

Analisa Perhitungan Titik Gangguan pada Saluran Transmisi Menggunakan Metode Takagi Aplikasi PT.CHEVRON PACIFIC Indonesia

Andi Syofian, M.T
Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknik Industri, Institut Teknologi Padang (ITP)
E_mail: andisyofianmt@gmail.com

ABSTRAK

Dalam menentukan titik lokasi gangguan dibutuhkan beberapa metode, dan metode yang sering digunakan dalam menganalisa titik lokasi gangguan ialah dengan menggunakan metode *google earth*, metode berbasis impedansi dan perambatan gelombang sinyal arus balik, dan metode *mapping* laporan gangguan menggunakan algoritma genetika. Namun berdasarkan dari semua metode yang sering digunakan dalam menganalisa titik lokasi gangguan yang ada, penulis lebih tertarik menggunakan metode Takagi untuk menganalisa titik lokasi gangguan dimana, metode ini memperbaiki pengembangan dari metode *simple reactance* dengan mengurangi efek dari aliran beban dan meminimalkan efek tahanan gangguan.

Sehingga, dengan menggunakan metode Takagi dalam menganalisa titik lokasi gangguan ini penulis dapat melakukan analisa perhitungan titik gangguan dan keakuratan pada saluran transmisi sistem kelistrikan PT. Chevron Pacific Indonesia (CPI) pada saluran 115 KV dari bus Bangko ke bus BK-NL 90% (11,7 km), bus North Duri ke bus 17 (4,4 km), dan bus Duri ke bus 17 (17,6 km).

Setelah melakukan analisa, maka penulis menyimpulkan bahwa dalam menganalisa metode Takagi ini, didapat nilai *error* rata-rata sebesar 2,5% dan keakuratan rata-rata sebesar 97,5% dalam hal penentuan titik lokasi gangguan pada sistem jaringan kelistrikan, memiliki keuntungan sebagai berikut: dapat menghubungkan antara rumus dan *software*, dan dapat menentukan titik lokasi gangguan secara cepat, tepat, dan akurat, sehingga dari hasil analisa terdapat nilai keakuratan dan ketepatan titik lokasi gangguan sebesar 100% sebanyak tujuh dari dua belas skenario titik gangguan dengan tiga lokasi.

Metode ini juga memiliki kelemahan sebagai berikut: masih membutuhkan data arus sebelum gangguan, masih membutuhkan arus superposisi, membutuhkan data yang beraturan, membutuhkan pemilihan jenis gangguan.

Kata kunci: titik, lokasi, gangguan, dan metode Takagi.

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Gangguan pada sistem tenaga listrik merupakan segala macam kejadian yang menyebabkan kondisi pada sistem tenaga listrik menjadi abnormal. Jika ditinjau dari sifat dan penyebabnya jenis gangguan pada sistem tenaga listrik dapat dikelompokkan menjadi empat bagian, yaitu: tegangan lebih (*over voltage*), hubungan singkat, daya balik (*Reserve Power*), dan beban lebih (*over load*), salah satu yang menyebabkan kondisi gangguan pada sistem tenaga listrik yang

banyak terjadi ialah gangguan hubung singkat, dimana gangguan hubung singkat ini dapat dibagi menjadi dua bagian, yaitu: gangguan simetris dan gangguan tidak simetris (asimetris).

Dimana metode yang sering digunakan dalam menganalisa titik lokasi gangguan ialah dengan menggunakan metode *google earth*, metode berbasis impedansi dan perambatan gelombang sinyal arus balik, dan metode *mapping* laporan gangguan menggunakan algoritma genetika. Namun berdasarkan dari semua metode yang sering digunakan dalam

menganalisa titik lokasi gangguan yang penulis sebut diatas, penulis lebih tertarik menggunakan metode Takagi dalam menganalisa titik lokasi gangguan dimana, metode ini memperbaiki pengembangan dari metode *simple reactance* dengan mengurangi efek dari aliran beban dan meminimalkan efek tahanan gangguan (Karl Zimmerman dan David Costello, 2005).

Selain itu juga, metode ini merupakan metode yang baru diaplikasikan oleh perusahaan PT. Chevron Pacific Indonesia (CPI).

1.2 Perumusan Masalah

Adapun perumusan masalah dari pembuatan Tugas Akhir ini, antara lain:

1. Bagaimana analisa perhitungan titik gangguan pada saluran transmisi menggunakan metode Takagi terhadap sistem kelistrikan PT. Chevron Pacific Indonesia (CPI) pada saluran 115 KV dari bus Bangko ke bus BK-NL 90% (11,7 km), bus North Duri ke bus 17 (4,4 km), dan bus Duri ke bus 17 (17,6 km)?
2. Bagaimana keakuratan dari *tools fault locator* pada sistem kelistrikan PT. Chevron Pacific Indonesia (CPI) pada saluran 115 KV dari bus Bangko ke bus BK-NL 90% (11,7 km), bus North Duri ke bus 17 (4,4 km), dan bus Duri ke bus 17 (17,6 km)?

1.3 Tujuan

Adapun tujuan dari pembuatan Tugas Akhir ini, antara lain:

1. Melakukan analisa perhitungan titik gangguan pada saluran transmisi menggunakan metode Takagi terhadap sistem kelistrikan PT. Chevron Pacific Indonesia (CPI) pada saluran 115 KV dari bus Bangko ke bus BK-NL 90% (11,7 km), bus North Duri ke bus 17 (4,4 km), dan bus Duri ke bus 17 (17,6 km).
2. Mengetahui keakuratan dari *tools fault locator* pada sistem kelistrikan PT. Chevron Pacific Indonesia (CPI) pada saluran 115 KV dari bus Bangko ke bus BK-NL 90% (11,7 km), bus North Duri ke bus 17 (4,4 km), dan bus Duri ke bus 17 (17,6 km).

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang akan dibahas pada jurnal ini, ialah keakuratan *tools fault locator* dengan menggunakan metode Takagi aplikasi PT. Chevron Pacific Indonesia (CPI). Dalam hal ini beban yang

digunakan adalah saluran 115 KV dari bus Bangko ke bus BK-NL 90% (11,7 km), bus North Duri ke bus 17 (4,4 km), dan bus Duri ke bus 17 (17,6 km) dengan menggunakan metode Takagi sebagai metode yang digunakan pada *tools* tersebut dan *single line diagram* yang penulis gunakan dalam bentuk ETAP 12.6.0.

2. Landasan Teori

2.1 Studi Literatur

Diah Risqiwati, Mauridhi Hery Purnomo, dan Ardyono Priyadi (2012), telah melakukan penelitian tentang metode pendeteksian lokasi gangguan pada jaring tiang distribusi 20 KV dengan membandingkan pendeteksian lokasi gangguan pada jaring tiang distribusi 20 KV melalui metode berbasis impedansi dan perambatan gelombang sinyal arus balik.

Luvia Friska Narulita, Ardyono Priyadi, dan Mauridhi Hery Purnomo, pada tahun (2012) dalam penelitiannya “Prediksi Lokasi Gangguan Jaring Distribusi Listrik Berbasis Peta *Google Earth* dan *Single Line Diagram*”. Penelitian ini membahas mengenai penggunaan *Google Earth* untuk memprediksi lokasi terjadinya gangguan pada jaring distribusi listrik.

FX Wisnu Yudo Untoro, Handayani Tjandra, dan Achmad Basuki (2004), telah melakukan penelitian “Deteksi Lokasi Gangguan Listrik Pada Jaringan Distribusi Listrik Tegangan Rendah- Menengah Berdasarkan *Mapping* Laporan Gangguan Menggunakan Algoritma Genetika”. Dimana dengan menggunakan Algoritma Genetika dapat digunakan untuk melakukan pencarian kesamaan pola padam antara pola padam pada jaringan distribusi listrik dan laporan gangguan dari pelanggan.

2.2 Metode Dasar Impedansi Penentu Lokasi Gangguan dan Syaratnya

Impedansi sebagai metode yang mendasar membutuhkan persyaratan, sebagai berikut:

1. mengukur tegangan dan arus fasor,
2. mengambil komponen yang penting,
3. menentukan fasor dan tipe gangguan,
4. menerapkan impedansi algoritma.

Pertama, dengan menggunakan ujung bagian akhir dari lokasi gangguan yang memakai metode impedansi merupakan fitur standar dalam kebanyakan numerik relay, ujung bagian awal ke ujung bagian akhir dari metode impedansi menggunakan algoritma

yang sederhana, dan saluran komunikasi dan data yang terkecil bukan merupakan sesuatu yang dibutuhkan (kecuali ketika saluran yang dibutuhkan untuk menentukan lokasi gangguan yang diperkirakan bagi seorang operator).

Kedua, metode ujung bagian akhir dapat menjadi pilihan yang tepat, tapi membutuhkan data dari kedua terminal. Data harus diambil dari kedua ujung sebelum algoritma dapat dipakai.

Metode dasar impedansi yang paling populer dalam penentuan lokasi gangguan, ialah: metode *simple reactance*, metode Takagi, metode modifikasi takagi, dan metode *sequence*.

Dasar untuk menghitung penentuan lokasi gangguan dari impedansi dapat dilakukan pada semua jenis lokasi gangguan fasa ke tanah dan arus pada fasa lain harus diukur. Jika yang tersedia hanya tegangan jalur ke jalur, jika rangkaian sumber impedansi, Z_0 , diketahui, maka dapat diperkirakan lokasi gangguan pada gangguan fasa ke tanah.

Jika resistansi gangguan dianggap nol, maka lokasi gangguan dapat diperkirakan dengan menggunakan rumus pada tabel berikut:

Tabel 2.1 . Persamaan impedansi sederhana.

Fault Type	Positive-Sequence Impedance Equation ($mZ_{1L} =$)
a – netral	$V_a / (I_a + k \cdot 3 \cdot I_0)$
b –netral	$V_b / (I_b + k \cdot 3 \cdot I_0)$
c –netral	$V_c / (I_c + k \cdot 3 \cdot I_0)$
a–b or a–b–n	V_{ab}/I_{ab}
b–c or b–c–n	V_{bc}/I_{bc}
c–a or c–a–n	V_{ca}/I_{ca}
a–b–c	Any of the following: V_{ab}/I_{ab} , V_{bc}/I_{bc} , V_{ca}/I_{ca}

Dimana :

k adalah $(Z_{0L}-Z_{1L})/3Z_{1L}$

Z_{0L} adalah rangkaian saluran impedansi

urutan nol

Z_{1L} adalah rangkaian saluran impedansi urutan positif

m adalah jarak perunit untuk gangguan (sebagai contoh: jarak ke gangguan dalam kilo meter yang terbagi dari total jarak saluran dalam kilometer)

I_0 adalah rangkaian arus urutan nol

Berikut ini merupakan kondisi yang dapat menyebabkan *error* pada metode dasar penentu lokasi gangguan, ialah:

1. Efek gabungan dari gangguan resistansi dan beban,
2. Rangkaian nol saling berpasangan,
3. Pemodelan rangkaian nol *error*,
4. Sistem non homogen,
5. Sistem pada *infeeds*,
 - *Remote* atau terminal ketiga pada *infeed*,
 - Beban *tapped* dengan sumber rangkaian nol.
6. Relay yang tidak tepat untuk diukur, instrumen trafo, atau jalur pada parameter

2.3 Metode Takagi

Metode Takagi membutuhkan data sebelum gangguan dan data setelah gangguan. Metode ini memperbaiki pengembangan dari metode *simple reactance* dengan mengurangi efek dari aliran beban dan meminimalkan efek tahanan gangguan...(Karl Zimmerman dan David Costello, 2005).

$$V_s = m \cdot Z_{1L} \cdot I + R_f \cdot I_f \dots \dots \dots (2.1)$$

Agar dapat menemukan persamaan pada fasa dengan I_f , maka dibutuhkan arus superposisi (I_{sup}):

$$I_{sup} = I - I_{pre} \dots \dots \dots (2.2)$$

Dimana,

I = arus gangguan

I_{pre} = arus sebelum gangguan

Tegangan *drop* dari bus S:

$$V_s = m \cdot Z_{1L} \cdot I_s + R_f \cdot I_f$$

Gabungan dari kedua sisi persamaan (1) dengan konjuget yang komplit dari I_{sup} (I_{sup}^*) dan bagian imajiner ditetapkan. Kemudian, untuk m ditentukan.

$$I_m [V_s \cdot I_{sup}^*] = m \cdot I_m (Z_{1L} \cdot I_s \cdot I_{sup}^* + R_f \cdot I_m (I_f \cdot I_{sup}^*)) \dots \dots \dots (2.3)$$

$$m = \frac{I_m (V_s \cdot I_{sup}^*)}{I_m (Z_{1L} \cdot I_s \cdot I_{sup}^*)} \dots \dots \dots (2.4)$$

Pada metode Takagi data tegangan yang akan digunakan setelah gangguan tiga fasa, menggunakan rumus sebagai berikut:

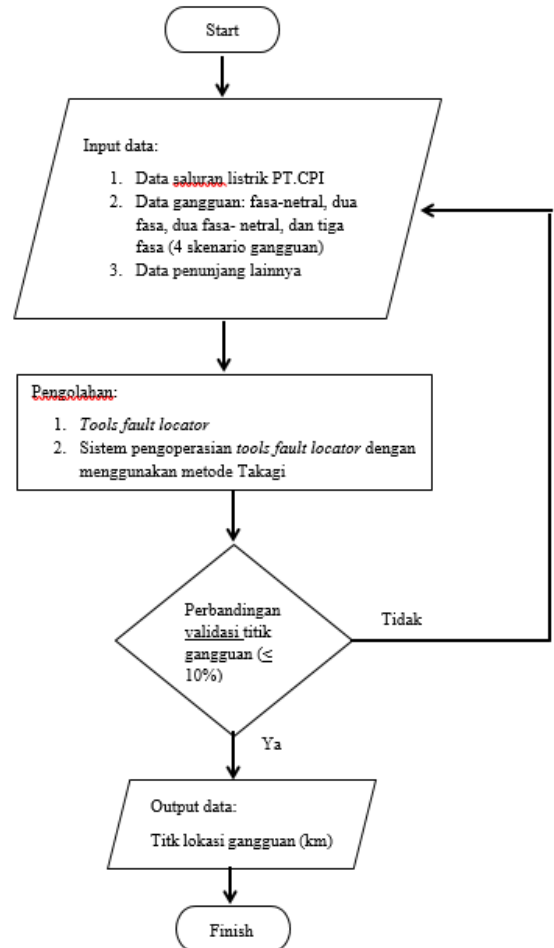
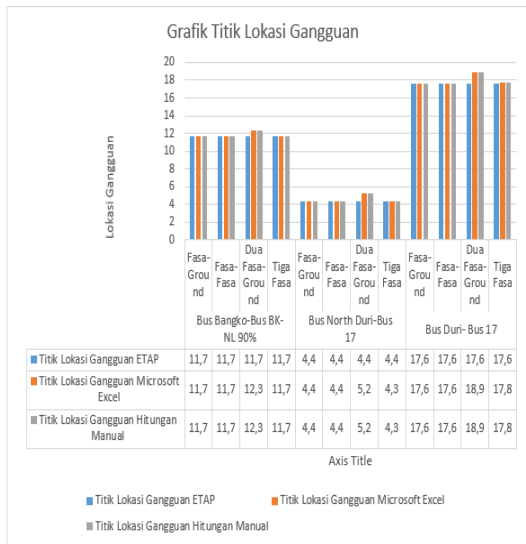
$$\frac{V_{sp}}{\sqrt{3}} \dots \dots \dots (2.5)$$

dimana,

V_{3p} : Nilai tegangan pada gangguan tiga fasa

Kunci sukses dari metode Takagi ini, ialah begitu sudut dari I_s sama dengan sudut dari I_f untuk sistem homogen yang ideal, sudut ini identik sebagai sudut antara I_s dan I_f ketika naik, *error* pada lokasi gangguan yang diperkirakan meningkat.

3. Jalan Penelitian (Flow Chart)



4. Hasil Analisa dan Pembahasan

Adapun hasil analisa ditunjukkan pada Tabel 4.1 sebagai berikut:

Tabel 4.1 Hasil Analisa

No	Lokasi Gangguan	Jenis Gangguan	Titik Lokasi Gangguan (km)			persentase error	persentase akurat
			ETAP	Microsoft Excel	Hitungan Manual		
1.	Bus Bangko-Bus BK-NL 90% (11,7 km)	Fasa-Ground	11,7	11,7	11,7	0%	100%
		Fasa-Fasa	11,7	11,7	11,7	0%	100%
		Dua Fasa-Ground	11,7	12,3	12,3	5%	95%
		Tiga Fasa	11,7	11,7	11,7	0%	100%
2.	Bus North Duri-Bus 17 (4,4 km)	Fasa-Ground	4,4	4,4	4,4	0%	100%
		Fasa-Fasa	4,4	4,4	4,4	0%	100%
		Dua Fasa-Ground	4,4	5,2	5,2	15%	85%
		Tiga Fasa	4,4	4,3	4,3	2%	98%
3.	Bus Duri-Bus 17 (17,6 km)	Fasa-Ground	17,6	17,6	17,6	0%	100%
		Fasa-Fasa	17,6	17,6	17,6	0%	100%
		Dua Fasa-Ground	17,6	18,9	18,9	7%	93%
		Tiga Fasa	17,6	17,8	17,8	1%	99%
Nilai % Error Rata-Rata						2,5%	
Nilai persentase akurat Rata-Rata						97,5%	

Untuk melihat hasil perhitungan dalam menentukan titik lokasi gangguan antara *Software ETAP*, *Microsoft Excel*, dan

Hitungan Manual pada Tabel 4.1 dapat dilihat pada Gambar 4.1 yang menunjukkan grafik antara *Software* ETAP, *Microsoft Excel*, dan Hitungan Manual dalam menentukan titik lokasi gangguan.

Gambar 4.1 Grafik Titik Lokasi Gangguan

5. Penutup

5.1 Kesimpulan

1. Pada saat melakukan analisa perhitungan titik gangguan pada saluran transmisi menggunakan metode Takagi terdapat nilai *error* rata-rata sebesar 2,5%, untuk menentukan titik lokasi gangguan pada sistem jaringan listrik baik gangguan antara fasa ke *ground*, fasa ke fasa, dua fasa ke *ground*, maupun gangguan tiga fasa terhadap sistem kelistrikan PT. Chevron Pacific Indonesia (CPI) pada saluran 115 KV dari bus Bangko ke bus BK-NL 90% (11,7 km), bus North Duri ke bus 17 (4,4 km), dan bus Duri ke bus 17 (17,6 km). Dimana terdapat nilai *error* tertinggi sebesar 15% dari bus North Duri ke bus 17 dengan skenario gangguan dua fasa ke *ground*.
2. Melalui *tools fault locator* dengan menggunakan metode Takagi dan menggunakan simulasi ETAP 12.6.0, maka dapat diperoleh titik lokasi gangguan secara cepat, tepat, dan akurat, sehingga dari hasil analisa terdapat nilai keakuratan dan ketepatan rata-rata sebesar 97,5%, dimana diantaranya terdapat nilai keakuratan titik lokasi gangguan sebesar 100% sebanyak tujuh dari dua belas skenario titik gangguan dengan tiga lokasi yang berbeda untuk menentukan titik lokasi gangguan pada sistem jaringan listrik baik gangguan antara fasa ke *ground*, fasa ke fasa, dua fasa ke *ground*, maupun gangguan tiga fasa terhadap sistem kelistrikan PT. Chevron Pacific Indonesia (CPI) pada saluran 115 KV dari bus Bangko ke bus BK-NL 90% (11,7 km), bus North Duri ke bus 17 (4,4 km), dan bus Duri ke bus 17 (17,6 km).

5.2 Saran

Adapun saran penulis mengenai tugas akhir ini adalah, meskipun penulis hanya menganalisa titik lokasi gangguan dengan menggunakan metode Takagi serta data berupa simulasi ETAP 12.6.0 dengan *constant* KVA 0% dan *constant* Z 100% dapat menghitung titik lokasi gangguan telah berhasil penulis lakukan. Sehingga dilain waktu penulis

berharap melalui tugas akhir ini, peneliti berikutnya dapat menghitung titik lokasi gangguan dengan tepat dan akurat melalui *simple reactance*, metode modifikasi takagi, maupun dengan menggunakan metode *sequence*.

Referensi

- Avenue, Anderson, Markam, dan Ontario. 2007. "*F 60 Feeder Protection System- UR Series Instruction Manual*". Canada: GE Multilin.
- Dosen Teknik Informatika ITP. 2012. "*Modul Dasar Pemrograman 2 Dengan Visual Basic Teknik Informatika ITP*". ITP: Padang
- Hutauruk. 1985. "*Transmisi Daya Listrik*". Bandung: Erlangga
- Narulita, Luvia Friska, Priyadi, Ardyono, dan Purnomo, Mauridhi Hery. 2012. "*Prediksi Lokasi Gangguan Jaring Distribusi Listrik Berbasis Peta Google Earth dan Single Line Diagram*". Java Journal Electrical And Electronics Engineering. Vol 10.
- Prasetya, Retna dan Widodo, Catur Edi. 2004. "*Teori dan Praktek Interfacing Port Paralel dan Port Serial Komputer dengan Visual Basic 6.0*". Semarang: Andi.
- Ramdhani, Mohamad. 2008. "*Rangkaian Listrik*". Bandung: Erlangga
- Risqiwati, Diah, Purnomo, Mauridhi Hery, dan Priyadi, Ardyono. 2012. "*Metode Pendeteksian Lokasi Gangguan Pada Jaring Tiang Distribusi 20 KV*". Java Journal Electrical And Electronics Engineering. Vol 10.
- Untoro, FX Wisnu Yudo, Tjandrasa, Handayani, dan Basuki, Achmad. 2004. "*Deteksi Lokasi Gangguan Listrik Pada Jaringan Distribusi Listrik Tegangan Rendah-Menengah Berdasarkan Mapping Laporan Gangguan Menggunakan Algoritma Genetika*". (online) (http://basuki.lecturer.pens.ac.id/research/SI_GLPasca2004.pdf, 30 Agustus 2015).
- William D. Stevenson, Jr. 1993. "*Analisa Sistem Tenaga Listrik*". Jakarta: Erlangga.
- Zimmerman, Karl dan Costello, David. 2005. "*Impedance-Based Fault Location Experience*". USA: Pullman.