

**LAPORAN AKHIR  
PENELITIAN PRIORITAS NASIONAL  
MASTERPLAN PERCEPATAN DAN PERLUASAN PEMBANGUNAN  
EKONOMI INDONESIA 2011 – 2025 (PENPRINAS MP3EI 2011-2025)**



**PENGEMBANGAN PROGRAM ALGORITMA CERDAS (ALGORITMA  
GENETIKA DAN ALGORITMA GENETIKA - FUZZY) UNTUK  
PENGENDALIAN OPTIMAL DAYAREAKTIF/TEGANGAN PADA SISTEM  
DISTRIBUSI KELISTRIKAN TAK SEIMBANG**

**Tahun ke 3 dari rencana 3 tahun**

**Agus Ulinuha, MT, Ph.D (0604087001)  
HasyimAsy'ari, ST, MT(0603067902)  
Agus Supardi, ST, MT(0629107601)**

**Dibiayai oleh Koordinasi Perguruan Tinggi Swasta Wilayah VI,  
Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan RI, Sesuai dengan Surat Perjanjian  
Pelaksanaan Hibah Penelitian Nomor: 007/K6/KL/SP/PENELITIAN/2014,  
tanggal 8 Mei 2014**

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA  
November 2014**

**LEMBAR PENGESAHAN  
PENELITIAN PRIORITAS NASIONAL  
MASTERPLAN PERCEPATAN DAN PERLUASAN PEMBANGUNAN EKONOMI  
INDONESIA**

1. Topik Kegiatan	: Pengembangan Program Algoritma Cerdas (Algoritma Genetika dan Algoritma Genetika-Fuzzy) untuk Pengendalian Optimal Daya Reaktif/Tegangan pada Sistem Distribusi Kelistrikan Tak Seimbang
2. Fokus	: Energi
3. Ketua Peneliti	
a. Nama Lengkap	: Agus Ulinuha MT, Ph.D
b. Jenis Kelamin (L/P)	: Laki-laki
c. NIP/NIK	: 656
d. NIDN	: 0604087001
e. Jabatan Struktural	: Ketua LPPM UMS
f. Jabatan Fungsional	: Lektor
g. Perguruan Tinggi	: Universitas Muhammadiyah Surakarta
h. Fakultas/Jurusan	: Teknik Elektro
i. Pusat Penelitian	: LPPM UMS
j. Alamat	: Jl. A. Yani Pabelan, Tjombol Pos 1 Kartasura, Surakarta 57102
k. Telpom/Faks	: 0271-7653115/ 0271-7653114
l. Alamat Rumah	: Sidomulyo RT 24B/V Krikilan, Masaran, Sragen 57282
m. Telpom/Faks/E-mail	: /Agus.Ulinuha@ums.ac.id
4. Jangka Waktu Penelitian	: 3 Tahun tahun (keseluruhan)
Usulan ini adalah usulan tahun ke-	: 3
5. Pembiayaan*)	
a. Jumlah yang diajukan ke Dikti tahun ke-1	: Rp.172690000
b. Jumlah yang diajukan ke Dikti tahun ke-2	: Rp.174940000
c. Jumlah yang diajukan ke Dikti tahun ke-3	: Rp.176000000
6. Mitra	
Kontribusi dari Mitra (in cash)	: Rp.-

Surakarta, 5 November 2014

Mengetahui,  
Ketua Lembaga Penelitian/LPPM



Dr. Muhtadi  
NIK: 761

Ketua Peneliti,

Agus Ulinuha, M.T., Ph.D.  
NIK: 656



Menyetujui,  
Rektor Universitas Muhammadiyah Surakarta

Prof. Dr. Bambang Setiaji  
NIK: 260

## RINGKASAN

Krisis energi merupakan persoalan yang secara global dihadapi oleh banyak negara termasuk Indonesia. Energi listrik merupakan bentuk energi yang cukup dominan dimanfaatkan serta mengalami peningkatan kebutuhan dari waktu ke waktu. Kemampuan sistem kelistrikan untuk meningkatkan kapasitas pembangkitan yang tidak sebanding dengan peningkatan kebutuhan daya listrik mengakibatkan defisit energi listrik. Akibat yang ditimbulkannya bukan hanya terhentinya proses elektrifikasi daerah yang belum mendapatkan aliran daya, tetapi juga kemungkinan dilakukannya pemadaman bergilir karena keterbatasan pasokan daya. Defisit daya listrik juga mengakibatkan penurunan kualitas daya yang disuplaikan ke konsumen.

Terdapat fenomena lain yang berkontribusi defisit energi listrik, yaitu besarnya susut daya jaringan. Persoalan tersebut telah secara faktual mengakibatkan defisit energi dan penurunan kualitas daya listrik. Karakteristik jaringan dan beban yang bersifat induktif menyebabkan turunnya faktor daya dan memaksa pembangkit menyediakan daya lebih besar untuk beban yang sama serta mempengaruhi profil tegangan.

Pengendalian daya reaktif/tegangan merupakan salah satu upaya untuk mengatur kebutuhan daya reaktif sekaligus mempertahankan profil tegangan pada batas-batas yang diijinkan. Pengendalian dimaksud dapat dilakukan dengan mengatur pengubah sadapan beban (*load tap changer/LTC*) trafo dan penjadwalan operasi kapasitor tersaklar. Karena pengaturan komponen-komponen tersebut mempengaruhi kondisi operasi sistem dalam pola relasi yang sangat tidak linear (*highly non linear*), maka pengaturannya perlu dilakukan secara cermat dan hati-hati.

Jaringan distribusi merupakan sistem tiga fasa dan seringkali tidak seimbang karena ketidakseimbangan konfigurasi jaringan dan beban. Untuk memperoleh strategi pengendalian yang lebih akurat, sistem tiga fasa perlu diperhitungkan secara lengkap. Kesulitan yang akan ditemui adalah kalulasi yang lebih rumit dan beban komputasi yang lebih berat.

Penelitian ini mengambil fokus pengembangan piranti lunak untuk analisis aliran daya sistem tak setimbang dan optimisasi pengendalian daya reaktif/tegangan untuk minimisasi susut daya dan perbaikan profil tegangan. Pada tahun pertama penelitian ini akan dikembangkan program perhitungan aliran beban untuk sistem tak seimbang. Ketidakseimbangan sistem yang diperhitungkan meliputi perbedaan konfigurasi jaringan, ketidakseimbangan beban serta perbedaan pentanahan kapasitor shunt bintang. Untuk keperluan perhitungan aliran beban tersebut, digunakan metode *forward-backward propagation algorithm*. Program yang dikembangkan diimplementasikan pada sistem standar IEEE 34-bus. Metode ini dapat berjalan baik dengan laju konvergensi yang cukup meyakinkan. Metode ini juga cukup *robust* untuk sistem yang dimodifikasi.

Langkah selanjutnya untuk memanfaatkan program aliran beban adalah untuk perhitungan penjadwalan optimal komponen tersakelar yang meliputi kapasitor *shunt* dan pengubah sadapan beban (*load tap changer/LTC*). Kombinasi status operasi yang jumlah sangat besar sesuai untuk digunakan oleh Algoritma Genetika untuk menentukan penjadwalan optimal komponen tersakelar. Kemampuan Algoritma yang diusulkan untuk memperbaiki solusi secara evolutif meniru proses seleksi alam memungkinkan memulai tahapan optimisasi dengan menawarkan sejumlah kandidat solusi dan memperbaiki solusi dalam tiap iterasi (generasi). Dalam implementasinya untuk sistem distribusi standar IEEE 34-bus Algoritma yang diusulkan memberikan penjadwalan operasi optimal komponen tersakelar yang berimplikasi pada perbaikan profil tegangan dan pengurangan susut daya. Integrasi konsep Fuzzy kedalam Algoritma Genetika diprediksikan dapat memberikan hasil yang penjadwalan yang lebih baik.

Pada tahun ke III ini kegiatan utama yang dilakukan adalah implementasi program untuk system yang lebih real. Meskipun demikian, upaya ini perlu didahului dengan validasi hasil-hasil perhitungan oleh komputer. Upaya ini dilakukan dalam rangka memastikan bahwa program sepenuhnya berjalan baik dengan memberikan hasil yang valid. Langkah selanjutnya adalah menawarkan program ini ke PLN. Jika

PLN tertarik dan melihat ada manfaatnya untuk diterapkan, maka harapan implementasi akan semakin besar.

## SUMMARY

The energy crisis is one of the problems generally encountered by a number of countries including Indonesia. Electrical energy is the form of energy dominantly utilized by people and the use of the energy increases continuously. The capacity of electrical utility that is insufficient to satisfy the demand may result in deficit in electrical energy. This may lead not only to stop electrification but also the discontinuity of electrical supply to the customer. The lack of electricity supply will also cause the problema of power quality supplied to the customer.

There is another problem related with energy deficit, which is the loss of power during transmission and distribution process. The problems have resulted in energy deficiency and lower power quality. Network characteristic as well as high inductive loads are the main reasons of lower power factor that may cause electrical plant to generate more power for the same required real power. The influence of this situation in voltage profile is also considerable.

The control of reactive power/voltage is one of the strategies to control the required reactive power and to simultaneously maintain the voltage profile in the permitted limits. The control may be carried out by adjustment of LTC (Load Tap Changer) at substation transformer and optimal switching Schedule of shunt capacitor along the distribution line. Since controlling the switchable devices may influence the system operating condition due to highly nonlinear relation between the status of the components and the system operating condition, the control should be carefully taken in hand.

Distribution system is generally three-phase system, which is inherently unbalanced due to the different of line configuration and load unbalanced. In order to accurately take the condition into account as well as to have the more precision control, the system needs to be considered as three-phase instead of balanced single phase system. However, completely considering three-phase system will lead the

calculation to be more complicated since all the three phases to be comprehensively calculated and, as a result, the computation load will increase significantly.

This research focuses on development of computer program for load flow analysis for unbalanced distribution system and optimal control of reactive power/voltage for minimization of power losses and improvement of voltage profile. In the first year period of the research, the computer program for unbalanced power flow has been successfully developed. The unbalanced aspects to consider is the different of distribution line configuration, load unbalanced and configuration of grounded star connected shunt capacitor. The method employed for unbalanced power flow analysis is forward-backward propagation algorithm. The method works directly on the system without modification or decoupling of symmetrical components. The program is implemented on the 34-bus IEEE standard distribution system and has worked properly. The convergence characteristic is good and is also robust with good convergence speed.

The next step is using the three-phase power flow for optimization of the controllable components in unbalanced distribution system. The controllable components include shunt capacitor and load tap changer. Since the number of the possible schedule of the controllable component a good calculation optimization method to be assigned. Genetic Algorithm is considered as a suitable method for the scheduling problem. This is due to the ability of the proposed method to handle the scheduling problem. The mechanism of Genetic Algorithm enables starting with a number of prospective solutions and makes a continuous improvement during the optimization period. The implementation of the program for the IEEE 34-bus distribution system indicates that the generated schedule may lead to the operation scheme where the system losses and voltage profile are improved. Integration of Fuzzy into the existing method to form Hybrid Fuzzy-Genetic Algorithm is expected to improve the method capability leading to a better solution.

The main activity of the third year research period focuses on implementing the program on (perhap) real system. It is the minimum target that the program will

be demonstrated in front of the board of Indonesian Electrical Utility Company. If the program is found to be interesting, then they will provide the data for calculation of system optimization. The real data is essential for refining the program and recommendation generated by the program will have the opportunity to be taken into practice.



## PRAKATA

Hanya berkat pertolongan dan petunjuk dari Allah SWT kegiatan **PENELITIAN PRIORITAS NASIONAL MASTERPLAN PERCEPATAN DAN PERLUASAN PEMBANGUNAN EKONOMI INDONESIA (MP3EI)** pada tahun ketiga sejauh ini dapat berjalan dengan baik. Penelitian ini mengambil tema pengendalian operasi optimal komponen tersakelar yang meliputi kapasitor *shunt* dan pengubah sadapan beban (*Load Tap Changer, LTC*) pada sistem distribusi tiga fasa tak seimbang. Pada tahap terakhir penelitian, program yang telah berjalan akan diupayakan untuk dapat diimplementasikan.

Harapan dari penelitian ini adalah sumbangan pemikiran tentang upaya mengatasi persolan defisit daya (yang seringkali mengakibatkan defisit keuangan) serta memperbaiki kualitas daya yang disalurkan kepada konsumen. Secara teknis kontribusi yang diharapkan adalah dibangunnya suatu program komputer yang dapat menentukan jadwal operasi komponen tersakelar secara tepat, sedemikian sehingga susut daya jaringan dapat diminimalkan serta profil tegangan dapat diperbaiki. Jadwal operasi yang dimaksud dalam hal ini adalah posisi LTC dan status sambungan kapasitor *shunt* dalam tiap jam selama sehari.

Ucapan terimakasih bersama ini disampaikan kepada semua pihak yang telah membantu terselenggaranya dan terselesaikannya penelitian ini. Secara khusus ucapan terimakasih disampaikan kepada pihak-pihak sebagai berikut:

1. Ditlitabmas Ditjen Dikti yang telah membiayai penelitian ini,
2. Ketua LPPM UMS atas segala bantuannya sehingga penelitian dapat terlaksana,
3. Anggota tim peneliti atas kerjasamanya yang baik,
4. Jurusan Teknik Elektro FT UMS atas ijin penggunaan beberapa fasilitas jurusan,
5. Staf Akademik pada jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik UMS

Penelitian ini masih berjalan dan telah berhasil membangun program komputer dengan mengimplementasikan Algoritma Genetika pada persoalan pengendalian optimal dan kolaborasinya dengan memasukkan konsep Fuzzy didalamnya. Tindak lanjutnya adalah implementasi pada sistem real. Disadari terdapat berbagai kekurangan atas penelitian ini baik dari sisi penyelenggaraannya maupun dalam pelaporannya. Saran dan kritik membangun akan diterima dengan tangan terbuka untuk perbaikannya. Semoga kegiatan kecil mampu membawa kebaikan dan masalah bagi semua pihak.

Surakarta, 10 November 2014

Peneliti

## DAFTAR ISI

Halaman Pengesahan .....	ii
Ringkasan.....	iii
Summary .....	vi
Prakata.....	ix
Daftar isi.....	x
Daftar Tabel .....	xii
Daftar Gambar.....	xiii
Bab I Pendahuluan .....	1
Bab II TinjauanPustaka .....	11
Bab III Tujuan dan ManfaatKegiatan .....	16
2.1. TujuanPenelitian.....	16
2.2. ManfaatdanKontribusiPenelitian.....	18
Bab IV MetodePenelitian.....	23
4.1. Metode Umum.....	23
4.2. Metode PenelitianTahunKetiga.....	24
Bab V Hasil yangdicapai.....	26
5.1. Umum.....	26
5.2. Pelaksanaanpenelitian .....	28
5.3. Capaian target .....	30
5.4. KinerjaCapaianPenelitian.....	31
Bab VI Rencana TahapanBerikutnya.....	33
Bab VI Kesimpulan Dan Saran .....	35
6.1. Kesimpulan.....	35
6.2. Saran .....	36
DaftarPustaka .....	37
<u>Lampiran:</u>	
Listing Program Utama AlgoritmaGenetika	

Hasil Running Program Algoritma Genetika  
Publikasi

**DAFTAR TABEL**

Tabel 5. 1. Capaian indikator kinerja penelitian tahun ketiga..... 32

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 5.1. Bagan alir kegiatan penelitian beserta luaran terharap.....	29
---	----