

# LAPORAN PENELITIAN

DOSEN MUDA



*DESAIN FILTER HARMONIK GENERATOR INDUKSI 3 FASE*

*SEBAGAI PEMBANGKIT LISTRIK ALTERNATIF*

*DI DAERAH TERPENCIL*

Oleh :

**Agus Supardi, ST.MT**

**Aris Budiman, ST.MT**

**Dibiayai oleh Koordinasi Perguruan Tinggi Swasta Wilayah VI Semarang  
sesuai dengan Surat Perjanjian Pelaksanaan Dosen Muda dan Kajian**

**Wanita**

**Nomor : 019/O06.2/PP/KT/ 2009, Tertanggal 16 Maret 2009**

**FAKULTAS TEKNIK/JURUSAN TEKNIK ELEKTRO**

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**


**SEPTEMBER, TAHUN 2009**

**HALAMAN PENGESAHAN**  
**LAPORAN HASIL PENELITIAN DOSEN MUDA**

1. Judul : Desain Filter Harmonik Generator Induksi 3 Fase sebagai Pembangkit Listrik Alternatif Di Daerah Terpencil
2. Bidang ilmu Penelitian : Teknologi
3. Ketua Peneliti :
- a. Nama : Agus Supardi, ST. MT
- b. Jenis Kelamin : Laki-laki
- c. NIK : 883
- d. Pangkat/golongan : Penata muda Tk1/IIIb
- d. Jabatan Fungsional : Lektor
- e. Fakultas/Jurusan : Teknik/Teknik Elektro
4. Jumlah Tim Peneliti : 2 (dua) orang
5. Lokasi Penelitian : Laboratorium Teknik Elektro FT UMS
6. Waktu Penelitian : 8 bulan
7. Biaya : Rp 9.500.000,00 (Sembilan juta lima ratus ribu rupiah)



Mengetahui,  
Dekan Fakultas Teknik UMS


  
Sri Widodo, M.T.  
NIK : 542

Surakarta, 30 September 2009  
Ketua Peneliti,

  
Agus Supardi, ST.MT.  
NIK: 883

Menyetujui,  
Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat



  
Dr. Harun Joko Prayitno, M.Hum.  
NIP : 132049998

## RINGKASAN

Krisis energi listrik telah mendorong pengembangan sumber energi alternatif. Generator induksi sering diaplikasikan pada pembangkit listrik tersebar yang tidak terinterkoneksi dengan jala-jala listrik. Fenomena harmonik yang mungkin terjadi pada generator induksi dapat mengakibatkan permasalahan kualitas dalam sistem tenaga listrik. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui kandungan harmonik pada keluaran generator induksi 3 fase tereksitasi diri dan usaha untuk mengeliminasi.

Generator yang diteliti adalah generator induksi sangkar tupai, 1,5 HP, 220 volt. Belitan stator generator induksi dihubungkan bintang. Sebagai penggerak mulanya dipakai mesin DC yang dirangkai dengan penguatan medan terpisah. Pengaturan kecepatan generator induksi dilakukan dengan mengatur *slide regulator* yang mencatu penyearah gelombang penuh pada masukan mesin DC. Pengukuran distorsi harmonik dilakukan pada keluaran generator induksi dengan menggunakan *power quality analyzer* setelah mesin diputar sampai kecepatan nominalnya. Pengukuran dilakukan pada saat kondisi berbeban maupun tidak berbeban. Kapasitansi kapasitor dinaikkan jika tegangan keluaran mesin tidak stabil, sedangkan jika frekuensinya turun maka kecepatan generatormya yang dinaikkan. Frekuensi keluaran generator induksi dipertahankan pada nilai  $\pm 50$  Hz pada setiap percobaan. Setelah itu dilakukan pemodelan dalam software bantu untuk mensimulasikan filter harmoniknya.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tegangan generator induksi yang diteliti pada saat tanpa beban mengalami distorsi sebesar 16,7–20,7% dari komponen fundamentalnya. Harmonisa orde ke-3 adalah yang paling dominan dibanding dengan yang lainnya. Pemasangan beban lampu pijar, lampu LHE dan lampu TL dengan ballast lilitan mengakibatkan keluaran generator menjadi lebih terdistorsi. Sumbangan lampu LHE terhadap distorsi harmonik lebih besar dari lampu TL dengan ballast lilitan. Nilai THD-V dan THD-I pada semua pengujian melebihi standar IEEE 519. Kenaikan kapasitansi kapasitor cenderung menaikkan distorsi harmonik total dari generator induksi yang berbeban lampu pijar. Sebaliknya, pada saat berbeban lampu LHE dan Lampu TL, kenaikan kapasitansi kapasitor akan menurunkan distorsi harmonik totalnya. Dengan menggunakan filter harmonik orde ke-3 (terhubung seri) dan orde 5 (terhubung paralel) maka distorsi harmoniknya akan memenuhi standar IEEE 519 (THD-V < 5% dan THD-I < 15%).

**Kata kunci : generator induksi, distorsi harmonik, filter**

## SUMMARY

Electrical energy crisis has triggered alternative energy's development. Induction's generator has been applied to generate electrical energy in an isolated power station that is not interconnected with power grid. Harmonic phenomenon may be happen in induction generator cause power quality problem in electrical power system. Therefore, it is necessary to conduct a research to investigate the harmonic characteristic of three phase induction generator and an effort to eliminate it

The investigated generator is squirrel cage type induction generator, 1,5 hp, 220 volt. Stator winding of induction generator is star connected. As a prime mover, DC machine is used. Induction generator speed's is controlled by slide regulator that feed full wave rectifier to the input of DC machine. The measurement of harmonic distortion is done at induction generator's terminal by using power quality analyzer after its nominal speed is reached. The measurement is done at no load and load condition. The capacitance of capacitor is raised if the output voltage is unstable. If frequency is decrease, the generator's speed is raised. The frequency of induction generator is maintained at  $\pm 50$  Hz. After that, the system is modeled in specific software to simulate their harmonic filter.

The results show that at no load condition, induction generator's voltage has been distorted as big as 16,7-20,7% from its fundamental component. Third order harmonic is the dominant component. The connection of light bulb, energy saving lamp and fluorescent lamp causes the generator's output is more distorted. Energy saving lamp's contribution to harmonic distortion is bigger than fluorescent lamp. The increase of capacitor's capacitance will increase total harmonic distortion of induction generator loaded with light bulb. In contrast, the increase of capacitor's capacitance will decrease total harmonic distortion of induction generator loaded with energy saving lamp and fluorescent lamp. By using third order harmonic filter (connected in series) and fifth order harmonic filter (connected in shunt) so the harmonic distortion will fulfill the requirement of IEEE standard 519 (THD-V < 5% and THD-I < 15%).

**Key words : Induction generator, harmonic distortion, filter**

## **PRAKATA**

Puji syukur ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, hidayah serta karunia-Nya sehingga penulis dapat menyusun dan menyelesaikan laporan penelitian dosen muda yang berjudul “Desain Filter Harmonik Generator Induksi 3 Fase sebagai Pembangkit Listrik Alternatif Di Daerah Terpencil”.

Selama penyusunan laporan penelitian ini penulis mendapat dukungan dari berbagai pihak baik yang terlibat secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Joko Harun Prayitno, M.Hum selaku Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Muhammadiyah Surakarta.
2. Bapak Ir. H. Sri Widodo, MT selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
3. Bapak Ir. Jatmiko, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
4. Bapak dan ibu dosen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
5. Seluruh Staf Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Penulis menyadari bahwa laporan penelitian ini belum sempurna karena keterbatasan kemampuan penulis, oleh karena itu saran dan kritik yang bersifat membangun akan selalu penulis terima untuk kesempurnaan diwaktu mendatang.

Semoga laporan penelitian ini dapat bermanfaat bagi penulis pada khususnya serta bermanfaat bagi pembaca pada umumnya dan dapat dijadikan referensi untuk menambah pengetahuan di bidang elektro dan untuk penelitian serupa diwaktu mendatang, Amin.

Surakarta, September 2009

Penulis

## DAFTAR ISI

Halaman Pengesahan .....	i
Ringkasan dan summary .....	ii
Prakata.....	iv
Daftar isi .....	vi
Daftar tabel .....	ix
Daftar gambar.....	x
Daftar lampiran .....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	3
1.3 Hipotesis.....	4
1.4 Asumsi dan Lingkup Batasan Penelitian .....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Telaah Peneliti Terdahulu .....	5
2.2 Dasar Teori.....	7
2.2.1. Rangkaian Ekuivalen Generator Induksi .....	7
2.2.2. Generator Induksi pada Kondisi Terbebani Secara <i>Stand Alone</i> .....	8
2.2.3. Distorsi Harmonik dan Definisinya .....	10
2.2.4. Sumber Harmonik .....	12
2.2.5. Pengaruh Harmonik .....	12
2.2.6. Filter Harmonik.....	15

2.2.7. Standar Harmonik Yang Diiijinkan .....	22
BAB III TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN .....	23
3.1 Tujuan Penelitian .....	25
3.2 Manfaat Penelitian .....	25
BAB IV METODE PENELITIAN .....	26
4.1 Bahan dan Alat .....	26
4.2 Perlakuan dan Rancangan Percobaan.....	26
4.2.1. Generator Induksi Tanpa Beban.....	26
4.2.2. Generator Induksi Berbeban .....	27
4.2.3. Perancangan Filter Harmonik Generator Induksi .....	28
4.3 Jalannya Penelitian.....	29
4.4 Cara Menganalisis Data Hasil Penelitian.....	30
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN.....	32
5.1 Generator Induksi Pada Saat Tidak Berbeban .....	33
5.2 Generator Induksi Pada Saat Berbeban Lampu Pijar .....	35
5.3 Generator Induksi Pada Saat Berbeban Lampu Hemat Energi (LHE).....	37
5.4 Generator Induksi Pada Saat Berbeban Lampu LHE dan Lampu TL.....	41
5.5 Perancangan Filter Harmonik .....	45
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN .....	52
6.1 Kesimpulan .....	52
6.2 Saran.....	53
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Batas distorsi tegangan harmoni .....	23
Tabel 2.2 Batas distorsi arus harmonik .....	23
Tabel 5.1 Kandungan harmonik pada generator induksi saat tanpa beba .....	33
Tabel 5.2 Perbandingan hasil simulasi berbagai jenis filter.....	50

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Rangkaian Ekuivalen Generator Induksi .....	8
Gambar 2.2 Rangkaian <i>resonant shunt filter</i> .....	16
Gambar 2.3 Rangkaian <i>damped filter</i> orde 2 .....	19
Gambar 2.4 Rangkaian filter aktif dalam sistem.....	21
Gambar 4.1. Rangkaian uji generator induksi tanpa beban .....	27
Gambar 4.2. Rangkaian uji generator berbeban.....	28
Gambar 4.3 Jalan Penelitian.....	30
Gambar 5.1 Sampel hasil pengukuran dengan <i>power quality analyzer</i> (a) Gelombang tegangan dan arus sebagai fungsi waktu (b) Kandungan harmonik pada tegangan (c) Kandungan harmonik pada arus .....	33
Gambar 5.2 THD-V generator induksi saat tanpa beban .....	34
Gambar 5.3 Hubungan daya beban lampu pijar (W/fase) terhadap (a)THD-V (b) THD-I .....	36
Gambar 5.4 Hubungan daya beban (W/fase) terhadap THD-V pada lampu LHE dengan merk (a) Mimouse (b) Spyro (c) Phillips.....	38
Gambar 5.5 Hubungan daya beban (W/fase) terhadap THD-I pada lampu LHE dengan merk (a) Mimouse (b) Spyro (c) Phillips.....	39
Gambar 5.6 Hubungan daya beban terhadap THD-V pada lampu LHE dan lampu TL dengan daya lampu TL sebesar (a) 40 W/fase (b) 80W/fase (c) 120W/fase.....	42

Gambar 5.7 Hubungan daya beban terhadap THD-I pada lampu LHE dan lampu TL dengan daya lampu TL sebesar (a) 40 W/fase (b) 80W/fase (c) 120W/fase.....	44
Gambar 5.8 Hasil pemodelan sistem yang diteliti saat tanpa filter .....	45
Gambar 5.9 Hasil pemodelan sistem dengan pemasangan filter seri-pararel .....	47
Gambar 5.10 Hasil simulasi tegangan dan arus saluran dalam kawasan waktu dan analisis FFT-nya saat belum difilter .....	48
Gambar 5.11 Hasil simulasi tegangan dan arus saluran dalam kawasan waktu dan analisis FFT-nya setelah dipasang filter seri-pararel.....	49