

## ANALISIS KEANDALAN PROTEKSI SALURAN TRANSMISI PT. CHEVRON PACIFIC INDONESIA MENGGUNAKAN METODE FAULT TREE

David Setiawan<sup>1</sup>, IGN Satriyadi Hernanda<sup>2</sup>, Ontoseno Penangsang<sup>3</sup>

Jurusan Teknik Elektro ITS, Surabaya 60111

e-mail: <sup>1</sup>dsetia@chevron.com, <sup>2</sup>diditsatriyadi@yahoo.com, <sup>2</sup>didit@ee.its.ac.id, <sup>3</sup>ontosenop@ee.its.ac.id

### ABSTRAKSI

Keandalan dan keselamatan adalah dua hal yang tidak dapat dipisahkan. Keselamatan dapat digambarkan sebagai langkah penghindaran dari kondisi-kondisi yang dapat menyebabkan kerugian, kematian, atau kerusakan berat pada peralatan atau bahkan lingkungan sekitarnya. Oleh karena itu kita perlu menciptakan keselamatan dari kesalahan dan kegagalan yang mungkin terjadi serta mengambil langkah korektif.

Analisis Fault Tree adalah analisis untuk menentukan kegagalan disain dan untuk menentukan kemungkinan terjadinya kegagalan sehingga tindakan korektif dapat dilakukan. Untuk mengoptimalkan analisis Fault Tree ini, penulis memanfaatkan teknik Heuristik (GA) untuk menentukan kesalahan atau kegagalan yang paling memungkinkan terjadi.

**Kata kunci:** Reliability, Analisis Fault Tree, Proteksi Transmisi, Heuristik Algoritma Genetika (HGA)

### 1. PENDAHULUAN

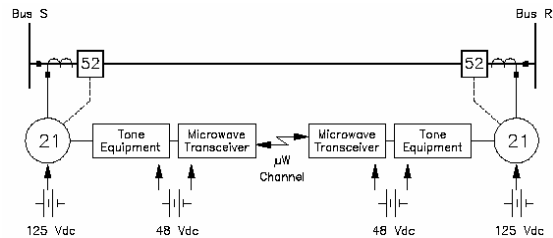
PT. Chevron Pacific Indonesia memiliki sistem kelistrikan sendiri, mulai dari sistem pembangkitan, sistem saluran transmisi hingga ke tingkat distribusinya. PT. CPI memiliki lebih dari 45 saluran transmisi, tegangan yang digunakan bervariasi mulai dari tegangan 230 kV, 115 kV hingga 44 kV.

Karena saluran transmisinya yang cukup luas, keandalan dan keselamatan alat dan lingkungan menjadi hal yang sangat dibutuhkan. Keandalan dan keselamatan adalah dua hal yang tidak dapat dipisahkan, keselamatan dapat digambarkan sebagai langkah penghindaran dari kondisi-kondisi yang dapat menyebabkan kerugian, kematian, atau kerusakan berat pada peralatan bahkan lingkungan sekitarnya. Oleh karena itu analisis kegagalan sistem sangat diperlukan untuk menciptakan keselamatan dari kesalahan. Dengan menggunakan metode Fault Tree diharapkan dapat menentukan kegagalan disain yang terjadi dan untuk menentukan kemungkinan terjadinya kegagalan agar dapat diambil tindakan korektif.

### 2. TINJAUAN PUSTAKA

Bagian-bagian peralatan yang digunakan dalam gambar diatas adalah sbb:

1. Protective Relay
  - Relay Hardware
  - Relay Misapplied
2. DC Power System
3. Circuit Breaker
4. CT & VT
5. Tone Equipment
6. Analog Microwave Equipment
7. Comm DC Power System
8. Microwave Channel



**Gambar 1.** Diagram satu garis proteksi saluran transmisi

Failure rate atau unavailability dapat dinyatakan:

$$q \cong \lambda T = T / \text{MTBF}$$

dimana:

- q = keterbatasan / ketidakmampuan (Unavailability)  
 $\lambda$  = tingkat kegagalan konstan  
T = rata-rata waktu kegagalan  
MTBF = 1 /  $\lambda$  maksudnya waktu diantara kegagalan

Penentuan nilai q:

a. Protective Relay

Berdasarkan pada bidang pengalaman kami [1], suatu MTBF 100 tahun adalah konservatif untuk rele digital yang modern yang konstruksi dan disainnya berkualitas. Produk ini mempertunjukkan suatu efektivitas self-test 80% atau lebih baik. Kapan kemungkinan rugi tegangan dan arus dimonitor oleh rele, pemenuhan rele dan trafo instrumen efektifitasnya meningkat 98%. Figur ini dan beberapa asumsi lain mendorong kearah suatu tidak ketersediaan (unavailability) yaitu 100-10-6. Lihat [1] untuk suatu analisa terperinci. Rele dapat gagal bekerja sebab rele diterapkan tidak sesuai. Faktor manusianya yang sukar untuk menentukan model statistik. Oleh karena itu kita

akan mengasumsikan kontribusi yang unavailability dalam kaitan dengan kesalahan manusia dalam memasang dan menyeting rele adalah 100.10-6 juga.

Kita akui bahwa rele yang unavailability yang berkaitan dengan kegagalan perangkat keras, sama dengan unavailability kegagalan manusia yang tidak berarti bahwa kegagalan perangkat keras dan kegagalan manusia mungkin sama. Waktu untuk mendeteksi dan memperbaiki kesalahan manusia adalah tidak tentu tergantung kegagalan perangkat keras dengan cepat dideteksi dan diperbaiki. Asumsikan kegagalan manusia diambil 1 tahun untuk mendeteksi dan memperbaiki dan 100 kali mungkin lebih sedikit dibanding kegagalan perangkat keras rele. Dalam hal ini, unavailability dari kegagalan manusia dapat dirumuskan:

$$q = \frac{\lambda_{relay}}{100} \cdot 1 \text{ tahun}$$

$$= \frac{1}{100 \text{ tahun}} \cdot \frac{1}{100} \cdot 1 \text{ tahun}$$

$$= 100 \cdot 10^{-6}$$

b. DC Power System

Sistem terdiri dari suatu baterai dan charger, dan sirkit distribusi berada didalam / diluar rumah kendali. Asumsi bahwa alarm DC loss dimonitor dan direspon kurang dari satu hari, dan system ini adalah bagian dari kompleksitas suatu rele, kita memperkirakan suatu tidak ketersediaan (unavailability) adalah 50.10-6

c. Circuit Breaker

Asumsikan 90% kegagalan dideteksi oleh monitor di dalam breaker, dan dalam beberapa rele ( monitor breaker, laporan peristiwa, trip dan menutup sirkit dimonitor) dan alat lainnya. Yang lainnya 5% dideteksi oleh inspeksi visual tiap-tiap dua bulan. Sisanya 5% dideteksi oleh pemeliharaan tiap-tiap dua tahun. Menurut referensi [1] keandalan circuit breaker meningkat dengan voltase menurun. MTBF 83 tahun untuk breaker menggunakan voltase antara 300 kV dan 500 kV, kita akan menggunakan suatu MTBF 200 tahun.

$$q = \frac{\lambda_{relay}}{100} \cdot 1 \text{ tahun}$$

$$= \frac{1}{100 \text{ tahun}} \cdot \frac{1}{100} \cdot 1 \text{ tahun}$$

$$= 100 \cdot 10^{-6}$$

d. CT & VT

Setiap fasa CT & VT diasumsikan 10. 10-6

e. Tone Equipment

Dengan kompleksitas peralatan nada (tone) adalah sama dengan sebuah rele maka kita meng-asumsikan unavailability dari peralatan ini adalah 100.10-6

f. Analog Microwave Equipment

Peralatan ini terdiri dari suatu transceiver dan peralatan multiplexing/demultiplexing . Maka

berdasarkan dari kompleksitas relatif kita estimasikan unavailabilitasnya 200.10-6

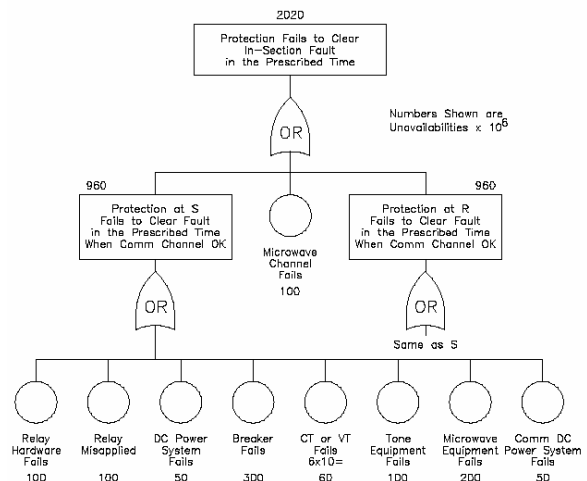
g. Comm DC Power System

Comm DC Power System diasumsikan sama dengan DC Power System yaitu 50.10-6

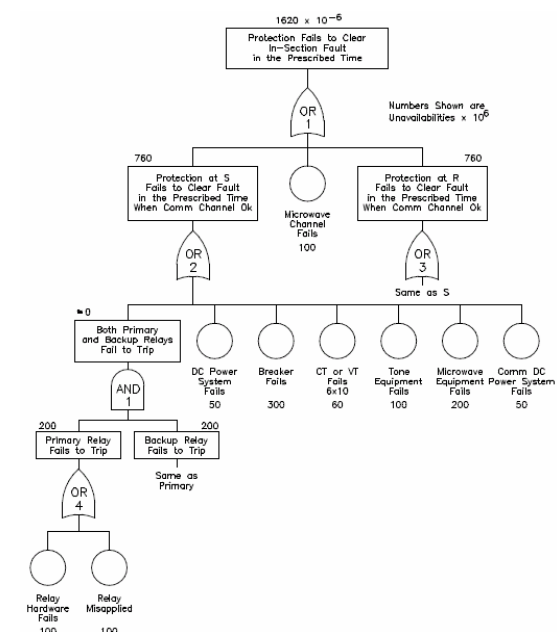
h. Microwave Channel

Medium antar sistem gelombang mikro adalah pada (susah untuk prediksi) pengaruh luar, mencakup cuaca, gangguan frekwensi radio, dan sifat suka rusak. Kita menawarkan suatu terkaan dari tidak ketersediaan (unavailability) yaitu 100.10-6. (Kebetulan, faktor tertentu ini hanya mempunyai efek yang sedikit dalam keseluruhan kalkulasi rencana unavailability, dan ini bukan yang sangat kritis.)

Setelah diperoleh Failure Rate dan Unavailability Peralatan maka Fault Tree dapat dibangun sebagai berikut:



Gambar 2. Pemodelan Fault Tree dari sistem



Gambar 3. Hasil Fault Tree setelah diberi backup relay

Sehingga diperoleh nilai Top Event sebesar 2020.10-6, namun masih cukup besar kemungkinan kegagalan yang akan terjadi, dengan memberikan rekomendasi untuk meminimalkan kegagalan pada relay maka kita menambahkan backup relay sehingga diharapkan kemungkinan kegagalan peratan semakin sangat kecil. Hal ini dapat di gambarkan dalam pohon kesalahan dibawah, dimana nilai top event menjadi kecil yaitu 1660.10-6.

### 3. METODE PENCARIAN DATA DAN OPTIMASI MENGGUNAKAN GENETIKA ALGORITMA (GA)

Ada beberapa metode untuk melakukan pencarian data dan optimasi yang dapat kita kelompokkan sebagai berikut:

1. Metode Kalkulus yaitu sistem bisa dinyatakan sebagai fungsi matematis dengan syarat-syarat tertentu (seperti kontinyu dan differensiabel)
2. Metode Numerik yaitu Sistem masih bisa dinyatakan dengan model matematis walaupun akan terbentuk model yang sangat rumit. Hanya saja perhitungan analitik sudah tidak bisa lagi digunakan.
3. Genetika Algoritma yaitu Sistem sukar sekali dimodelkan dengan model matematik, fungsi-fungsinya mempunyai variable bebas yang sulit diprediksi.

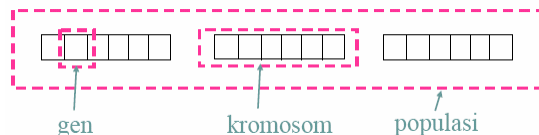
#### 3.1 Genetika Algoritma (GA) secara umum

GA adalah metoda adaptif yang biasa digunakan untuk memecahkan suatu pencarian nilai dalam sebuah masalah optimasi yang kompleks. GA mampu mencari nilai tertentu dari suatu fungsi atau sistem dan dapat mencari nilai optimal dari suatu fungsi atau sistem. Nilai tidak selalu berupa bilangan, tetapi dapat juga berupa informasi tertentu. Fungsi atau sistem tidak selalu fungsi matematis yang dinyatakan dalam  $f(x,y,...)$ , tetapi dapat juga berarti operational yang dapat menghasilkan nilai.

#### 3.2 Istilah-istilah dalam GA

Istilah-istilah penting dalam Genetika Algoritma (Populasi, Individu, Kromosom, Gen, Allele, Nilai Kebugaran, Reproduksi, Keturunan, Seleksi, Pindah Silang dan Mutasi) yaitu:

1. Populasi adalah kumpulan dari beberapa individu
2. Individu (species) adalah satuan terkecil dari makhluk hidup
3. Kromosom (string) adalah kumpulan dari gen-gen
4. Gen (gene) adalah suatu nilai yang menyatakan suatu nilai variabel bebas



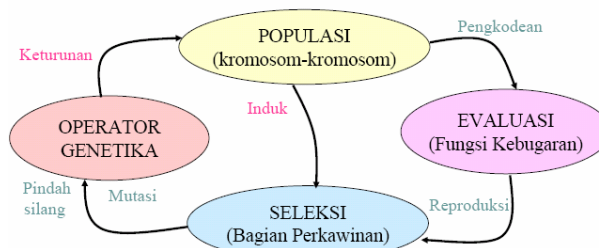
Gambar 4. Istilah dalam GA

Bentuk gen yang bisa diambil dalam Algoritma Genetika (AG) adalah sebagai berikut:

- GEN BINER. Ini sesuai untuk sistem dengan satu variabel bebas.
  - GEN FLOAT. Ini sesuai untuk sistem dengan variable bebas lebih dari satu.
  - GEN KARAKTER/DATA. Ini sesuai untuk system dengan satu variabel bebas yang menyatakan satu satuan informasi.
5. Allele (nilai gen) adalah nilai yang dimasukkan dalam gen
  6. Nilai Kebugaran (fitness function) adalah nilai kinerja dari suatu individu (kinerja kromosom)
  7. Reproduksi (reproduction) adalah proses perkawinan (seleksi, pindah silang dan mutasi)
  8. Keturunan (offspring) adalah hasil proses perkawinan
  9. Seleksi (selection) adalah proses seleksi merupakan upaya untuk memilih individu terbaik
  10. Pindah silang (crossover) adalah operasi genetik yang utama
  11. Mutasi (mutation) adalah bukan operasi genetik yang utama

#### 3.3 Siklus Genetika Algoritma (GA)

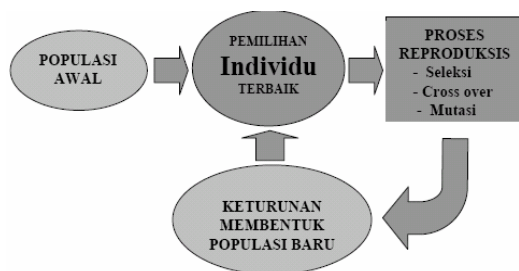
Proses/Siklus Genetika Algoritma dapat digambar seperti berikut:



Gambar 5. Siklus Genetika Algoritma (GA)

#### 3.4 Mekanisme Evolusi dengan GA

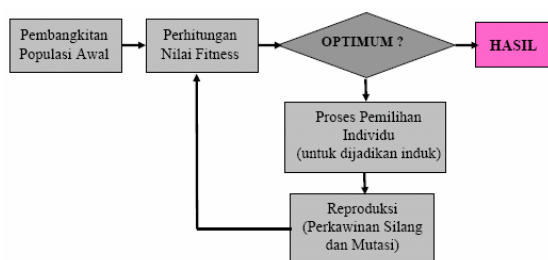
Mekanisme dalam GA dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 6. Mekanisme Evolusi dengan GA

### 3.5 Alur Kerja GA dalam Proses Optimasi

Sedangkan untuk alur Genetika Algoritma dalam melakukan Optimasi adalah sebagai berikut:



Gambar 7. Alur Kerja GA dalam Proses Optimasi

### 3.6 Program Utama GA

Bahasa program utama/umum dalam Genetika Algoritma adalah sebagai berikut:

```

main()
{
    insialisasi_program();
    Populasi_awal();
    Generasi=0;
    While(generasi<=Ngen)
    {
        Hitung_fitness();
        Pilih_individu();
        Perpindahan_silang();
        Mutasi();
        Generasi=generasi+1;
    }
    Hasil_optimal();
}
    
```

## 4. KESIMPULAN

- Secara heuristik algoritma genetika dapat menghasilkan keputusan kriteria sistem yang lebih cepat dan melakukan analisis yang lebih handal.
- Hasil kehandalan ini dapat menentukan perbaikan system yang ada menjadi lebih baik lagi.
- Metode Faul Tree dan GA ini dapat melakukan koordinasi penentuan reability proteksi pada saluran transmisi.

Penelitian ini secara umum masih belum keseluruhannya dilakukan, yaitu perhitungan jaringan yang luas dan pembuatan program yang dapat mengintegrasikan kedua metode Fault tree-GA tersebut.

## PUSTAKA

- [1] E.O. Schweitzer, Iii Bill Fleming, And Tony J. Lee And Paul M. Anderson, "Reliability Analysis Of Transmission Protection Using Faul Tree Methods"
- [6] Yan Lin, Senior Member, Ieee, Gary A. Jordan, Mark O. Sanford, Jinxiang Zhu, Member, Ieee, And William H. Babcock, "Economic Analysis Of Establishing Regional Transmission Organization And Standard Market Design In The Southeast",

*IEEE Transactions On Power Systems*, Vol. 21, No. 4, November 2006

- [7] Armando M. Leite Da Silva, Fellow, Ieee, João Guilherme De Carvalho Costa, And Caroline Monteiro Mattar, "A Probabilistic Approach For Determining The Optimal Amount Of Transmission System Usage", *IEEE Transactions On Power Systems*, Vol. 21, No. 4, November 2006
- [8] Panagis N. Vovos And Janusz W. Bialek, "Impact Of Fault Level Constraints On The Economic Operation Of Power Systems", *IEEE Transactions On Power Systems*, Vol. 21, No. 4, November 2006
- [9] D P Kotari, Ij Nagrath, "Modren Power System Analysis" 3rd Edition Tata Mc Graw Hill, 2003.
- [10] Djiteng Marsudi, "Operasi Sistem Tenaga Listrik" Graha Ilmu, 2006
- [11] Turan Gonen, "Electric Power Transmission System Engineering" Analysis And Design, Jhon Wiley & Sons, 1987.