

OPTIMASI KINERJA RELE ARUS LEBIH BERARAH PADA SISTEM PEMBANGKITAN TERDISTRIBUSI MENGGUNAKAN ALGORITMA GENETIKA

Agriel Triyadiputra^{*)}, Karnoto^{*)}, Susatyo Handoko^{*)}

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Diponegoro Semarang
Jl. Prof. Sudharto, SH. Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

^{*)}Email : atriyadiputra@yahoo.com, karnoto@gmail.com, susatyo73@gmail.com

Abstrak

Suatu sistem distribusi konvensional biasanya hanya memiliki satu sumber penyulang sebagai penyuplai daya listrik kepada para konsumen. Pada umumnya hal ini memiliki beberapa kekurangan antara lain ketika memberi suplai daya listrik pada bus yang memiliki beban pada tiap-tiap bus. Penambahan sistem pembangkitan terdistribusi (DG) berskala kecil pada sistem interkoneksi dimaksudkan supaya kontinuitas penyaluran beban dapat tetap terjaga, sehingga suplai daya pada bus-bus yang memiliki beban yang besar dapat terlayani dengan baik. Keberadaan DG akan mempengaruhi setting rele-rele pengamanannya. Permasalahan ini perlu dianalisis agar energi listrik yang disalurkan dapat dimanfaatkan secara optimal. Dalam penelitian ini akan disimulasikan suatu sistem optimasi pengaturan setting rele arus lebih berarah menggunakan software MATLAB 7.6 (R2008a). Penelitian ini menitik beratkan pada optimasi pengaturan setting rele pengaman terhadap penambahan DG untuk suatu sistem uji IEEE 14 bus. Optimasi setting rele pengaman dilakukan dengan menggunakan metode algoritma genetika. Dari hasil simulasi dan analisis menunjukkan bahwa optimasi setting rele arus lebih berarah untuk gangguan 3 fasa tanpa DG dengan letak gangguan pada bus 12 adalah sebesar 0.6944 detik untuk rele cadangan dan 0,2909 detik untuk rele utama. Penambahan DG pada bus 12 dan bus 14 dengan letak gangguan yang sama didapatkan hasil sebesar 0,772 detik untuk rele cadangan dan 0,1990 detik untuk rele utama. Dengan adanya penambahan pembangkitan terdistribusi terdapat perbedaan setting waktu rele arus lebih berarah, hal ini disebabkan karena adanya arus kontribusi yang berasal dari pembangkitan terdistribusi yang terpasang pada bus.

Kata Kunci : pembangkitan terdistribusi, rele arus lebih berarah, optimasi, algoritma genetika

Abstract

A conventional distribution systems usually have only one source of power feeders as a supplier of electricity to consumers. In general, it has some disadvantages such as when giving power supply on a bus that has a big load at each bus. The addition of small-scale distributed generation (DG) on interconnection system meant that the distribution of the burden of continuity can be maintained, so that the power supply buses have large loads can be served well. Load growth in distribution system increase steadily. The small-scale distributed generation affects the setting time of the relays protection. This problem needs to be analysed so that electrical energy can be used optimally distributed. In this research simulated a system optimization directional overcurrent relay setting using MATLAB 7.6 (R2008a). This research focuses on the optimization relays protection setting to additional of distributed generation (DG) for IEEE test system 14 bus. Optimization setting safety relays were calculated using a genetic algorithm. From the results of simulation and analysis shows that the optimization setting directional overcurrent relay for 3 phase fault without DG the location of the disturbance on the bus 12 is equal to 0,6944 seconds for backup relay and 0,2909 seconds for main relay. Additional distributed generation on bus 12 and bus 14 with the same fault location gives 0,772 seconds for backup and 0,1990 seconds for the main protection relay. There are differences in setting time of directional overcurrent relays, due to the present of distributed generation which contribution the fault current to the installed bus.

Keyword : distributed generation (DG), directional overcurrent relay (DOCR), optimization, genetic algorithm

1. Pendahuluan

Kebutuhan tenaga listrik sudah menjadi kebutuhan primer bagi manusia. Segala perangkat penunjang kegiatan manusia hampir selalu memerlukan energi listrik. Listrik

dibangkitkan dari sumber daya primernya (tenaga air, batubara, gas dll) dan selanjutnya listrik tersebut disalurkan/ditransmisikan serta didistribusikan ke konsumen. Oleh karena itu dibutuhkan suatu sistem penyaluran tenaga listrik yang baik dari tempat

dibangkitkan (generator) menuju tempat dimana konsumen membutuhkan tenaga listrik. Untuk mendapatkan sistem yang baik tentunya terdapat beberapa kriteria, yang salah satunya adalah ketahanan sistem tersebut terhadap gangguan yang terjadi. Gangguan-gangguan pada sistem penyaluran tenaga listrik disebabkan oleh banyak hal dan gangguan ini tidak dapat dihilangkan seluruhnya dikarenakan faktor ekonomi dan juga faktor alam yang tidak dapat dihindari. Oleh karena itu diperlukan suatu sistem proteksi tenaga listrik. Sistem proteksi ini bertujuan untuk mengurangi dampak negatif yang diakibatkan gangguan listrik tersebut terhadap peralatan dan kestabilan sistem dapat dikurangi. Pada tugas akhir ini, optimasi kinerja rele arus lebih berarah dilakukan dengan menggunakan algoritma genetika. Algoritma genetika merupakan salah satu teknik komputasi yang sesuai dengan ruang solusi yang sangat besar. Pada tugas akhir ini yang dioptimasi adalah meminimumkan nilai TMS dari masing-masing rele, sehingga dengan meminimumkan nilai tersebut akan didapatkan hasil optimal antara rele utama dengan rele cadangan. Untuk memudahkan analisis maka dibuat program hitung menggunakan software MATLAB karena menyediakan banyak fungsi dasar untuk operasi matrik agar dapat mengimplementasikan komponen-komponen algoritma genetika yang menggunakan banyak operasi matrik.

Tujuan pembuatan penelitian ini adalah :

1. Mendapatkan waktu koordinasi rele arus lebih berarah yang optimal menggunakan algoritma genetika.
2. Mengetahui pengaruh penambahan DG pada suatu jaringan jika terjadi gangguan.

Sedangkan untuk menyederhanakan permasalahan dalam penelitian ini maka akan diberikan batasan-batasan sebagai berikut :

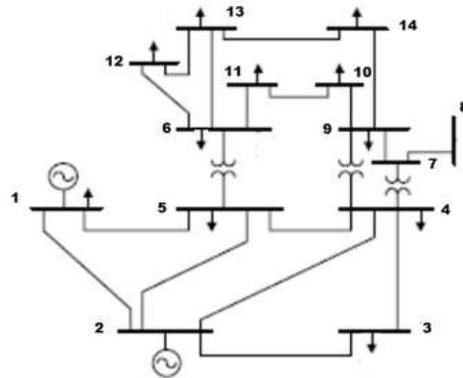
1. Tugas akhir tidak aplikasi secara langsung tetapi hanya dalam bentuk simulasi.
2. Software yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah MATLAB 7.6 (R2008a) dan ETAP 7.0.0
3. Metode yang digunakan untuk optimasi kinerja rele arus lebih berarah adalah algoritma genetika.
4. Arus hubung singkat yang dianalisa adalah arus hubung singkat 3 fasa dan 1 fasa ke tanah.
5. Letak dan besar daya DG telah ditentukan sebelumnya.

2. Metode

Sebelum melakukan simulasi optimasi, terlebih dahulu ditentukan karakteristik rele yang digunakan, pada pembahasan ini digunakan karakteristik rele *normally invere time* dengan rumus setting rele utama adalah sebagai berikut :

$$t = \frac{0,14}{\left(\frac{I_f}{I_p}\right)^{0,02} - 1} * TMS \quad (2)$$

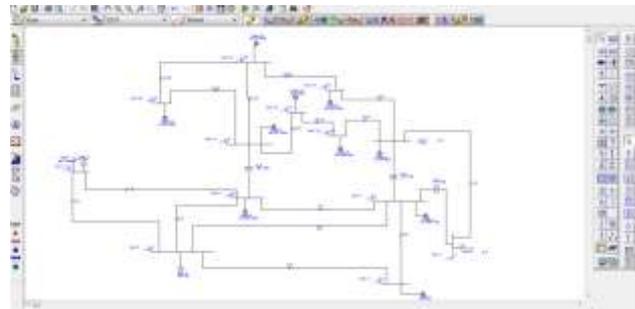
Dan untuk jaringan sistemnya adalah sebagai berikut :



Gambar 1. Single line diagram data IEEE 14 bus

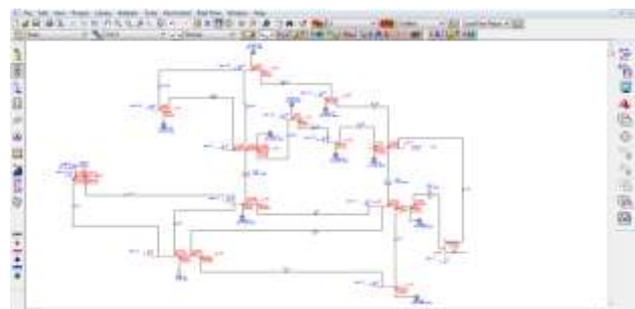
2.1 Simulasi Jaringan pada ETAP 7.0

Fungsi penggunaan ETAP disini adalah untuk menjalankan program simulasi aliran daya dan gangguan hubung singkat dimana nantinya akan menghasilkan arus nominal dari operasi aliran daya dan arus hubung singkat dari operasi *short-circuit* menggunakan ETAP.



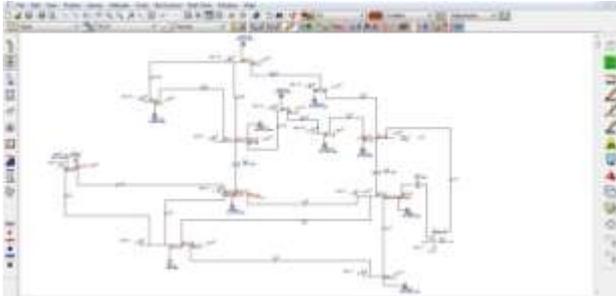
Gambar 2. Tampilan awal ETAP editing

Gambar 2 diatas menunjukkan tampilan awal ETAP edit. Pada bagian ini dilakukan input data yang telah didapatkan ke dalam single line diagram, antara lain adalah input impedansi saluran, rating generator, rating beban dan penentuan letak DG.



Gambar 3. Tampilan ETAP saat operasi aliran daya

Gambar 3 diatas menunjukkan proses aliran daya pada sistem IEEE 14 bus, dari proses aliran daya yang dilakukan diatas akan didapatkan nilai arus nominal yang mengalir di tiap-tiap bus.



Gambar 4. Tampilan ETAP saat operasi gangguan hubung singkat

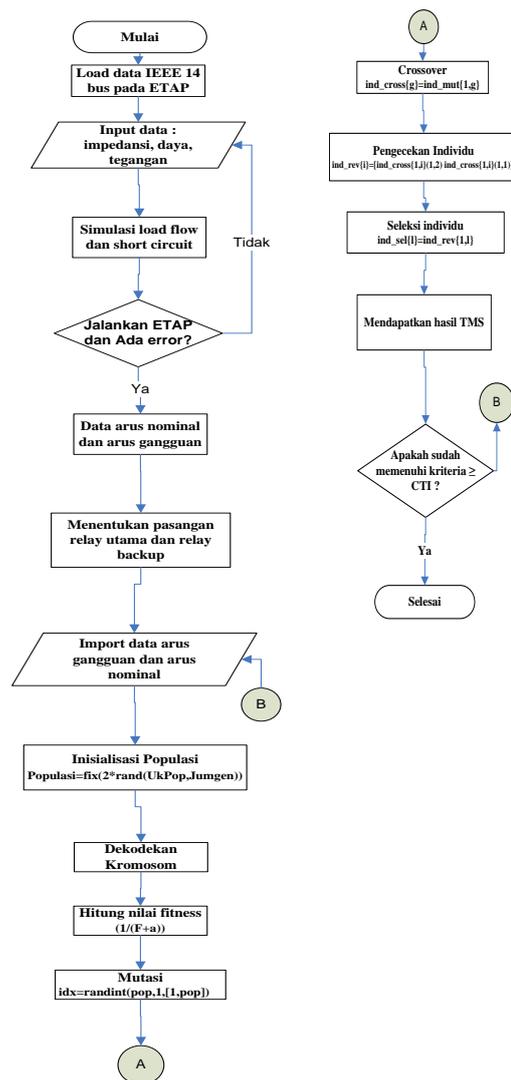
Pada gambar 4 diatas dilakukan proses gangguan hubung singkat dengan mengambil contoh letak gangguan berada pada bus 5. Jenis gangguan yang dilakukan adalah gangguan 3 fasa, nantinya didalam simulasi dilakukan 2 jenis gangguan yaitu gangguan 3 fasa seimbang dan gangguan 1 fasa ke tanah. Dari operasi ini akan didapatkan nilai arus gangguan maksimum yang melewati saluran yang terganggu yang nantinya akan menjadi nilai input untuk simulasi berikutnya untuk mendapatkan nilai koordinasi waktu rele yang optimal.

2.2 Pemrograman Menggunakan MATLAB 7.6

Perancangan program simulasi optimasi ini menggunakan program MATLAB 7.6 (R2008a) dengan metode optimasi algoritma genetika. Program simulasi ini dibuat dalam 9 tahap dimana tahap pertama adalah inialisasi populasi awal, tahap kedua adalah dekodekan kromosom, tahap ketiga adalah proses aliran daya, tahap keempat adalah hitung nilai fitness, tahap kelima adalah pemilihan individu terbaik, tahap keenam adalah linier fitness ranking, tahap ketujuh adalah roulette wheel, tahap kedelapan adalah pindah silang, dan tahap kesembilan adalah mutasi.

Fungsi objektif untuk proses optimasi dapat dirumuskan dalam bentuk matematis sebagai berikut :

$$\frac{k_1}{\left(\frac{I_{b,F1}}{I_{b,pickup}}\right)^{k_2} - 1} \times TMS_b - \frac{k_1}{\left(\frac{I_{b,F1}}{I_{b,pickup}}\right)^{k_2} - 1} \times TMS_m > CTI \quad (2)$$

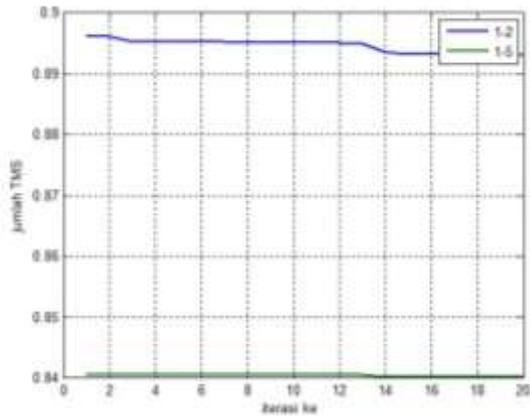


Gambar 5. Diagram alir pembuatan program

3. Pengujian dan Analisa

3.1 Simulasi koordinasi rele gangguan pada bus 1 gangguan 3 fasa

3.1.1 Gangguan 3 fasa tanpa DG

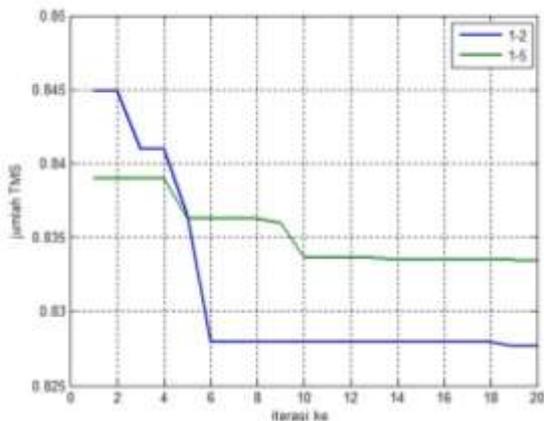


Gambar 6. Grafik hasil simulasi tanpa DG lokasi gangguan bus 1

Tabel 1. Hasil simulasi tanpa DG lokasi gangguan bus 1

Pasangan Rele	Setting rele backup (detik)	Setting rele utama (detik)
1-2	0,6182	0,2750
1-5	0,5929	0,2473

3.1.2 Gangguan 3 fasa DG bus 5

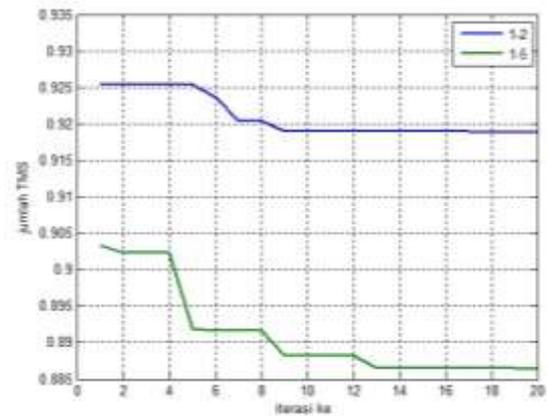


Gambar 7. Grafik hasil simulasi dengan DG bus 5

Tabel 2. Hasil simulasi dengan DG bus 5 pada gangguan bus 1

Pasangan Rele	Setting rele backup (detik)	Setting rele utama (detik)
1-2	0,6237	0,2040
1-5	0,6061	0,2274

3.1.3 Gangguan 3 fasa DG bus 12 dan bus 14



Gambar 8. Grafik hasil simulasi DG bus 12 dan bus 14 lokasi gangguan bus 1

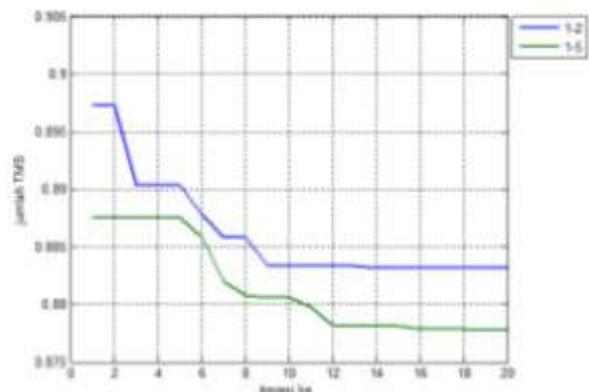
Tabel 3. Hasil simulasi dengan DG bus 12 dan bus 14

Pasangan Rele	Setting rele backup (detik)	Setting rele utama (detik)
1-2	0,7144	0,2044
1-5	0,6533	0,2331

Dari simulasi untuk gangguan 3 fasa diatas didapatkan nilai setting rele yang berbeda-beda untuk setiap konfigurasi. Dengan penambahan DG pada bus-bus tertentu maka akan mempengaruhi arus gangguan dan arus nominal yang melewati jaringan tersebut. Hal ini juga akan mempengaruhi setting rele itu sendiri. Dari hasil diatas untuk setting rele tiap-tiap konfigurasi masih dalam batas yang diinginkan karena masih dalam batas CTI yang telah ditentukan yaitu sebesar $\geq 0,4$ detik. Setting rele diatas adalah hasil optimasi yang dilakukan oleh program simulasi sehingga dapat mengatasi jika terjadi gangguan hubung singkat pada jaringan.

3.2 Simulasi koordinasi rele gangguan pada bus 1 gangguan 1 fasa ke tanah

3.2.1 Gangguan 1 fasa ke tanah tanpa DG

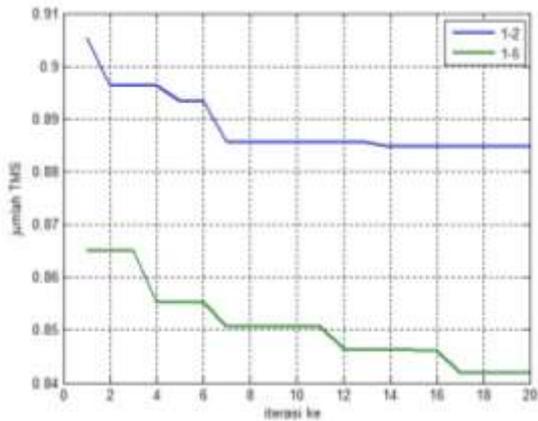


Tabel 9. Grafik hasil simulasi tanpa DG lokasi gangguan bus 1

Tabel 4. Hasil simulasi tanpa DG pada gangguan bus 1

Pasangan Rele	Setting rele backup (detik)	Setting rele utama (detik)
1-2	0,5960	0,2871
1-5	0,6194	0,2583

3.2.2 Gangguan 1 fasa ke tanah DG bus 5

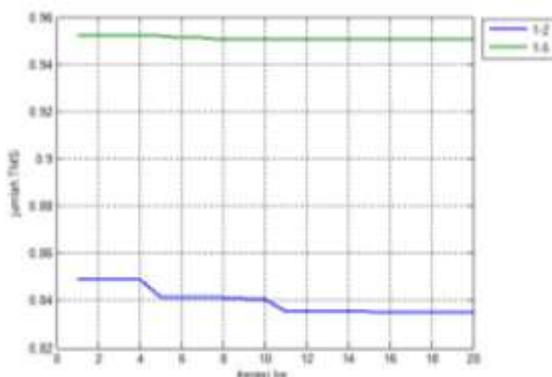


Gambar 10. Grafik hasil simulasi dengan DG bus 5

Tabel 5. Hasil simulasi dengan DG bus 5

Pasangan Rele	Setting rele backup (detik)	Setting rele utama (detik)
1-2	0,6105	0,2742
1-5	0,5925	0,2495

3.2.3 Gangguan 1 fasa ke tanah DG bus 12 dan bus 14



Gambar 11. Grafik hasil simulasi dengan DG bus 12 dan bus 14

Tabel 6. Hasil simulasi dengan DG bus 12 dan bus 14

Pasangan Rele	Setting rele backup (detik)	Setting rele utama (detik)
1-2	0,6275	0,2076
1-5	0,7202	0,2304

Sama halnya dengan simulasi untuk gangguan 3 fasa, pada simulasi gangguan 1 fasa ke tanah juga terdapat perbedaan setting rele. Program simulasi yang dijalankan untuk mencari nilai optimal dari setting rele telah memenuhi batas CTI yang telah ditentukan yaitu sebesar $\geq 0,4$ detik, sehingga bisa dikatakan bahwa nilai yang didapatkan dari hasil simulasi diatas adalah nilai setting rele yang optimal ketika terjadi penambahan DG pada tiap-tiap bus yang telah ditentukan sebelumnya.

4. Kesimpulan

Pada pengujian jenis gangguan 3 fasa tanpa DG dengan lokasi gangguan pada bus 1 didapatkan setting rele sebesar 0,6182 detik untuk rele cadangan dan 0,2750 detik untuk rele utama. Sedangkan untuk pengujian gangguan 3 fasa dengan letak DG pada bus 12 dan bus 14 untuk lokasi gangguan yang sama didapatkan setting rele cadangan sebesar 0,7144 detik untuk setting waktu rele cadangan dan 0,2044 detik untuk setting rele utama. Terdapat perbedaan setting waktu rele untuk gangguan tanpa DG dengan DG bus 12 dan bus 14, hal ini disebabkan adanya penambahan DG pada sistem jaringan dan memberikan kontribusi arus gangguan. Dan pada pengujian jenis gangguan 1 fasa ke tanah tanpa DG dengan lokasi gangguan pada bus 1 didapatkan nilai setting waktu rele sebesar 0,5960 detik untuk setting rele cadangan dan 0,2871 detik untuk setting rele utama. Sedangkan untuk pengujian gangguan 1 fasa ke tanah dengan DG pada bus 12 dan bus 14 untuk lokasi gangguan yang sama didapatkan setting waktu rele sebesar 0,6275 detik untuk rele cadangan dan 0,2076 detik untuk setting rele utama. Perbedaan setting waktu rele untuk gangguan 1 fasa ke tanah tanpa DG maupun gangguan 1 fasa ke tanah dengan DG bus 12 dan bus 14 disebabkan karena adanya arus kontribusi yang berasal dari penambahan DG pada bus.

Untuk pengembangan lebih lanjut diperlukan penelitian menggunakan menggunakan metode yang lain misalnya metode logika fuzzy atau dikembangkan lebih lanjut dengan sistem *distributed generation* (DG) yang lainnya seperti *fuel cells*, *solar cells* maupun mikro-turbin.

Referensi

- [1] Elmathana, Mohamed Talal Mohamed. 2010. "The Effect of Distributed Generation on Power System Protection". University of Exeter.
- [2] Gonen, Turan. 1986. Electric Power Distribution System Engineering. New York : McGraw-Hill.
- [3] Hutagalung, Merlin Julius. 2008. "Studi Penggunaan Pemrograman Linier Untuk Koordinasi Rele Jarak dan Rele Arus Lebih Berarah". Bandung. Institut Teknologi Bandung.
- [4] IEEE Standard 242-2001
- [5] Kavehnia, F. dkk. "Optimal Coordination of Directional Overcurrent Relay in Power System Using Genetic

- Algorithm". Journal of Theoretical and Applied Information Technology, 2005 – 2008.
- [6] "Network Protection & Automation Guide". GEC Management. 1987
- [7] Rathinam, A. "Optimal Coordination of Directional Overcurrent Relays Using Particle Swarm Technique". International Journal of Computer Applications (0975-8887), Volume 10 - No.2, November 2010.
- [8] "Recommended Practice for protection and Coordination of Industrial and Commercial Power Systems". IEEE. 2001
- [9] Saadat, Hadi. 1999. Power System Analysis. Singapura : McGraw-Hill.
- [10] Sitorus, Bobby Robson. 2008. "Koordinasi Relay Arus Lebih Berarah Pada Jaringan Transmisi Tenaga Listrik Lampung Dengan Pemrograman Linier". Lampung : Universitas Lampung.
- [11] Sulasno. 2001. Teknik dan Sistem Distribusi Tenaga Listrik Edisi 1. Semarang : Badan Penerbit Universitas Diponegoro.
- [12] .2001. Analisis Sistem Tenaga Listrik Edisi 2. Semarang : Badan Penerbit Universitas Diponegoro.
- [13] Suyanto. 2005. Algoritma Genetika dalam MATLAB. Yogyakarta : Penerbit ANDI.
- [14] Vijayakumar, D. R.K. Nema. "A Novel Optimal Setting for Directional Over Current Relay Coordination Using Particle Optimization". World Academy of Science, Engineering and Technology. 2008.
- [15] Zeineldin, Hatem H. Dkk. 2009. "Coordination of Directional Overcurrent Relay to Prevent Islanding of Distributed Generators". International Conference and Exhibition on Green Energy & Sustainability for Arid Regions & Mediterranean Countries, June 15-17 2009.