakan) atau pettern (pola). Ini dapat disebut dengan *physical model*, seperti seorang arsitektur dan

pembuat perahu yang digunakan untuk menguji sifat-sifat estetika dan hidrodinamika dari sistem (rumah atau perahu).

Tetapi model-model yang akan kita kerjakan disini adalah model yang keempat yaitu *mathematical models*. Dengan ini berarti kita menghubungkan antara besaran (jarak, arus, aliran pengganguran dan lain sebagainya) yang dapat kita amati pada sistem dideskripsikan sebagai hubungan matematikal dalam model. Kebanyakan hukum-hukum alam adalah model matematika dalam hal ini.

Sebagi contoh, untuk sistem masa titik hukum Newton dari gerakan memberikan hubungan antara gaya dan kecepatan. Untuk sistem resistor, hukum Ohm mendeskripsikan hubungan antara arus dan tegangan.

Hukum-hukum alam umumnya sesuai dengan sistem sederhana bahkan terkadang sistem ideal. Untuk sistem nyata hubungan antara variabel-variabel akan lebih kompleks.

Model dan Simulasi

Anggap sekarang bahwa untuk alasan yang berbeda-beda percobaan pada sistem tidak dapat dilaksanakan, tetapi model sistem tersedia. Model kemudian dapat digunakan untuk menghitung atau memutuskan bagaimana sistem akan bereaksi. Ini dapat dikerjakan secara analitik yaitu penyelesaian persamaan secara matematika yang mendeskripsikan sistem dan mempelajari jawaban. Ini adalah cara dimana model secara khas digunakan, sebagai contoh, dalam mekanika dan elektronika,.

Dengan daya komputer efektif, sebuah percobaan numerik dapat dibentuk pada model. Ini disebut sebagai simulasi (dari bahasa Latin *simulare* yang berarti pretent). Simulasi ini adalah cara yang tidak mahal dan aman untuk percobaan sebuah sistem. Bagaimanapun, nilai dari hasil simulasi tergantung selengkapnya pada kualitas model sistem.

Bagaimana membangun model

Secara prinsip ada dua sumber pengetahuan untuk sifat-sifat sistem. Yang pertama adalah pengalaman yang dikumpulkan tenaga ahli dan literatur dalam area yang dimasalahkan. Dalam daerah ini seluruh hukum-hukum alam yang telah terpecahkan oleh generasi

ilmuwan. Sumber yang lain adalah sistem itu sendiri. Pengamatan dari sistem dan percobaan pada sistem adalah dasar untuk seluruh deskripsi dari sifat-sifatnya.

Ada dua tipe area pengetahuan untuk model konstruksi itu sendiri. Yang pertama adalah daerah keahlian. Ini tentang pemahaman aplikasi dan penguasaan seluruh fakta-fakta yang relevan dengan model ini. Area yang lain adalah pemahaman teknik, siapa yang harus meletakkan pengetahuan tenaga ahli itu ke dalam praktek dalam suatu model yang dapat dipakai dan eksplisit. Istilah ini biasanya digunakan dalam konstruksi sisem tenaga ahli (atau sistem berdasarkan ilmu pengetahuan), tetapi hanya sama pentingnya untuk membangun model matemtika. Ada dua prinsip dasar dan sangat berbeda untuk konstruksi model.

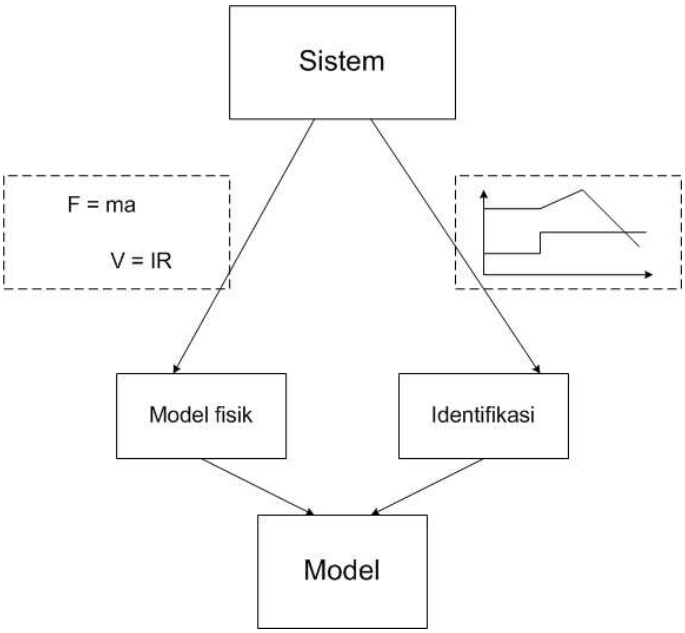
1. Physical modeling

   Sebuah prinsi untuk memecah sifat-sifat sistem menjadi sub sistem yang perilakunya diketahui. Untuk sistem teknikal ini berarti bahwa hukum-hukum alam yang mendeskripsikan sub sistem digunakan secara umum. Apa yan terjadi ketika kapasitor dan resistor dihubungkan mengikuti hukum Ohm dan hubungan antara muatan dan arus untuk sebuah kapasitor. Untk sistem nonteknikal (ekonomi, sosiologi, biologi dan lain sebagainya), hukum-hukum alam yang sudah dikenal seperti itu umumnya tidak tersedia meskipun untuk subsistem yang sederhana. Kemudian hipotesis harus diperkenalkan atau hubungan yang biasanya dikenali harus digunakan.

2. Identifikasi

   Prinsip dasar yang lainnya adalah untuk menggunakan observasi dari sistem dalam rangka untuk mencocokan sfat-sifat model terhadap sistemnya. Prinsip ini biasa digunakan sebagai pelengkap prinsip yang pertama. Unuk sistem teknik hukum-hukum alam adalah model-model matematikal itu sendiri, dimana seketika berdasarkan pada observasi dari sistem-sistem yang kecil. Disini model-model ini berdasarkan pada prinsip dasar yang pertama yang juga berdasarka pada observasi sistem. Hal ini disebabkan karena model-model sistem kita akhirnya harus berdasarkan pada percobaan.

Kita mengilustrasikan prinsip dasar pada gambar 1.1



Gambar 1.1 Konstruksi model

Bagaimana untuk memverifikasi model

Ini tidak sulit untuk membangun model-model dari sistem — kesulitan terletak pada membuatnya baik dan dapat dipercaya. Agar sebuah model dapat berguna, maka harus mempunyai hasil dan prediksi yang dipercaya yang diambil kesimpulan dari model itu. Kepercayaan ini dapat diperoleh dengan memverifikasi dan memvalidasi model yang bersangkutan. Pada prinsipnya, validasi model dikerjakan dengan membandingkan perilaku model dengan sistem dan mengevaluasi perbedaaannya.

Setiap model memiliki daerah validitas tertentu. Ini bisa menentukan bagaimana persisnya mereka sanggup mendeskripsikan perilaku sistem. Model tertentu hanya valid untuk pendekatan, pernyataan kualitatif (peningkatan harga oli akan mendorong pertumbuhan GNP yang lebih lambat). Kebanyak model verbal adalah jenis ini. Model lainnya dapat valid bahkan untuk yang lebih tepat, prediksi kuantitatif. Daerah validasi disini berhubungan pada permintaan akurasi. Ini dapat juga mengacu pada nilai variabel-variabel sistem dan parameter-parameter sistem yang mana model adalah valid. Model

tertentu dari sebuah bandul mungkin hanya valid untuk posisi sudut yang kecil, sedang model lainnya dapat dipercaya meski untuk sudut yang besar.

Ini penting untuk dipahami bahwa seluruh model mempunyai daerah validitas yang terbatas. Seseorang dapat mengatakan bahwa hukum alam adalah model maematikal dengan daerah validitas yang besar. Tetapi ini terbatas. Hukum Newton dari gerakan valid dengan presisi yang baik dalam sprektrum kecepatan yang luas, tetapi pada kecepatan yang mendekati kecepatan cahaya hukum newton tidak dapat mendeskripsikan gerakan partikel.

Ada pembatasan yang fundamental dalam model dan simulasi. Model dan simulasi bisa saja tidak pernah dapat mengganti observasi dan percobaan — tetapi model dan simulasi mendasari komplemen yang penting dan bermanfaat.

Tipe-tipe yang berbeda dari model matematika

Model matematika yang telah dibangun untuk sistem-sistem yang berbeda dapat mempunyai karakteristik yang berbeda tergantung pada sifat-sifat sistem dan tools yang digunakan. Sejumlah kata sifat yang digunakan untuk mendeskripsikan tipe-tipe yang berbeda.

Deterministic – Stochastic

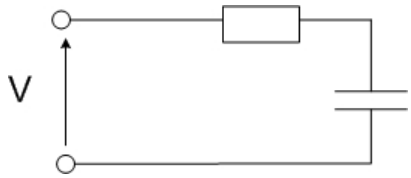
Kita menyebut sebuah model *deterministic* apabila model ini bekerja dengan sebuah hubungan eksak antara yang dapat terukur dan variable-variabel yang diturunkan dan pernyataan itu sendiri tanpa ketidakpastian. Itu sesuatu yang lain apabila kepercayaan kita dalam ekspresi dibatasi. Sebuah model adalah *stochastic* apabila model ini juga bekerja dengan konsep probabilitas dan ketidakpastian. Sebuah stochastic, model matematika terdiri dari kuantitas yang mendeskripsikan penggunaan variabel-variabel stochastic atau proses-proses stochastic.

Dynamic-static

Sebuah sistem biasanya dikarakterisasi oleh jumlah variabel-variabel yang berubah dengan waktu (posisi benda, arus, tegangan, jumlah pengangguran, darah, harga gula dan lain sebagainya). Jika ada mata rantai, seketika menghubungkan antara variabel-variabel ini, sistem dinamai *static*. Sebuah resistor merupakan contoh dari sistem statik, karena arus yang melaluinya dan tegangan yang menyebranginya secara langsung

berhubungan (Hukum Ohm). Arus yan melaluinya hanya tergantung pada tegangan yang ada dan tidak tergantung pada tegangan semula.

Untuk sistem-sistem yang lain variabel-variabel dapat berubah juga tanpa pengaruh dari luar secara langsung, dan dengan demikian nilai mereka juga akan tergantung pada isyarat awal yang diberikan. Sistem seperti ini disebut *dynamic* (dari bahasa yunani *dynamis* untuk kekuatan dan daya).



Gambar 1.2 Resistor dan kapasitor

Contoh

1. Sebuah kapasitor dihubungkan pda sebuah resistor dengan tegangan eksternal v, adalah sebuah sistem dynamic. Lihat gambar 1.2. Tegangan pada kapasitor tergantung ada muatan dan dengan demikian pada nilai awal arus dan tegangan v.
2. Ekonomi nasional adalah sistem dynamic, karena situasi ekonomi yang ada tergantung pada beberapa intervensi sosial ekonomi tahun-tahun sebelumnya.

Daftar contoh dari sistem dinamik dapat menjadi panjang. Dengan definisi yang dipersempit maka sebuah sistem dinamik adalah sebuah sistem yang dideskripsikan dengan persamaan differential.

Continuous time-discrete time

Sebuah model matematikal yang mendeskripsikan hubungan antara isyarat waktu kontinu disebut *waktu kontinu*. Persamaan differensial yang kerapkali digunakan untuk mendeskripsikan hubungan semacam ini. Secara praktis, tanda-tanda perhatian biasanya diperoleh dalam bentuk *sample*, yaitu, sebagai hasil pengukuran waktu diskrit. Sebuah model yang secara langsung menyatakan hubungan antara nilai isyarat pada sample instant disebut *discete time* atau *sampled* model. Model seperti ini biasanya dideskripsikan oleh persamaan difference.

Lumped-Distributed

Beberapa fenomena fisikal dideskripsikan secara matematikal oleh persamaan partial differential. Deskripsi ini disebut *distributed parameter model*. Apabila kejadian dideskripsikan oleh sebuah bilangan berhingga dari variabel yang berubah, maka kita membicarakan mengenai *lumped* model. Model seperti ini biasanya dinyatakan oleh ordinary differential equations.

Change Oriented – Discrete Event Driven

Dunia fisik biasanya dideskripsikan dalam istilah perubahan kontinu dalam isyarat dan variable-variabel. Kebanyakan hukum-hukum alam adalah dari karakter ini. Apabila kita bekerja dengan waktu diskrit, perubahan akan terjadi tidak secara terus menerus tetapi ide dasarnya adalah sama. Kita menyebut model ini *change oriented* dan mengatakan bahwa mereka bersesuaian dengan paradigma Newtonian dalam dunia model.

Untuk konstruksi sistem oleh manusia keadaan kejadian adalah berbeda dalam setiap kasus. Perubahan yang digaris bawahi memakan tempat dalam istilah kejadian diskrit, yang terjadi kurang lebih secara acak. Pikirkan, sebagai contoh, sistem antrian atau sistem produksi dimana kedatangan pelanggan mengendalikan sistem. Kejadian acak lainnya yang mempengauhi sistem dapat juga terjadi. Ini dapat menjadi sebuah pertanyaan dari sebuah memerinci mesin, suatu persediaan cadangan dikosongkan, dan lain sebagainya. Model dan sistem seperti ini disebut *discrete event systems*.