

# RANCANG BANGUN MODEL PENYEIMBANG BEBAN PADA GENERATOR INDUKSI

---

**Henry Ananta**

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang

Abstrak. Pada pembangunan pembangkit listrik skala kecil, misalnya pembangkit listrik tenaga mikrohidro dengan biaya murah ada beberapa alternatif, diantaranya adalah penggunaan motor induksi sebagai pembangkit listrik atau diistilahkan sebagai Motor Induksi Sebagai Generator (MISG). Motor induksi, khususnya jenis tiga fasa memiliki beberapa keuntungan yaitu: sederhana, daya tahan lebih kuat, tidak ada gesekan mekanis (jenis rotor sangkar), harga relatif murah, efisiensi cukup tinggi. Penelitian ini menggunakan pendekatan *Research and Development*, yaitu penelitian yang menghasilkan model sebagai fungsi kreasi dan inovasi dalam upaya pemecahan masalah krisis energi, yaitu mewujudkan penyeimbang beban pada generator induksi. Hasilnya adalah; (1). Motor induksi dengan spesifikasi tiga fasa 1,5 HP, 220/380 V, 50 Hz, 1400 rpm dapat dioperasikan sebagai generator induksi (MISG) dengan penambahan kapasitor sebesar 16  $\mu$ F sebagai eksitasi pada saat MISG tersebut diputar melebihi putaran nominalnya, (2). Model penyeimbang beban generator jenis *Electronic Load Control* (ELC) dengan IC Mikrokontroler ATMEGA 16 sebagai otak pengendali dapat bekerja dengan baik.

Kata kunci: MISG, penyeimbang beban, mikrokontroler

## PENDAHULUAN

Motor induksi tiga fasa dapat dioperasikan sebagai generator induksi dengan cara memutar rotor pada kecepatan di atas kecepatan medan putar. Dibandingkan dengan generator konvensional (sinkron), generator induksi mempunyai beberapa keunggulan seperti mudah pembuatannya, biaya perawatan lebih murah karena tidak ada gesekan mekanik, tidak menghasilkan interferensi radio, sehingga generator jenis ini cocok digunakan pada pembangkit mikrohidro di pedesaan.

Generator tak serempak atau generator induksi sering digunakan untuk pembangkit tenaga listrik skala kecil seperti sistem turbin angin dan sistem mikrohidro, baik untuk sistem *fixed-speed* maupun sistem *variable speed*. Keuntungan dari sistem *fixed-speed* menggunakan generator tak-serempak adalah murah, sistemnya sederhana dan kokoh. Sistem ini beroperasi pada kecepatan yang konstan, sehingga turbin hanya memperoleh daya maksimum pada satu nilai kecepatan angin. Sistem ini cocok untuk diterapkan pada mikrohidro yang kecepatan aliran airnya bisa

diatur secara mekanik. Kelemahan dari sistem ini adalah generator memerlukan daya reaktif untuk bisa menghasilkan listrik sehingga harus dipasang kapasitor bank atau dihubungkan dengan *grid*/ penyeimbang beban. Sistem ini rentan terhadap pulsating power menuju grid dan rentan terhadap perubahan mekanis secara tiba-tiba.

Agar motor induksi dapat berfungsi sebagai generator yang mengeluarkan tegangan, diperlukan arus eksitasi. Pada beban tetap diperlukan kapasitor untuk membangkitkan arus eksitasi dan pengendalian tegangan. Pada umumnya pengendalian tegangan menggunakan komparator penyeimbang beban.

Besaran nilai kapasitansi kapasitor yang perlu dipasang pada motor induksi serta bagaimana mewujudkan penyeimbang beban jenis *Electronic Load Control* (ELC) pada generator induksi menarik untuk diwujudkan dan diteliti agar menghasilkan unjuk kerja yang lebih baik.

## METODE

Penelitian ini menggunakan **pendekatan *Research and Development***, yaitu penelitian yang menghasilkan model sebagai fungsi kreasi dan inovasi dalam upaya pemecahan masalah krisis energi, yaitu mewujudkan penyeimbang beban pada generator induksi sebagai mesin utama pada pembangkit listrik skala kecil seperti pembangkit listrik mikrohidro. Diharapkan model ini akan ditindaklanjuti oleh pihak industri sebagai produk unggulan. Adapun kegiatan penelitian ini dapat dijelaskan sebagai berikut; Tahap I Pra survei mengenai Pembangkit Listrik skala kecil khususnya pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTM) yang ada, ketersediaan alat dan bahan di pasaran, tahap II perencanaan model dan kajian teoritis, tahap III pembuatan model dan uji coba laboratorium dilanjutkan dengan analisis data, IV revisi / perbaikan model.

Pada eksperimen 1; merencanakan dan mewujudkan model unit percobaan serta menguji coba variasi nilai kapasitansi kapasitor, dan mengamati tegangan generator.

Pada eksperimen 2; merancang dan menguji coba model penyeimbang beban generator menggunakan *Electronic Load Control* (ELC) agar beban generator stabil.

Mesin listrik yang digunakan untuk eksperimen dalam penelitian ini mempunyai spesifikasi yang tersedia di pasaran sebagai berikut; Sebagai generator menggunakan motor induksi tiga fase 1,5 HP 1400 rpm, tegangan kerja 220V/ 380V, sedangkan penggerak pengganti turbin menggunakan sebuah motor induksi tiga fase 2 HP, tegangan kerja 220V/380V.

Gambaran model pengoperasian motor induksi tiga fasa sebagai generator induksi tiga fasa adalah sebagai berikut : Gambar 2 di bawah digunakan untuk eksperimen 1 yaitu mengamati besaran kapasitor yang perlu dipasang pada generator induksi. Sedangkan gambar 3 di bawah digunakan untuk eksperimen 2 yaitu mewujudkan dan menguji rancang bangun model penyeimbang beban pada generator induksi akibat pengaruh pembebanan.

Penelitian ini dilakukan di laboratorium Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang (UNNES) pada tahun 2011.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil

Pada pra survey yang dilakukan peneliti tentang beberapa mikrohidro yang ada diketahui bahwa pengatur beban sangat diperlukan agar stabilitas pembebanan terjaga. Sedangkan saat merencanakan model ELC disesuaikan dengan ketersediaan komponen di pasaran.

Pada percobaan pertama peneliti merancang dan merakit unit percobaan beserta alat-alat ukurnya. Memasang kapasitor yang sudah disiapkan secara bergantian mulai dari 8  $\mu\text{F}$ , 10  $\mu\text{F}$ , 16  $\mu\text{F}$ , 24  $\mu\text{F}$ . Selanjutnya menjalankan motor penggerak dengan mengatur putaran menggunakan transformator regulator. Pengaturan dilakukan sampai generator dapat menghasilkan tegangan, selanjutnya data frekuensi, tegangan dan visualisasi lampu dicatat.

Alat ukur yang dipakai dikalibrasi dan dipilih yang mempunyai klasifikasi tingkat kesalahan / tingkat sensitifikasi kecil sehingga diharapkan pengukuran lebih mendekati pada besaran yang sebenarnya.

Generator induksi dan motor penggeraknya disesuaikan dengan spesifikasi yang sudah dijelaskan pada uraian di atas, hasilnya dapat dilihat pada tabel di bawah.

**Tabel 1. Data Eksperimen 1**

C $\mu\text{F}$	Frekuensi	Tegangan (Volt)			Kondisi lampu
	Hz	R-N	S-N	T-N	
8	30	7	7.2	7	mati
10	36	9	9.2	9	mati
16	48	240	245	240	hidup
24	55	250	255	250	hidup

Pengembangan dan perakitan model penyeimbang beban ELC dirancang dan disesuaikan dengan komponen yang ada dipasaran. Model ELC dirakit disesuaikan dengan rencana kemudian dilakukan pengujian.

Unit ELC pada penelitian ini menggunakan IC Mikrokontroler ATMEGA 16 sebagai otak pengendali. Keluaran sensor arus kemudian dikuatkan dengan penguat opamp untuk selanjutnya dibaca di masukan ADC mikrokontroler. Hasil baca sensor arus tersebut digunakan untuk menentukan jumlah dummyload yang akan diaktifkan. Untuk penyambungan dummyload menggunakan sakelar AC solid state yaitu TRIAC tipe BT 139. Penyambungan TRIAC dan Mikrokontroler menggunakan optocoupler MOC 3021. Generator dijaga agar berbeban konstan, jika generator tidak bereban maka dummyload yang akan menggantikan beban generator. Apabila

beban keluaran generator bertambah maka dummyload akan berkurang begitu pula sebaliknya. Jumlah total beban akan selalu dijaga seimbang. Setelah selesai dirakit kemudian melakukan input program menggunakan CodeWizardAVR V1.25.3 Standard sebagai berikut:

```

/*****
This program was produced by the
CodeWizardAVR V1.25.3 Standard
Automatic Program Generator
© Copyright 1998-2007 Pavel Haiduc, HP InfoTech s.r.l.
http://www.hpinfotech.com
Project : ELC
Version : 01
Date : 8/28/2011
Author : Henry Ananta / Tugino
Company : UNNES / STTNAS
Comments:

Chip type : ATmega16
Program type : Application
Clock frequency : 12.000000 MHz
Memory model : Small
External SRAM size : 0
Data Stack size : 256
*****/

```

Setelah selesai merakit dan menginput program, dilakukan pengujian model dengan melakukan percobaan-percobaan sampai dirasa sistem berkerja dengan baik.

**Tabel 2. Data Eksperimen 2**

Posisi saklar	Frekuensi (Hz)	Tegangan (Volt)			Beban	Dummyload
		R-N	S-N	T-N		
1 mati	48	240	245	240	L1 mati	L1 hidup
1 hidup	48	240	245	240	L1 hidup	L1 mati
2 mati	48	240	245	240	L2 mati	L2 hidup
2 hidup	48	240	245	240	L2 hidup	L2 mati
3 mati	48	240	245	240	L3 mati	L3 hidup
3 hidup	48	240	245	240	L3 hidup	L3 mati
4 mati	48	240	245	240	L4 mati	L4 hidup
4 hidup	48	240	245	240	L4 hidup	L4 mati
5 mati	48	240	245	240	L5 mati	L5 hidup
5 hidup	48	240	245	240	L5 hidup	L5 mati

Kondisi: Kapasitor dibuat tetap 16 µF  
Putaran awal 1600 rpm

Setelah dirasa sensor dan perangkat lainnya dapat bekerja maka dilakukan pengujian ELC. Adapun langkah-langkahnya adalah sebagai berikut: menghidupkan unit pembangkit yang sudah dirakit ELC dan kondisi bebannya dipasang sebanyak 5 buah lampu pijar, selanjutnya dilakukan pemutusan lampu satu persatu dan diamati visualisasi lampu dummyload nya. Data yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 2.



**Gambar 4. Unit ELC**

## **Pembahasan**

Pada saat motor induksi yang difungsikan sebagai generator induksi (MISG), generator induksi dirputar melebihi kecepatan nominalnya, sedangkan kapasitor yang dipasang sebesar 8  $\mu\text{F}$  dan 10  $\mu\text{F}$ , hasilnya adalah kondisi lampu mati dan tegangan yang terukur tertinggi hanya di bawah 10 volt sehingga lampu kondisinya mati. Hal ini menandakan pada MISG belum terjadi proses eksitasi dari kapsitor. Tegangan kecil yang dihasilkan disebabkan adanya magnet sisa pada lilitan.

Pada saat MISG yang berputar dihubungkan paralel dengan kapasitor 16  $\mu\text{F}$  dan 24  $\mu\text{F}$  kondisi lampu hidup. Hal ini membuktikan bahwa MISG dapat mengeluarkan tegangan jika diputar melebihi kecepatan nominal dan dipasang paralel kapasitor dengan nilai kapasitansi yang cukup untuk membangkitkan medan magnet. Kapasitansi pada kapasitor membantu menginduksikan arus. Rotor yang berputar merupakan rangkaian tertutup, maka menghasilkan arus. Arus yang dihasilkan masuk ke kapasitor yang kemudian diinduksikan kembali ke rotor. Arus induksi tersebut akan menginduksi kumparan stator dan timbulah tegangan induksi,

sehingga motor dapat menghasilkan tegangan. Sedangkan kapasitor yang dipasang dipilih dengan nilai kapasitansi 16  $\mu\text{F}$ , dimana MISG dapat menghasilkan tegangan nominal 240 Volt.

Model penyeimbang beban yang dibuat menggunakan komponen elektronika berupa IC Mikrokontroler ATMEGA 16 sebagai otak pengendali, TRIAC tipe BT 139. Penyambungan TRIAC dan Mikrokontroler menggunakan optocoupler MOC 3021. Software untuk input data program menggunakan CodeWizardAVR V1.25.3.

Pada penelitian ini memiliki keterbatasan-keterbatasan yaitu: Sampel penelitian ini hanya satu jenis motor induksi 1,5 HP dan tidak dilakukan pengujian pada motor pembanding, sedang pengukuran data dilakukan pada ruang yang suhunya tidak dikontrol. Model ELC yang dikembangkan tidak dihidupkan terus menerus karena keterbatasan waktu penelitian, sehingga ELC tidak dapat diketahui usia *overhole*/perawatannya, disisi lain penggunaan pembangkit mikrohidro biasanya dihidupkan terus menerus.

## SIMPULAN DAN SARAN

### Simpulan

1. Motor induksi dengan spesifikasi tiga fasa 1,5 HP, 220/380 V, 50 Hz, 1400 rpm dapat dioperasikan sebagai generator induksi (MISG) dengan penambahan kapasitor sebesar 16  $\mu\text{F}$  sebagai eksitasi pada saat MISG tersebut diputar melebihi putaran nominalnya.
2. Model penyeimbang beban generator yang dirancang dan dikembangkan pada penelitian ini dengan IC Mikrokontroler ATMEGA 16 sebagai otak pengendali dapat bekerja dengan baik

### Saran

1. ELC yang sudah dibuat perlu diuji dengan waktu yang cukup lama agar MISG dapat dipakai sebagai pembangkit listrik mikrohidro yang beroperasi terus menerus.
2. Perlu ditindaklanjuti dengan kegiatan pengabdian masyarakat berupa sosialisasi dan implementasi penyeimbang beban dengan ELC untuk pembangkit listrik mikrohidro.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bapangsamirana, Y.B. 2001. *Aspek administratif proyek PLTMH*. Workshop pengelolaan dan perencanaan teknis pembangunan PLTMH, Udiklat PLN Saguling, November 2001.
- Chapallaz, J.M. etc. 1992. *Manual On Induction Motors Used As Generators*, GTZ, Eschborn.
- Fitzgerald A.E, Jr. Charles Kingsley and Stephen D Umans. 1997. *Mesin-Mesin Listrik*, Terjemahan Edisi Keempat. Jakarta: PT.Gelora Aksara Pratama.
- Hayt, William H. 1993. *Rangkaian Listrik*. Edisi Keempat. Jakarta: Erlangga.
- Rijono Yon. 1997. *Dasar Teknik Tenaga Listrik*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Zuhal. 1992. *Dasar Tenaga Listrik*. Bandung: ITB.