

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Relay Proteksi Sistem Tenaga Listrik

Relay proteksi merupakan susunan peralatan yang mana berguna untuk mendeteksi gangguan, menyekat antara bagian instalasi yang rusak dari bagian yang masih berfungsi, serta melindungi bagian yang masih berfungsi dari kerusakan.

Untuk prinsip kerja relay proteksi ketika terjadi gangguan dalam sistem maka relay mendeteksi ketidaknormalan tersebut dengan memerintahkan untuk membuka pemutus arus supaya bagian yang bermasalah bisa di sekat dari sistem yang masih berfungsi. Atau cukup sekedar mengirim sinyal tanpa membuka pemutus arus, atau memberi tahu lokasi terjadinya masalah [14].

2.2 Syarat Relay Proteksi

Relay pengaman dibuat untuk bisa merasakan juga mengukur adanya masalah atau gangguan ketidak normalan pada sebuah sistem tenaga listrik, oleh sebab itu beberapa syarat untuk relay proteksi antara lain:

a. Bisa diandalkan (*Reliable*)

Terdapat dua kondisi relay yakni ketika tidak terjadi gangguan dan ketika terjadi gangguan, saat tidak terjadi gangguan relay tidak akan bekerja akan tetapi apabila terjadi gangguan relay harus bekerja secara andal dan tidak boleh salah dan menimbulkan pemadaman yang bukan semestinya, relay juga harus memiliki jangka waktu pemakaian yang lama.

b. *Selektif*

Relay berfungsi mengisolasi piranti atau peralatan sistem hanya yang terganggu saja, relay mampu membedakan mana yang terjadi gangguan mana yang tidak terjadi gangguan sehingga dapat dikatakan selektif.

c. Waktu kerja cepat (*Responsif*)

Relay harus mampu bekerja secara cepat mengisolasi sistem yang terganggu guna meminimalisir kerusakan.

d. *Sensitif*

Relay harus mampu bekerja dengan kepekaan yang tinggi, yaitu sensitif terhadap gangguan sekecil apapun.

e. Ekonomis

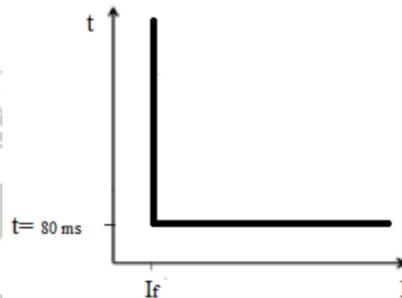
Syarat yang terakhir adalah ekonomis, maksudnya relay proteksi harus mempertimbangkan sisi ekonomis yang minimum tapi juga harus memiliki kemampuan proteksi yang maksimum [15].

2.3 Relay Arus Lebih (*Over Current Relay*)

Relay arus lebih, atau sering disebut OCR, adalah relay yang beroperasi berdasarkan peningkatan arus di atas ambang batas tertentu selama periode waktu tertentu. Relay ini digunakan untuk mengidentifikasi arus yang tidak normal dalam sistem listrik ketika gangguan terjadi, dan kemudian mengirimkan sinyal ke pemutus sirkuit (circuit breaker) agar memutuskan bagian yang terpengaruh oleh gangguan tersebut [16]. Beberapa karakteristik relay arus lebih, antara lain :

2.3.1 Relay arus lebih seketika (*instantaneous*)

Relay ini berfungsi secara instan begitu arus melebihi ambang nilai yang telah ditetapkan, tanpa ada pengaturan penundaan yang disengaja. Umumnya, relay ini memiliki penundaan bawaan sekitar beberapa milidetik. Relay ini beraksi pada titik kegagalan terdekat di mana relay dipasang.

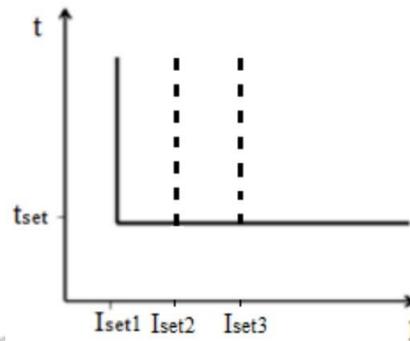


Gambar 2.1 kurva karakteristik lebih sesaat

2.3.2 Relay arus lebih waktu tertentu (*definite time*)

Relay ini berkerja dengan menggunakan penundaan waktu yang sudah diatur setelah melebihi ambang nilai arus. Dalam rangka melakukan operasi pemutusan, dua kondisi harus terpenuhi: arus harus melebihi nilai yang telah ditetapkan, dan gangguan harus berlangsung secara

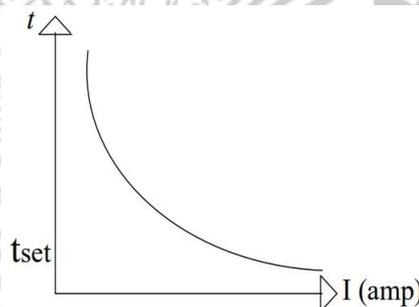
berkelanjutan selama periode waktu yang setara dengan pengaturan waktu relay.



Gambar 2.2 kurva karakteristik waktu tertentu

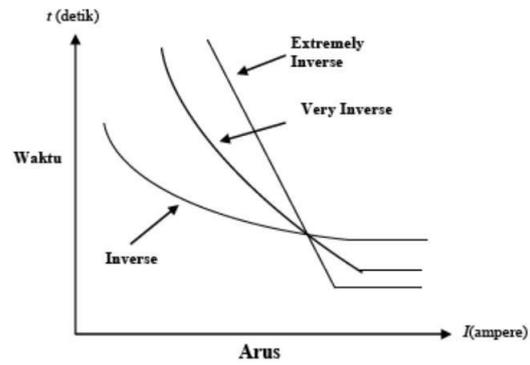
2.3.3 Relay arus lebih waktu berbanding terbalik (*invers time*)

Relay ini bekerja berdasarkan prinsip bahwa waktu penundaan berbanding terbalik dengan besarnya arus yang terdeteksi. Dengan kata lain, semakin tinggi nilai arus gangguan, maka waktu operasi relay akan semakin singkat, dan sebaliknya.



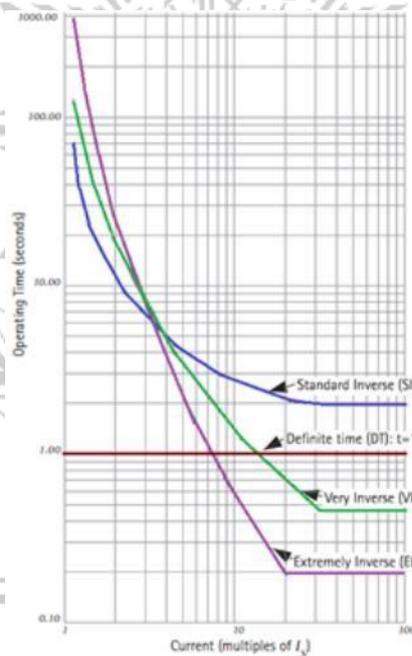
Gambar 2.3 kurva karakteristik waktu berbanding terbalik

IEC 60255-3 dan BS 142 menyatakan karakteristik hubungan OCR dengan time dial dimana lama waktu operasi relay berbanding lurus dengan besaran time dial atau bisa dikatakan semakin besar time dial maka akan semakin lama waktu operasi dan sebaliknya. Relay *invers* dibedakan menjadi 3 yaitu, *standard inverse*, *very inverse* dan *extremely invers*.



Gambar 2.4 Kurva karakteristik invers dengan beberapa tipe

Relay arus lebih IDMT (inverse definite minimum time) yang mana kombinasi antara relay arus lebih waktu terbalik (inverse time) dengan relay arus lebih waktu tunda tetap (definite time). Bekerja dengan time dial yang berbanding terbalik apabila arus gangguan minim sesaat kondisi pickup tetapi berubah menjadi waktu tertentu apabila gangguan besar.



Gambar 2.5 Kurva karakteristik inverse definite minimum time

2.4 Full Load Ampere (FLA)

FLA atau arus beban maksimum adalah banyaknya arus yang mengalir kedalam sebuah sistem dengan kondisi beban yang sepenuhnya aktif. FLA sendiri dihitung untuk mendapat nilai guna diperhitungkan sebagai acuan nominal relay

sehingga sistem dapat berfungsi dengan semestinya. Nilai FLA juga berguna untuk acuan jumlah short circuit yang mengalir ke ground.

2.5 Gangguan Hubung Singkat (Short Circuit)

Identifikasi short circuit sangat penting guna menentukan nilai arus minimum agar relay bisa beroperasi ketika gangguan terjadi, dan juga sistem memiliki kemampuan anti-interferensi.

2.6 Setting Relay Arus Lebih (OCR)

Untuk mendapatkan nominal yang optimal maka setting OCR perlu dilakukan. TDS adalah waktu tunda relay sebelum bekerja, dan arus pickup adalah arus minimum relay supaya lekas bekerja, kedua variabel yang sudah disebutkan diatas adalah variabel yang akan di setting. Berikut adalah tahapan untuk menentukan arus pickup bersumber dari IEC 60255-3 :

Penentuan FLA (Full Load Ampere) bisa disebut arus beban maksimum. Dengan persamaan

$$FLA = \frac{VA}{\sqrt{3} * kv} \quad (2.1)$$

Dilanjut dengan menentukan I set

$$1,05 * FLA < I Set < 1,3 * FLA \quad (2.2)$$

Dari I set kemudian mencari I pickup

$$I Pickup = \frac{I set}{Rasio CT} \quad (2.3)$$

FLA = Arus beban maksimum (A)

VA = Daya transformator (VA)

Kv = Tegangan transformator (Kv)

I Set = Arus *setting* atau arus primer (A)

Rasio CT = Rasio pada transformator arus

Mencari nilai TDS guna menemukan waktu optimal relay OCR bekerja terhadap gangguan.

$$Top = \frac{\alpha * TDSn}{\gamma * \left[\left(\frac{Ifc}{Iset} \right)^\beta - 1 \right]} \quad (2.4)$$

Jadi, diperoleh,

$$TDS = \frac{T_{op} * \gamma * \left[\left(\frac{I_{fc}}{I_{set}} \right)^\beta - 1 \right]}{\alpha} \quad (2.5)$$

Top = waktu operasi delay

Ifc = Arus gangguan relay

TDS = Time dial setting

α, β = koefisien inverse relay

ditentukan nilai α, β, γ pada tabel berikut

Tabel 2.1 kurva koefisien inverse relay

Tipe Kurva	α	β	γ
<i>Standart Inverse</i>	0,14	0,02	2,97
<i>Very Inverse</i>	13,5	1	1,5
<i>Extremely Inverse</i>	80	2	1

2.7 Fungsi Objektif serta Batasan Koordinasi relay OCR

2.7.1 Secara umum fungsi objektif dan batasan dirumuskan :

$$OF = \sum_{i=1}^N W_i T_i \quad (2.6)$$

N disini mewakili banyaknya relay, dan T_i waktu bekerja relay, sedangkan W_i mewakili koefisien kemungkinan kesalahan pada setiap zona pengaman. Normalnya di nilai satu. Fungsi objektif dikatakan benar apabila constraints untuk parameter koordinasi relay telah terpenuhi, antara lain :

2.7.2 Coordination Time Interval (CTI)

Interval atau disebut perbedaan waktu untuk operasi dari relay primer dan backup. Pada sistem relay berkoordinasi diharuskan untuk relay primer secepat mungkin melakukan trip dan relay backup bekerja pasca periode waktu yang dibutuhkan guna menjaga selektivitas antar kedua relay primer dan backup. Dengan rumus :

$$T_{j, ob} - T_{i, op} \leq CTI \quad (2.7)$$

Waktu bekerja relay bakcup ($T_{j,ob}$), waktu bekerja relay primer ($T_{i,op}$), menggunakan standart setting dari IEEE 242 th 2001 dengan nominal CTI 0,2-0,5s [17][18].

2.7.3 Batasan TDS

Pabrikan relay sudah membatasi atau memberi standard untuk rentang setting TDS, dapat dirumuskan :

$$TDS_{i,min} \leq TDS_i \leq TDS_{i,max} \quad (2.8)$$

Datasheet relay OCR dengan batasan settingan standard IEC 60255, untuk $TDS_{i,min}$ 0,05 serta $TDS_{i,max}$ 1,1s.

2.7.4 Batasan pada Arus Pickup

$$PS_{i,min} \leq PS_i \leq PS_{i,max} \quad (2.9)$$

$PS_{i,min}$ dan $PS_{i,max}$ merupakan nilai maksimal dan minimal *pickup current relay* ke-*i*. dengan standard yang telah ditentukan $PS_{i,min} = 1,05 \times FLA$. $PS_{i,max} = 1,3 \times FLA$ (IEEE *British BS 142-1983*).

2.7.5 Fungsi Objektif Baru

Persamaan fungsi objektif baru berikut berfungsi untuk meminimalkan waktu kerja relay dengan mencukupi kendala koordinasi yang sesuai dengan batasan,

$$\underset{TDS_i, PS_i}{Min} OF = \beta_1 \sum_{i=1}^N T_{i,op}^2 + \beta_2 \sum_{i=1}^M (T_{j,ob} - CTI)^2 \quad (2.10)$$

Kemungkinan kesalahan dalam tiap zona proteksi (β_1 dan β_2), dengan $\beta_1 + \beta_2 = 1$. N merupakan banyaknya relay primer dan M mewakili banyaknya relay *backup* [17].

2.8 Genetic algorithm

Merujuk teori darwin tentang teori evolusi yang kemudian diadaptasi menjadi optimasi ini oleh John Holland th 1975, optimasi ini bekerja dengan prinsip fitness untuk memperoleh solusi optimal, solusi optimum sendiri didapatkan dari proses seleksi mutas dan persilangan berulang-ulang. Tahapan yang dilakukan untuk optimasi GA sebagai berikut :

- Pertama define, atau mendefinisikan operator kedalam GA yang mana cocok dengan permasalahan.
- Kedua inisialisasi (initialize), dengan kata lain membentuk populasi awal tersusun dari N buah kromosom.
- Ketiga evaluasi kromosom , atau fitness yaitu menghitung jumlah fitness setiap kromosom pada populasi.
- Keempat seleksi (selection), pemilihan kromosom yang nantinya digunakan sebagai parent atau induk untuk menghasilkan genetik baru
- Kelima persilangan (crossover) proses menjodohkan acatra 2 kromosom pada semua kromosom secara random bertujuan untuk menghasilkan anak yang akan mewarisi sebagian sifat kromosom pembawa.
- Keenam mutation proses mutasi memiliki tujuan supaya individu semakin banyak dan semakin bermacam-macam
- Ketujuh mengganti (replace), populasi baru akan mengganti populasi lama dengan memilih kromosom terbaik dari proses evaluasi fitness induk dan keturunan baru,
- Kedelapan pengetesan , pada tahap ini jika sudah memenuhi kriteria makan protes akan berhenti, dan akan kembali lagi pada solusi terbaik yang sudah diperoleh dari populasi saat ini [5].

2.9 Particle Swarm Optimization (PSO)

Metode ini meninjau dari perilaku sosial dari sekelompok burung atau ikan dalam lingkungan alamiah. Setiap individu atau partikel bertindak berdasarkan kecerdasan individunya sendiri, sekaligus dipengaruhi oleh perilaku kolektif kelompoknya.

Ketika satu partikel atau satu burung menemukan rute yang optimal atau pendek menuju sumber makanan, anggota lain dalam kelompok juga dapat segera mengikuti rute tersebut, meskipun mereka mungkin berada jauh dari lokasi tersebut dalam kelompok. Setiap individu atau partikel diperlakukan sebagai suatu titik dalam ruang tertentu. Terdapat dua faktor yang memengaruhi karakteristik partikel

dalam ruang pencarian, yaitu posisi partikel dan kecepatan partikel [19]. Secara matematis ditulis :

$$x_j(i) = x1(1), x2(1), \dots, xjN(i) \quad (2.11)$$

$$v_j(i) = v1(1), v2(1), \dots, vjN(i) \quad (2.12)$$

Melakukan pembaruan status partikel dengan persamaan

$$v_j(i) = v1(i-1) + c1r1(Pbest,j - xj(i-1)) + c2r2(Gbest - xj(i-1)) \quad (2.13)$$

$$x_j(i) = v_j(i) + x_j(i-1) \quad (2.14)$$

Persamaan diatas digunakan untuk menghitung kecepatan partikel yang diperbarui berdasarkan beberapa faktor, termasuk kecepatan sebelumnya, jarak antara posisi saat ini dengan posisi terbaik individu (personal best), dan jarak antara posisi saat ini dengan posisi terbaik dalam kelompok (global best). Berdasarkan perhitungan ini, partikel akan memutuskan untuk berpindah ke posisi yang baru menggunakan suatu persamaan. Nantinya PSO akan dilakukan dengan beberapa kali iterasi hingga mendapat nilai yang diinginkan, sehingga diperoleh solusi pada Gbest.