

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Proteksi

Didalam sebuah sistem Gardu Induk, sistem proteksi adalah sesuatu yang penting karena bertugas sebagai pengaman peralatan listrik dari berbagai gangguan yang ada. Antaralain faktor alam, gangguan teknis, dan juga kesalahan yang diakibatkan oleh kelalaian petugas lapangan. Sistem proteksi yang baik adalah sistem proteksi yang memiliki satu atau lebih peralatan proteksi. Seperti transformator pengukur, pengawatan, catu daya, sistem komunikasi^[6]. Adapun tujuan sistem proteksi sendiri adalah:

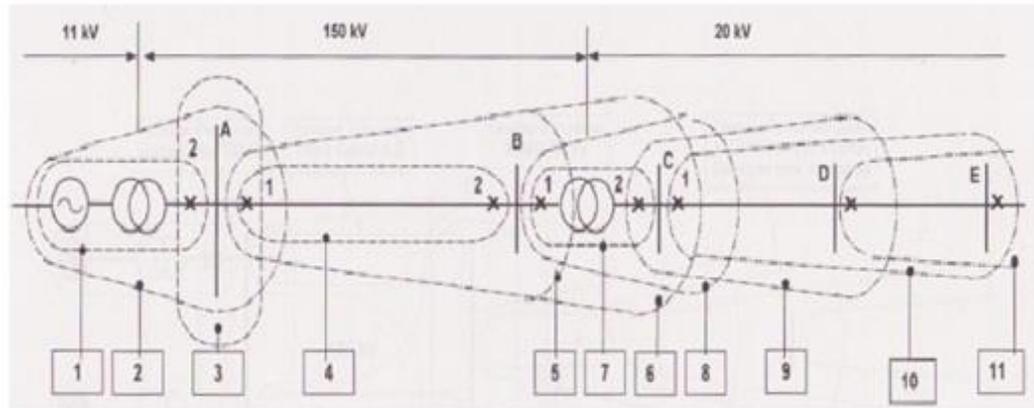
1. Digunakan untuk mendetekdi adanya kondisi yang tidak normal pada sistem peralatan listrik.
2. Sebagai pemicu untuk pemisahan peralatan yang terdampak pada gangguan sehingga sistem dapat terus berjalan atau beroperasi.

Pertimbangan yang dilakukan ketika mendesain sistem proteksi tenaga listrik diantara lain yaitu:

- a. Diharuskan meminimalisir terjadinya kerusakan pada peralatan yang terkena gangguan dan peralatan yang posisinya berdekatan dengan lokasi gangguan
- b. Diharuskan mampu meminimalisir gangguan sehingga gangguan tidak meluas ke peralatan yang lain
- c. Diharuskan dapat meminimalisir waktu gangguan sehingga tidak menimbulkan kerugian berlebih.
- d. Diharuskan dapat meminimalisasi bahaya pada mahluk hidup untuk mengurangi resiko kematian
- e. Harus mampu memenuhi kesediaan listrik yang dibutuhkan konsumen.

2.2 Zona Proteksi

Pada system penting adanya zona proteksi, hal ini bertujuan untuk membatasi sistem tenaga listrik yang berdampak pada gangguan, pembagian zona proteksi dapat dilihat pada Gambar 2.1 berikut. [7].



Gambar 2. 1 Zona Proteksi

2.3 Persyaratan Proteksi

Dalam sistem proteksi terdapat beberapa persyaratan yang harus terpenuhi, diantaranya adalah

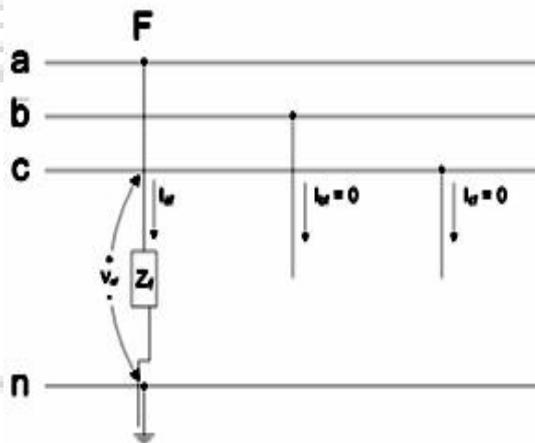
1. Sistem harus bisa merasakan gangguan sekecil apapun dalam keadaan ketidak normalan sistem dan bekerja dibawah nilai minimum dari gangguan, perlu diadakan penelitian koordinasi sistem proteksi karena hal ini berguna untuk menentukan berapa nilai *sensitivitas setting* dan memastikan peralatan dapat bekerja.
2. Sistem harus dapat menentukan daerah gangguan secara tepat, sehingga ketika terjadinya gangguan lokasi dapat dengan mudah diketahui. Tidak hanya tepat tapi harus memadai agar sistem yang terganggu, dapat dipisahkan dengan sistem yang kondisinya normal.
3. Sistem harus bekerja dalam kondisi yang diinginkan dan tidak bekerja pada kondisi yang tidak diperlukan.

4. Sistem harus cepat ketika terjadi gangguan, peralatan sistem harus memberikan respon yang sesuai keperluan peralatan yang dilindungi, sehingga dapat meminimalisir gangguan agar tidak meluas.

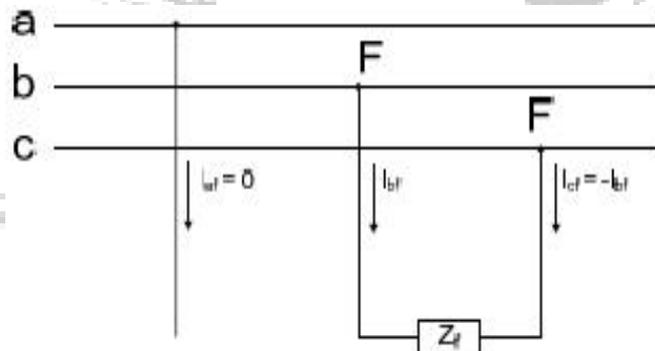
Adapun pertimbangan dalam mendesain sistem proteksi dengan cara seberapa pemutusan Ketika terjadi gangguan agar memisah, dan Ketika terjadi pemutusan harus memenuhi syarat yang di tetapkan oleh PLN.^[8].

2.4 Jenis-Jenis Gangguan

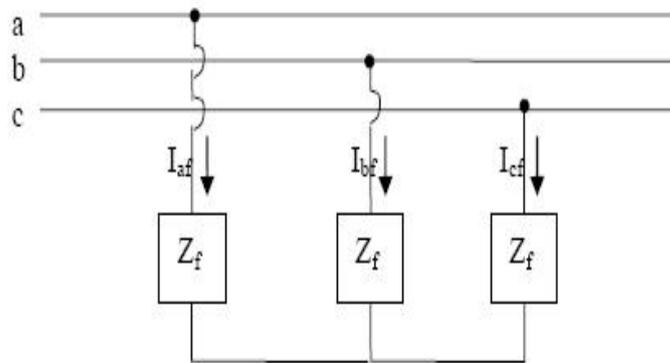
Dalam sistem kelistrikan biasanya terjadi beberapa jenis gangguan, salah satunya yang disebabkan oleh arus hubung singkat. Jenis hubungan singkat terdiri dari beberapa macam, diantaranya yang bisa dilihat pada Gambar berikut:



Gambar 2. 2 Rangkaian Hubung Singkat Satu Fasa Ke Tanah



Gambar 2. 3 Rangkaian Hubung Singkat Dua Fasa Ke Tanah



Gambar 2. 4 Hubung Singkat Tiga Fasa Ke Tanah

[9]

2.5 Waktu Pemutusan Gangguan

Pada saat terjadinya gangguan, kecepatan pemutusan ditentukan dari :

1. Kecepatan kerja *relay*.
2. Kecepatan kerja pemutus tenaga.
3. Kecepatan pengiriman sinyal teleproteksi^[10].

2.6 Karakteristik *Relay*

Sebagai system yang handal namun tetap ekonomis, maka perlu memenuhi syarat kriteria, diantaranya :

a) Selektifitas

Relay ini hanya dapat mengisolasi area yang mengalami gangguan dengan prinsip kerja yaitu memerintahkan *Circuit Breaker* terdekat untuk melakukan *trip*.

b) Kecepatan

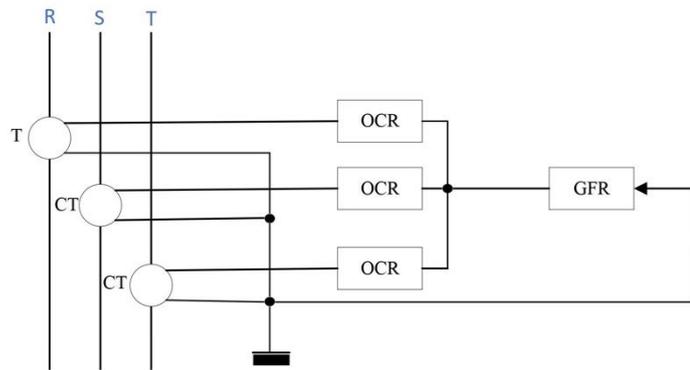
Relay ini melakukan pemutusan dengan cepat pada system agar dapat mengurangi dampak kerusakan peralatan lainnya. Dalam menentukan waktu kerja *relay* ini juga harus dibuat sesingkat mungkin untuk meminimalisir beberapa masalah.

c) Sensitifitas

Relay mampu mendeteksi gangguan yang ada agar dapat dengan cepat memerintahkan *circuit breaker* untuk melakukan pemutusan.

d) Keandalan

Relay yang selalu siap siaga dalam bekerja jika terjadi gangguan.^[11]



Gambar 2. 6 *Wirring* OCR dan GFR

2.7.1 *Ground Fault Relay* (GFR)

Relay hubung tanah yang lebih dikenal dengan GFR (*Ground Fault Relay*) pada dasarnya mempunyai prinsip kerja sama dengan *relay* arus lebih (OCR) namun memiliki perbedaan dalam kegunaannya. Bila *relay* OCR mendeteksi adanya hubungan singkat antara fasa, maka GFR mendeteksi adanya hubung singkat ke tanah.^[13]

2.7.2 Cara Kerja *Ground Fault Relay* (GFR)

Relay hubung tanah bekerja ketika ada arus 1 fasa yang ketanah melewati nilai *setting*-nya. Adapun ambang bataskerja pada GFR sebesar 10%-30% dari kemampuan nominal dari peralatan yang terkecil^[14].

2.7.3 *Over Current Relay* (OCR)

Relay arus lebih atau yang lebih dikenal dengan OCR (*Over Current Relay*) merupakan peralatan yang mensinyalir adanya arus lebih, baik yang disebabkan oleh adanya gangguan hubung singkat atau overload yang dapat merusak peralatan sistem tenaga yang berada dalam wilayah proteksinya

2.7.4 Cara Kerja *Over Current Relay* (OCR)

Prinsip kerja *relay* OCR adalah berdasarkan adanya arus lebih yang dirasakan *relay*, baik disebabkan adanya gangguan hubung singkat atau *overload* (beban lebih) untuk kemudian memberikan perintah trip ke PMT sesuai dengan karakteristik waktunya^[15].

2.7.5 Karakteristik *Over Current Relay* (OCR)

Pada OCR, perhitungan pada *relay* ini menggunakan standar IEC 60255 dan menggunakan standar *invers*, dengan rumus perhitungan *setting* OCR :

$$I_s = (110\% - 120\%) * I_n \quad (2.1)$$

Dari rumus diatas, dapat dijelaskan dapat dibuktikan bahwa untuk mencari nilai *Is Over Current Relay* dapat dicari dengan cara melakukan perhitungan *in* adalah arus nominal pada *relay* tersebut. [16]

Untuk mencari nilai *setting* dapat menggunakan rumus :

$$T_{op} = \frac{kxTDSn}{\beta x \left[\left(\frac{I_{hspn}}{I_{setn}} \right)^\alpha - 1 \right]} \quad (2.2)$$

Rumus diatas kemudian masukkan nilai dari TDS, maka untuk mencari TDS menggunakan rumus berikut.

Mencari nilai TDS adalah dengan menggunakan rumus berikut:

$$TDS = \frac{T_{op} * \beta * \left[\left(\frac{I_{hspn}}{I_{set}} \right)^\alpha - 1 \right]}{k} \quad (2.3)$$

TDS adalah *Time Dial Setting*, *Ihspn* adalah arus gangguan fasa pada bus, *Iset* merupakan seting arus OCR, sedangkan *Top* merupakan waktu kerja yang diinginkan pada gangguan hubungan singkat^[17]. Untuk melihat nilai β dan α dapat dilihat pada table 2.1

Tabel 2. 1 Data Standar IEC 60255

Type IDMT	A	K	B
<i>Standard Invers</i>	0,04	0,24	3.97
<i>Very Inverse</i>	1,4	11,24	14.5
<i>Extremely Inverse</i>	2,4	85	85

2.8 Waktu Operasi *Relay*

Untuk menentukan waktu operasi pada *relay* maka dibutuhkan batasan, untuk dapat mempertimbangkan waktu operasi minimum maupun maksimum. Sebelum melakukan seting pada *relay*, maka perlu dihitung terlebih dahulu dikarenakan setiap sistem tenaga listrik memiliki nilai *setting* yang berbeda-beda. Oleh karena itu analisa komponen adalah hal yang utama untuk dilakukan^[18].

2.9 Mengatur *Time Dial Setting* (TDS)

Pada saat melakukan TDS, ada beberapa hal yang perlu di perhatikan, yaitu:

1. Pengaturan dimulai didaerah yang terdekat dengan beban, dikarenakan beban adalah komponen yang sering kali terkena beban singkat paling dekat, maka dari itu nilai *setting relay* pada daerah dekat beban cenderung lebih cepat.
2. Jenis kurva pada *relay* adalah salah satu hal yang perlu dilakukan untuk menentukan nilai TDS.
3. Waktu kerja pada *relay* yang biasanya digunakan yaitu berkisar 0.7-1.5 *second*.
4. Nilai *Full Load Ampere*

Untuk mencari nilai *Full Load Ampere* (FLA) dapat menggunakan rumus berikut:

$$FLA = \frac{MVA}{\sqrt{3} * Kv} \quad (2.4)$$

MVA = Daya pada trafo

Kv = Tegangan pada Trafo (Kv)

5. Mentukan Iset

Menentukan *range* nilai dari Iset :

$$FLA \leq Iset \leq 1.5FLA \quad (2.5)$$

6. Nilai *Ipickup*

Setting nilai arus *pickup* sisi HV dapat dicari menggunakan rumus [13]:

$$I_{pickup\ HV} = \frac{(FLA * 1.1)}{Ratio\ CT} \quad (2.6)$$

Untuk menentukan sisi LV menggunakan rumus :

$$I_{pickup\ LV} = \frac{(FLA * 1.2)}{Ratio\ CT} \quad (2.7)$$

2.10 Transformator

Transformator atau yang biasa disebut dengan trafo adalah komponen listrik (elektronika) yang tersusun dari inti, kumparan primer, dan sekunder. Sehingga, transformator memiliki dua kumparan. Transformator dapat memindahkan dan mengubah energi listrik dari satu atau lebih rangkaian listrik ke rangkaian listrik lainnya. Hal ini karena transformator memiliki magnet yang bergandengan dan prosesnya menggunakan prinsip induksi elektromagnetik. Dalam proses kerja transformator untuk membagi listrik pastilah sangat rentan terhadap arus berlebih, maka dari itu komponen ini adalah salah satu hal yang sangat cocok jika OCR menjadi proteksi pada arus berlebih^[13].

2.11 Gardu Induk (GI)

GI atau yang biasa kita kenal sebagai Gardu induk, memiliki peran penting dalam mentransformasi serta menyimpan daya lalu dibagikan untuk kehidupan sehari-hari. Adapun fungsi GI adalah sebagai berikut:

1. Sebagai tempat menerima serta menyimpan daya yang kemudian membagi kembali karena komponen ini dapat menaikkan ataupun menurunkan daya sesuai kebutuhan.
2. Sebagai sistem yang digunakan untuk melakukan pengawasan dan pengaturan sistem tenaga listrik.
3. Sebagai pengatur serta pembagi daya ke gardu-gardu lainnya.

2.12 Rumus Persamaan Genetika

2.12.1 Persamaan Sistem Kontrol

Sistem yang dikontrol dinyatakan dalam bentuk fungsi transfer $G(s)$:

$$G(s) = \frac{B(s)}{A(s)} \quad (2.8)$$

Dimana $B(s)$ dan $A(s)$ adalah *polynomial* dalam variable s

2.12.2 Kontrol PID

$$C(s) = Kp + \frac{Ki}{s} + Kd s \quad (2.9)$$

2.12.3 Sistem *loop* tertutup

Fungsi *loop* tertutup :

$$T(s) = \frac{C(s)G(s)}{1+C(s)G(s)} \quad (2.10)$$

2.12.4 Masukan Distribusi Angin

Misalkan $w(t)$ adalah sinyal gangguan angin yang diberikan pada sistem. Respon sistem terhadap gangguan ini dapat dihitung menggunakan simulasi waktu nyata (time-domain simulasi)^[19].

2.12.5 Fungsi Fitnes

Fungsi kebugaran yang digunakan dalam algoritma genetika adalah jumlah kesalahan absolut antara sistem respons $y(t)$ dan referensi $r(t)$:

$$J = \int_0^T |r(t) - y(t)| dt \quad (2.11)$$

Dengan :

T : Durasi waktu simulasi

$r(t)$: sinyal referensi

$y(t)$: respon sistem terhadap distribusi angin

2.13 Algoritma Genetika

John Holland menemukan algoritma ini melalui penelitian di University of Michigan, AS, dan salah satu muridnya, David Goldberg, membuatnya populer. Tujuan awalnya adalah untuk membuat komputer mampu melakukan hal-hal yang ada di dunia nyata. Holland membuat populasi buatan menjadi populasi baru melalui tahapan algoritma genetika.

Algoritma stokastik yang memodelkan evolusi spesies biologi melalui seleksi alam dikenal sebagai algoritma genetika (Konar, 2005). Dalam kebanyakan kasus, populasi dan solusi ini dibangun secara acak. Ini dilakukan setelah tahapan mutasi dan *crossover* yang berurutan. Setiap anggota masyarakat memiliki nilai *fitness* yang berkaitan dengan kemampuan mereka untuk menyelesaikan masalah. John Holland menciptakan algoritma genetika dengan menggunakan gagasan kromosom yang secara umum struktur dari suatu algoritma dapat didefinisikan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Membangkitkan populasi awal. Populasi awal dibangkitkan secara acak sehingga didapatkan solusi awal. Populasi itu sendiri terdiri dari sejumlah kromosom yang merepresentasikan solusi yang diinginkan.

2. Menemukan nilai dari fungsi objektif. Kromosom mengalami proses evolusi setiap generasi. Nilai *fitness* kromosom menunjukkan kualitas kromosom dalam populasi tersebut. Nilai ini ditentukan oleh nilai fungsi objektif, yang merupakan hasil dari penjumlahan jarak antara masing-masing kromosom. Nilai fungsi objektif berkorelasi negatif dengan nilai *fitness*, sehingga nilai fungsi objektif berkorelasi negatif dengan nilai *fitness*. Artinya, semakin kecil nilai fungsi objektif, semakin besar nilai *fitness*.
3. Memeriksa solusi. Proses ini akan menilai setiap populasi dengan menghitung nilai *fitness* setiap kromosom dan menilainya sampai semua kriteria berhenti terpenuhi. Proses perkawinan akan dilanjutkan jika kriteria berhenti tidak dipenuhi. Berhenti pada generasi tertentu, setelah nilai kebugaran tertinggi tidak berubah selama beberapa generasi, atau pada generasi yang tidak mencapai nilai kebugaran tertinggi.
4. Proses *crossing*: Menemukan nilai PC (*probability crossover*) dan kemudian menggunakan salah satu metode *crossover* untuk menentukan pasangan kromosom yang akan diibarat berdasarkan PC yang dihasilkan.
5. Proses Mutasi: Menentukan tingkat mutasi, dan kemudian menentukan gen-gen yang terlibat dalam proses mutasi berdasarkan nilai bilangan acak yang dihasilkan.

a. Tujuan Seleksi

Tujuan seleksi adalah untuk memberikan kesempatan reproduksi yang lebih besar kepada anggota populasi yang paling cocok. Cari nilai *fitness* adalah langkah pertama dalam proses seleksi ini. Dalam suatu wadah seleksi, probabilitas reproduksi masing-masing individu bergantung pada nilai objektif dirinya sendiri dibandingkan dengan nilai objektif dari semua individu dalam wadah seleksi tersebut. Nilai *fitness* ini akan digunakan untuk menentukan tahap seleksi berikutnya.

Tabel 2. 2 Tabel Seleksi Roda Roulette

Individu	<i>Fitness</i>	Total	Jumlah Komulatif	Probabilitas seleksi
1	6.84	31%	6.84	0.31
2	1.10	5%	7.94	0.36
3	8.38	38%	16.32	0.74
4	2.65	12%	18.96	0.86
5	3.09	14%	22.05	1.00
Total	22.05	100%		

Setiap orang memiliki segmen yang signifikan yang terkait dengan tingkat *fitness* mereka; segmen yang lebih besar terkait dengan tingkat *fitness* yang lebih tinggi. Roda *roulette* diputar sebanyak N, yaitu jumlah populasi. Pada setiap akhir pemutaran, individu dipilih pada bagian roda yang ditunjuk oleh jarum penunjuk, juga dikenal sebagai titik pemilihan.

Dengan membangkitkan bilangan acak, pemilihan dilakukan secara acak. Jika probabilitas seleksi individu ke-I sama dengan bilangan *random*, maka individu ke-I dipilih sebagai orang tua. Misalnya, jika bilangan random pertama muncul adalah 0,20 dan yang kedua adalah 0,5, maka individu ke-1 dan ke-3 dipilih karena 0,20 sama dengan 0,31 dan 0,5 sama dengan 0,74. Orang tua pertama adalah individu pertama, dan orang tua kedua adalah individu ketiga.

b. Cross-over

Beberapa jenis *cross-over*, juga dikenal sebagai *cross-over*, digunakan untuk meningkatkan varietas string dalam populasi dengan menyilangkan *string* yang diperoleh dari sebelumnya.:

c. Cross-over 1 Titik

Seperti yang ditunjukkan pada table 2.3, *cross-over* melibatkan pembagian *string* menjadi dua bagian, dan kemudian salah satu bagian dari *string* tersebut dipertukarkan dengan salah satu bagian dari *string* yang lain, yang dipisahkan dengan satu titik:

Tabel 2. 3 Contoh *crossover* 1 titik

Kromosom orangtua 1	11001011
Kromosom orangtua 2	11011111
Kromosom keturunan	11001111

d. *Crossover* 2 titik

Proses *crossover* ini dilakukan dengan memilih dua titik *crossover*. Kromosom keturunan kemudian dibentuk dengan barisan *bit* dari awal kromosom sampai titik *crossover* pertama dan kedua disalin dari orangtua kedua, kemudian selebihnya disalin dari orangtua pertama lagi.

Tabel 2. 4 Contoh *crossover* 2 Titik

Kromosom orangtua 1	11001011
Kromosom orang tua 2	11011111
Kromosom keturunan	11001111

e. *Scattered Crossover*

Scattered Crossover menggunakan *vector bit* acak berukuran sama dengan kromosom. *Bit-bit* dalam *mask vector bit* acak akan dipilih selama proses pembuatan kromosom keturunan. Terpilih bit 0 menunjukkan kromosom keturunan dari kromosom orang tua 1, dan terpilih bit 1 menunjukkan kromosom keturunan dari kromosom orang tua 2.

Tabel 3. 1 Contoh *Scattered Crossover*

Kromosom orangtua 1	11001011
Kromosom orangtua 2	11011111
Kromosom <i>mask</i>	01010101
Kromosom keturunan	11011111

f. Nilai Gen

Nilai gen tertentu pada suatu kromosom diubah melalui operasi *crossover* kromosom, yang dilakukan dengan tujuan mendapatkan kromosom baru sebagai kandidat solusi untuk solusi pada generasi mendatang dengan tingkat *fitness* yang lebih baik, dan pada akhirnya mencapai hasil yang diinginkan. Walau bagaimanapun, untuk mencapai hal ini, penekanan selektif juga sangat penting. Jika proses pemilihan kromosom-kromosom yang memiliki *fitness* yang tinggi saja dilakukan, konvergensi premature atau pencapaian solusi lokal yang optimal sangat mudah terjadi.

g. Pemodelan Sistem

Sistem adalah kumpulan obyek yang saling berinteraksi dan bekerja sama untuk mencapai tujuan logis dalam suatu lingkungan yang kompleks. Obyek yang menjadi komponen dari sistem dapat berupa obyek terkecil dan bisa juga berupa sub-sistem atau sistem yang lebih kecil lagi.

Mengamati sistem bukan hanya mendefinisikan komponen-komponen pendukung sistem, tetapi lebih dari itu harus pula mengetahui perilaku dan variable-variabel yang ada didalamnya. Paling tidak analisa terhadap sistem harus membuat konsepsi tentang sistem itu. Ada beberapa cara untuk dapat merancang, menganalisa, dan mengoperasikan suatu sistem. Salah satunya adalah dengan melakukan pemodelan, membuat model dari sistem tersebut.

Model adalah alat yang sangat berguna untuk menganalisis maupun merancang sistem. Sebagai alat komunikasi yang sangat efisien, model dapat menunjukkan bagaimana operasi bekerja dan mampu merangsang untuk berpikir bagaimana meningkatkan atau memperbaikinya^[20].

