

PENGARUH PEMBEBANAN TERHADAP KARAKTERISTIK KELUARAN GENERATOR INDUKSI 1 FASE

Agus Supardi, Joko Susilo, Faris
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan Kartasura 57102 Telp 0271 717417
Email: Agus.Supardi@ums.ac.id

ABSTRAKSI

Di Indonesia masih banyak dijumpai daerah-daerah terpencil yang belum tersentuh oleh program elektrifikasi akibat tidak terjangkaunya daerah tersebut oleh infrastruktur kelistrikan yang ada. Daerah-daerah terpencil tersebut sebenarnya menyimpan potensi tenaga air yang dapat dimanfaatkan untuk membangkitkan listrik. Di daerah seperti itu lebih cocok dibangun pembangkit listrik berkapasitas kecil tetapi jumlah unitnya banyak. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian untuk mengembangkan suatu pembangkit listrik skala kecil yang mudah pembuatannya, mudah pengoperasiannya, mudah perawatannya dan harganya juga murah. Pembangkit tersebut didesain menggunakan generator induksi 1 fase $\frac{3}{4}$ PK 4 kutub dalam kondisi tereksitasi diri dan tidak terhubung dengan jala-jala listrik (*stand alone*).

Penelitian diawali dengan mengkopel generator induksi 1 fase dengan suatu penggerak mula yang dapat diatur kecepatan putarnya. Generator induksi dalam kondisi tanpa beban kemudian diputar pada kecepatan 1500 rpm dan kapasitor 8 μ F dihubungkan pada kedua terminalnya. Tegangan dan frekuensi keluarannya diukur dengan power quality analyzer. Pengukuran tegangan dan frekuensi dilanjutkan dengan menghubungkan kapasitor berukuran 8, 16, 24, dan 32 μ F. Setelah itu pengujian diulangi lagi untuk kondisi berbeban. Beban yang dihubungkan adalah beban resistif, beban induktif, dan beban resistif induktif. Beban resistif yang dipakai berupa lampu pijar sedangkan beban induktifnya berupa lampu TL. Daya beban divariasikan mulai dari 40 – 440 watt untuk menirukan beban rumah tangga.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kapasitor yang diperlukan oleh generator induksi agar dapat menghidupkan beban listrik rumah tangga berdaya sampai 440 watt adalah sebesar 32 μ F. Tegangan dan frekuensi generator induksi dipengaruhi oleh besar dan jenis beban listrik yang disuplainya. Semakin besar daya beban yang dihubungkan maka tegangan dan frekuensinya akan semakin turun.

Kata kunci: generator induksi 1 fase, beban, tegangan dan frekuensi.

1. PENDAHULUAN

Persoalan krisis energi listrik merupakan salah satu persoalan besar yang dihadapi oleh negara Indonesia. Ketidakseimbangan antara peningkatan kebutuhan daya listrik dengan peningkatan kapasitas pembangkit mengakibatkan adanya defisit energi listrik. Selain itu, masih banyak daerah-daerah terpencil yang belum tersentuh oleh program elektrifikasi. Dalam rangka mengembangkan sistem pembangkit listrik di daerah terpencil, tuntutan utamanya adalah bagaimana membuat sistemnya sederhana, mudah perawatannya dan bisa dioperasikan oleh masyarakat di sekitarnya.

Bansal (2005) mengungkapkan bahwa motor induksi 3 fase dapat dioperasikan sebagai generator induksi. Generator induksi tersebut dapat dioperasikan *stand alone* atau terisolasi, terlepas dari saluran publik (Irianto, 2004). Fukami et al (1999) melaporkan bahwa

mesin induksi 3 fase dapat dioperasikan sebagai generator induksi 1 fase pada suatu sistem yang tidak terhubung dengan jala-jala listrik (*stand alone*). Pemanfaatan generator induksi menghasilkan beberapa keunggulan dibandingkan dengan generator sinkron antara lain harga unitnya murah, konstruksinya kuat dan sederhana, mudah dalam pengoperasiannya, memerlukan sedikit perawatan, dan mempunyai keandalan yang tinggi (Ouhrouche, 1995).

Pemanfaatan generator induksi sebagai pembangkit listrik juga tidak lepas dari beberapa masalah. Supardi (2009) memaparkan bahwa generator induksi 3 fase tereksitasi diri bisa menghasilkan harmonik. Ouhrouche and Chaine (1995) memaparkan bahwa generator induksi yang terhubung dengan kapasitor menjadi *self excited* jika dilepaskan dari jala-jala listrik. Nilai reaktans magnetisasinya turun sehingga bisa

menyebabkan *ferroresonance*. Gelombangnya menjadi sangat terdistorsi sehingga peralatan proteksi dapat salah merespon.

Pengimplementasian generator induksi pada suatu sistem pembangkit di lokasi terpencil akan dihadapkan pada kenyataan bahwa potensi tenaga penggerak mula yang digunakan untuk memutar generator tersebut adalah tidak konstan. Pada pembangkit tenaga mikrohidro sering dijumpai debit air yang berbeda-beda akibat pengaruh musim. Di sisi lain, beban harian yang harus dipikul oleh sistem pembangkit tersebut juga tidak konstan. Kondisi ini akan berdampak besar terhadap tegangan dan frekuensi pembangkit tersebut. Oleh karena itu, perlu dilakukan suatu penelitian untuk membuat suatu prototipe generator induksi yang dapat menghasilkan tegangan, kecepatan putar dan frekuensi dalam batas-batas kualitas yang baik walaupun untuk implementasi di daerah terpencil.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Bahan dan Peralatan yang digunakan

Bahan dan peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- Mesin induksi 1 fase yang difungsikan sebagai generator.
- Motor listrik yang digunakan untuk memutar generator induksi.
- Streng (*v belt*) untuk mengkopel generator induksi dengan penggerak mulanya.
- Pully* sebagai tempat streng.
- Dudukan besi sebagai tempat untuk memasang penggerak mula dan generator induksi.
- Mur baut untuk mengencangkan hubungan antar peralatan.
- Tachometer untuk mengukur kecepatan putar generator induksi.
- Power quality analyzer* untuk mengukur tegangan dan frekuensi generator.

2.2 Langkah-langkah Pengujian

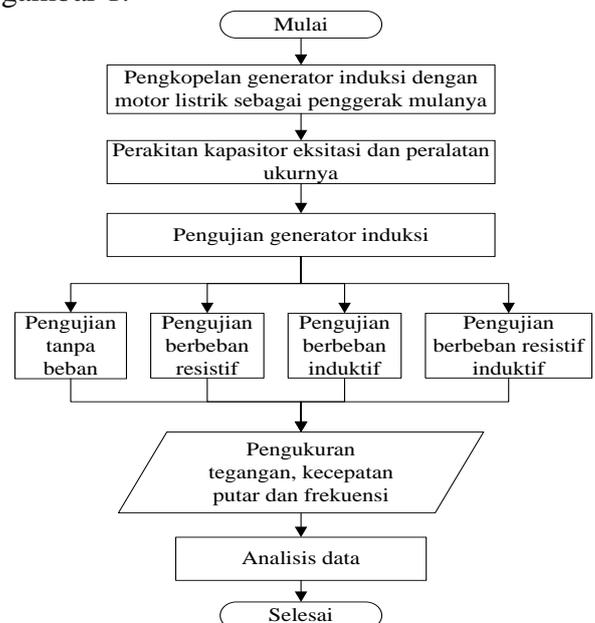
Langkah-langkah yang dilakukan untuk menguji generator induksi adalah sebagai berikut :

- Generator induksi dikopel dengan motor listrik selaku penggerak mulanya.

- Kapasitor eksitasi dan peralatan ukur dihubungkan pada terminal generator.
- Generator induksi diputar hingga mencapai suatu kecepatan tertentu dengan jalan mengatur tegangan masukan pada motor menggunakan *voltage regulator*.
- Dalam kondisi tanpa beban dilakukan pengukuran tegangan, kecepatan putar dan frekuensi keluaran generator induksi.
- Pengujian dilanjutkan dengan menghubungkan beban resistif yang berupa lampu pijar pada terminal generator. Pengujian berbeban resistif ini diulangi dengan menghubungkan lampu pijar yang lebih besar dayanya.
- Beban generator induksi kemudian diganti dengan beban induktif yang berupa lampu TL dengan daya yang bervariasi.
- Jenis beban selanjutnya yang digunakan untuk pengujian adalah beban resistif induktif (gabungan lampu pijar dan lampu TL) dengan daya yang bervariasi.
- Pada setiap pengujian dilakukan pencatatan besarnya tegangan, kecepatan putar dan frekuensi generator induksi.

2.3 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian ditunjukkan pada gambar 1.

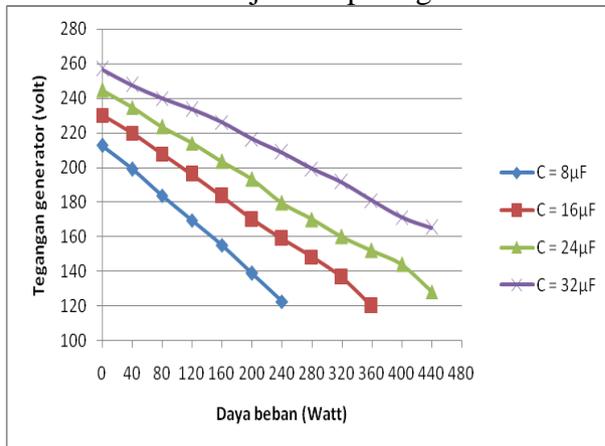


Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

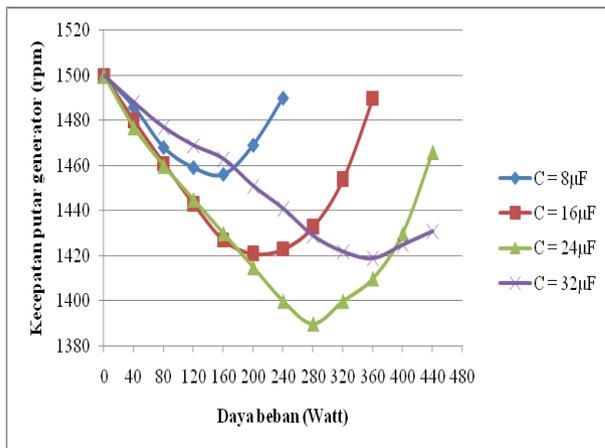
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pengujian Generator Berbeban Resistif

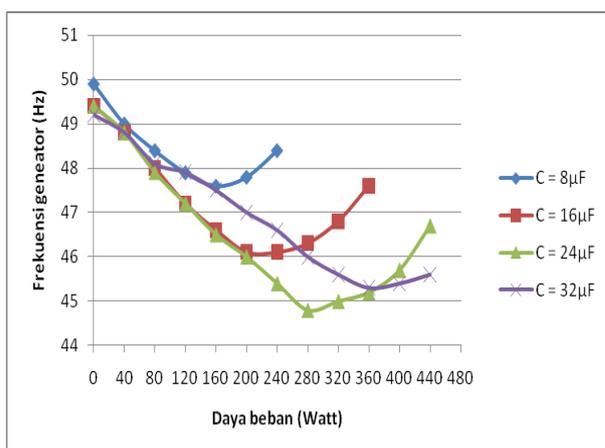
Hasil pengujian generator induksi dengan beban resistif ditunjukkan pada gambar 2.



(a)



(b)



(c)

Gambar 2 Hubungan antara daya beban resistif dengan (a) tegangan generator (b) kecepatan generator dan (c) frekuensi generator

Gambar 2a menunjukkan penambahan beban resistif akan mengakibatkan penurunan tegangan pada terminal generator induksi. Penurunan tegangan yang paling kecil akan terjadi bila generator induksi dieksitasi dengan kapasitor yang paling besar (32 μF). Pada saat pengujian ditemukan lampu pijar yang tidak dapat menyala sama sekali karena terjadi penurunan tegangan yang cukup besar. Gambar 2a juga menunjukkan bahwa ukuran kapasitor akan berpengaruh terhadap beban maksimal yang dapat disuplai oleh generator induksi sebelum beban tersebut benar-benar mati. Generator induksi dapat dibebani sampai 240 watt bila dihubungkan kapasitor 8 μF, sampai 360 watt bila dihubungkan kapasitor 16 μF, sampai 440 watt bila dihubungkan kapasitor 24 μF dan 32 μF.

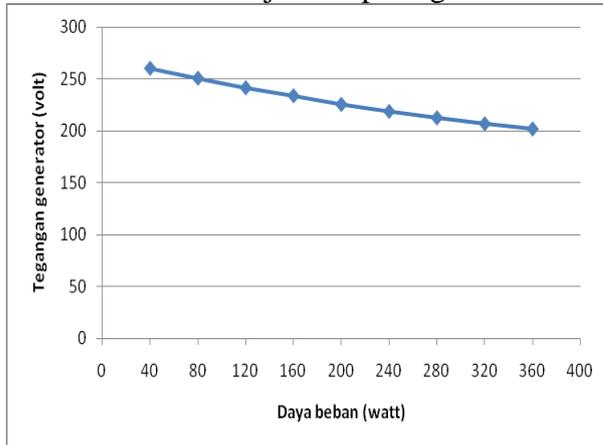
Untuk beban yang sama, data juga menunjukkan semakin besar kapasitornya maka tegangan generator induksinya akan semakin besar. Hal ini karena kapasitor berfungsi sebagai eksitasi generator induksi sehingga berperan sangat penting dalam proses pembangkitan tegangan pada belitan stator generator induksi. Semakin besar kapasitansi kapasitornya, maka impedansinya akan semakin kecil sehingga arus yang eksitasi yang dapat dialirkan oleh kapasitor tersebut semakin besar. Semakin besar arus eksitasinya, maka tegangan induksinya akan semakin besar.

Peningkatan beban resistif sampai pada suatu nilai tertentu akan mengakibatkan kecepatan generator akan turun seperti ditunjukkan pada gambar 2b. Setelah beban ditambah lagi maka kecepatan generator akan menunjukkan kecenderungan untuk naik lagi. Kondisi ini berlaku secara umum untuk keseluruhan kapasitor yang dipakai dalam penelitian ini. Untuk memikul beban sampai 440 W, kapasitor 32 μF memberikan tingkat penurunan kecepatan putar yang lebih kecil bila dibanding dengan kapasitor 24 μF.

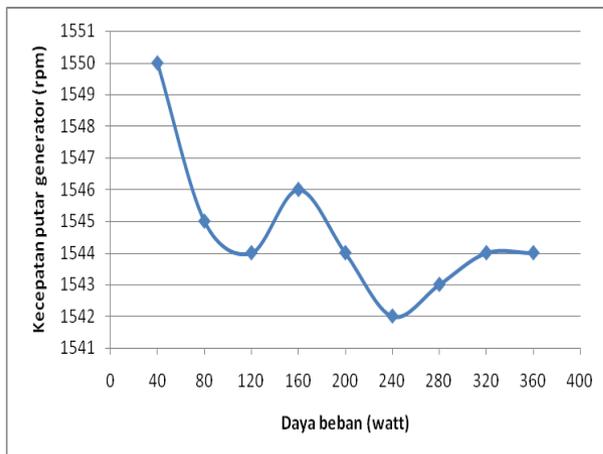
Gambar 2c menunjukkan penambahan beban resistif sampai suatu nilai tertentu akan mengakibatkan frekuensi generator akan cenderung turun sebelum akhirnya akan naik lagi jika bebannya terus dinaikkan. Ukuran kapasitor akan berpengaruh terhadap besarnya penurunan frekuensi generator induksi.

3.2 Hasil Pengujian Generator Berbeban Induktif

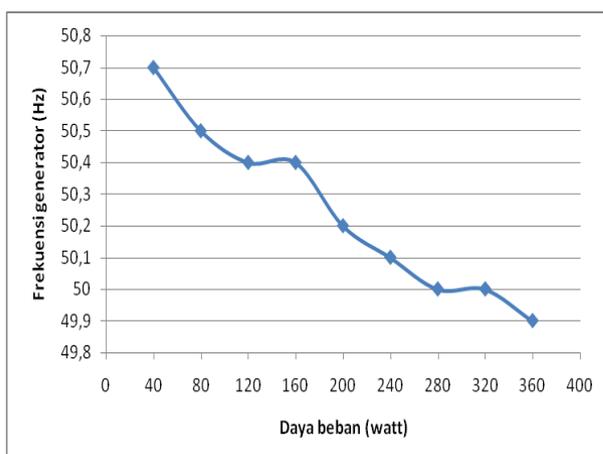
Hasil pengujian generator induksi dengan beban induktif ditunjukkan pada gambar 3.



(a)



(b)



(c)

Gambar 3 Hubungan antara daya beban induktif dengan (a) tegangan generator (b)

kecepatan generator dan (c) frekuensi generator

Gambar 3a menunjukkan semakin besar daya beban induktif yang dihubungkan maka semakin kecil tegangan generator induksinya. Semakin besar beban induktifnya maka semakin besar pula arus yang diserap dari generator. Semakin besar arus yang mengalir maka semakin besar pula drop tegangan yang terjadi pada belitan statornya. Dengan demikian tegangan di terminal generatornya akan menjadi semakin kecil.

Dalam penelitian ini beban induktif yang dipakai berupa lampu TL yang memerlukan tegangan kerja yang cukup besar agar dapat beroperasi dengan baik. Ketika tegangan keluaran generatornya kurang dari 200 volt, maka lampu TL tidak dapat hidup. Oleh karena itu, dalam penelitian ini daya maksimal yang mampu dihidupkan menjadi lebih kecil bila dibandingkan dengan beban resistif (lampu pijar). Untuk kapasitor 32 μ F hanya mampu menyalakan beban maksimal 360 watt. Kondisi ini terjadi karena beban induktif juga menyerap daya reaktif (VAr) selain daya aktif (watt). Dengan demikian daya reaktif yang dibangkitkan oleh kapasitor tidak semuanya digunakan untuk mengeksitasi generator induksi. Sebagian daya reaktifnya digunakan untuk mensuplai kebutuhan daya reaktif dari beban induktif. Semakin kecil eksitasinya maka semakin kecil pula tegangan yang dibangkitkan oleh generator induksi.

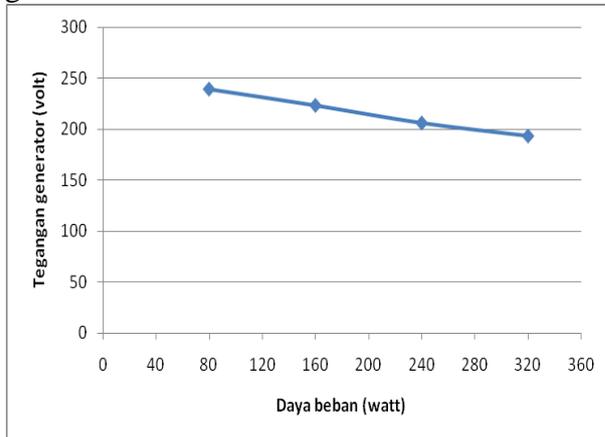
Gambar 3b menunjukkan penambahan beban induktif akan cenderung menurunkan kecepatan putar dari generator induksi. Semakin besar beban yang terhubung maka dibutuhkan torsi yang semakin besar untuk memutarinya. Dalam percobaan ini, tidak dilakukan pengontrolan pada penggerak mula dari generatornya sehingga daya mekanisnya tetap konstan. Ketika daya listriknya dinaikkan maka beban penggerak mula ikut naik dan dampaknya adalah putaran generatornya akan melambat.

Gambar 3c menunjukkan semakin besar beban induktifnya maka frekuensi generatornya akan semakin kecil. Hal ini disebabkan semakin besar beban yang dihubungkan maka putaran generatornya akan

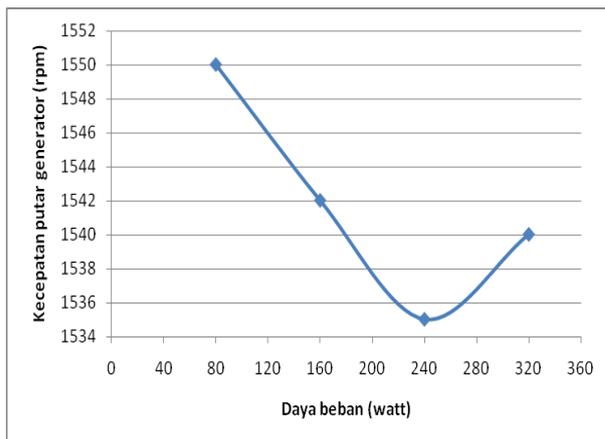
semakin melambat sehingga frekuensinya juga akan turun.

3.2 Hasil Pengujian Generator Berbeban Resistif Induktif

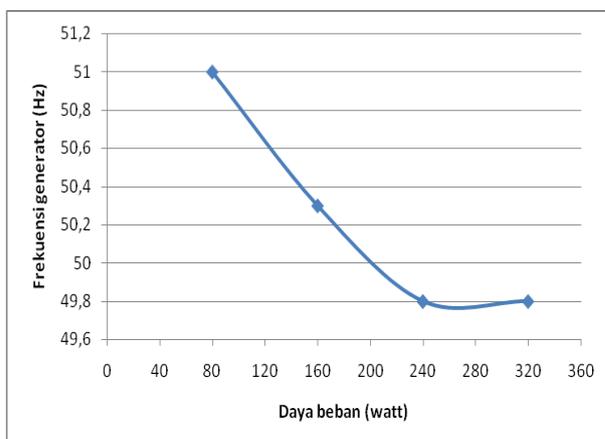
Hasil pengujian generator induksi dengan beban resistif induktif ditunjukkan pada gambar 4.



(a)



(b)



(c)

Gambar 4 Hubungan antara daya beban resistif induktif dengan (a) tegangan generator (b) kecepatan generator dan (c) frekuensi generator

Gambar 4a menunjukkan semakin besar daya beban resistif induktif maka tegangan generator induksinya akan semakin kecil. Kondisi ini sama dengan pembebanan resistif dan pembebanan induktif. Dalam percobaan ini, untuk kapasitor berukuran 32 μ F hanya mampu dibebani maksimal 320 watt.

Gambar 4b menunjukkan semakin besar daya beban resistif induktif yang dihubungkan akan mengakibatkan kecepatan putar generator induksi cenderung mengecil. Kondisi ini sama dengan pembebanan resistif dan pembebanan induktif.

Gambar 4c menunjukkan semakin besar daya beban resistif induktif yang dihubungkan maka semakin kecil frekuensi generator induksinya. Kondisi ini sama dengan pembebanan resistif dan pembebanan induktif.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Ukuran kapasitor akan mempengaruhi besarnya tegangan yang dibangkitkan oleh generator induksi. Semakin besar kapasitornya maka semakin besar juga tegangan yang dibangkitkan. Agar dapat menghidupkan beban listrik rumah tangga berdaya sampai 440 watt dibutuhkan kapasitor sebesar 32 μ F.
2. Kenaikan Daya beban yang dihubungkan pada generator induksi akan menyebabkan penurunan tegangan, kecepatan putar dan frekuensinya.
3. Jenis beban akan menentukan daya maksimal yang mampu dipikul oleh generator induksi. Dengan menggunakan kapasitor berukuran 32 μ F generator mampu menyalakan beban resistif sampai 440 watt, menyalakan beban induktif sampai 360 watt, dan menyalakan beban resistif induktif sampai 320 watt.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Bansal, R.C., 2005, Three-Phase Self-Excited Induction Generators: An Overview, IEEE Transactions On Energy Conversion
- Fukami T, Kaburaki Y, Kawahara S, Miyamoto T., 1999, Performance analysis of a self-regulated self-excited single phase induction generator using a three-phase machine". IEEE Trans Energy Conver 1999;14(3):622-7.
- Irianto,C.G., 2004, Suatu Studi Penggunaan Motor Induksi sebagai Generator: Penentuan Nilai Kapasitor Untuk Penyedia Daya Reaktif, JETri, Volume 3, Nomor 2, Februari 2004, Halaman 1-16
- Ouhrouche M.A. and Chainé Q.M., 1995, EMTF Based Study of Self Excitation Phenomenon in an Induction Generator
- Supardi, A., 2009, Karakteristik Distorsi Harmonik Generator Induksi 3 Fase Tereksitasi Diri dan Perancangan Filternya, Conference on Information Technology and Electrical Engineering, Electrical Engineering Gadjah Mada University