ALAT SINKRONISASI OTOMATIS PLTMH DENGAN JARINGAN DISTRIBUSI PLN BERBASIS MIKROKONTROLER ATMEGA 16

Nj Thamrin[1]

ABSTRACT

The purpose of automatic synchronization equipment is to detect the synchronization conditionals, if the conditionals have been gained, MHP electricity can be directly connected to PLN's distribution network.

The first step of this research is making censors for measuring the parameters of synchronization process. These censors are voltage censor, frequency censor, and phase angle censor. All censors are controlled by microcontroller. The measurement result of voltage and frequency are displayed on LCD. For knowing whether these censors are detected by microcontroller properly, the measurement result of censors are compared with measuring instrument. The last step is combining and testing all data in the laboratory. The electric parameters are measured for the next analysis to know these censors work properly.

This synchronization tool can connect automatic 3-phase generator with PLN's distribution network at voltage difference tolerance of ±5 %, and frequency difference of 0.2% from PLN's distribution network. The error percentage compared to measuring tools is 2.3% for voltage and 0.091 % for frequency.

Keywords : Synchronization tool, microcontroller, voltage censor, zero crossing detector

PENDAHULUAN

Melalui Permen 31/2009 tentang harga jual listrik, PT PLN (Persero) memiliki kewajiban untuk membeli tenaga listrik yang bersumber dari energi baru terbarukan sampai dengan kapasitas 10 MW.

Paralel PLTMH dengan jaringan distribusi PLN dapat dilakukan secara manual maupun secara otomatis. Kelemahan dari proses sinkronisasi secara manual adalah memungkinkan terjadinya kesalahan pada operator (*human error*). Kesalahan tersebut bisa terjadi karena operator dalam melihat alat-alat ukur tidak teliti, oleh karena itu perlu alat sinkronisasi otomatis yang dapat mendeteksi syarat sinkronisasi. Syarat sinkronisasi yaitu frekuensi, tegangan, sudut fasa dan urutan fasa antara PLTMH dengan jaringan distribusi PLN haruslah sama. Bila syarat sinkronisasi terpenuhi maka alat sinkronisasi diharapkan dapat menghubungkan PLTMH dengan jaringan distribusi PLN secara tepat tanpa adanya kesalahan.

Jika terjadi kesalahan dalam mendeteksi persyaratan sinkronisasi sedangkan kontaktor tetap menghubungkan antara PLTMH dengan jaringan PLN maka akan terjadi arus menuju generator PLTMH yang mengakibatkan *reverse power*. Kondisi *reverse power* mengakibatkan generator pada PLTMH bersifat sebagai motor (menjadi beban bagi jaringan PLN) yang dapat merusak generator.

Manfaat yang diharapkan setelah tujuan penelitian adalah alat ini dapat memparalelkan PLTMH dengan jaringan distribusi PLN. Sehingga PLN mendapat pasokan daya lebih besar dan keandalan sistem daya dapat ditingkatkan.

Tinjauan Pustaka

Dalam prakteknya, persyaratan sinkronisasi tersebut mempunyai beberapa toleransi, antara lain (Laughton,2003):

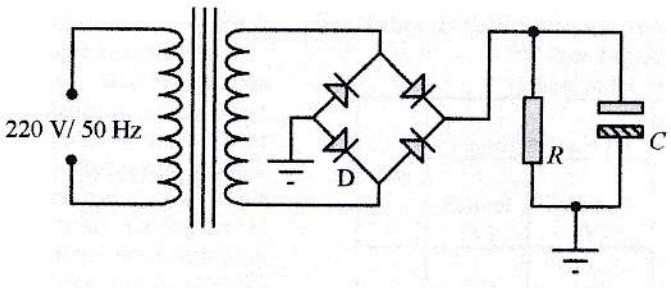
1. Tegangan generator PLTMH harus sama dengan tegangan PLN (±5%)
2. Frekuensi generator lebih besar 0,2% dari frekuensi PLN
3. Beda sudut fasa antara generator PLTMH dengan PLN ($\pm 5^0$)

Untuk dapat mendeteksi syarat sinkronisasi, maka diperlukan beberapa sensor sebagai input dari mikrokontroler yaitu : sensor tegangan, *zero crossing detector*.

Sensor tegangan

Rangkaian dasar sensor tegangan menggunakan penyearah. Penyearah digunakan untuk mengubah tegangan bolak-balik menjadi tegangan searah. Tegangan searah yang dihasilkan masih merupakan tegangan searah berdenyut, sehingga dibutuhkan penapis. Kapasitor sebagai penapis dipasang melintasi tegangan keluaran penyearah. Dengan adanya penapis tegangan keluaran pada beban berupa tegangan searah yang tidak berdenyut.

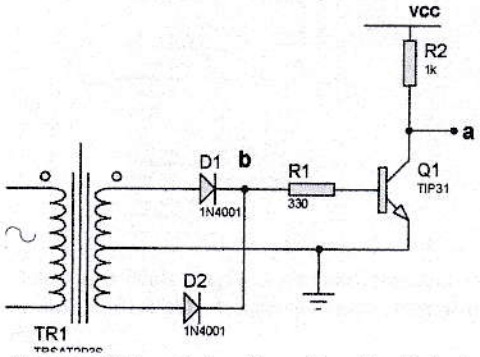
[1] Dosen Fak. Teknik Universitas Batanghari



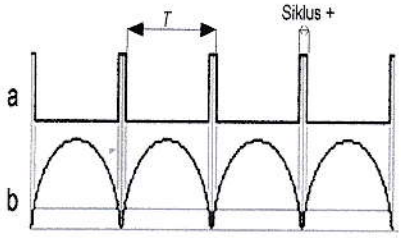
Gambar 1 Rangkaian Sensor Tegangan
(Sumber: Malvino, 1996)

Zero crossing detector

Zero crossing detector menggunakan rangkaian penyearah mengunakan diode yang hasil output sinyal gelombang penuh pada titik b. Output dari rangkaian penyearah dihubungkan ke transistor, saat siklus positif transistor aktif sehingga tegangan pada titik a sebesar 0 volt sedangkan saat keluaran penyearah 0 volt transistor tidak aktif sehingga transistor tidak terhubung dengan 0 volt dan tegangan pada titik a sama dengan VCC.



Gambar 2 Rangkaian *Zero Crossing Detector*



(Sumber: Malvino, 1996)

Gambar 3 Bentuk Sinyal *Zero Crossing Detector*

(Sumber: http//sound.westhost.com/appnote/ran005.htm)

METODE PENELITIAN

Bagian awal dari penelitian adalah pembuatan sensor-sensor untuk mengukur besaran-besaran yang diperlukan dalam proses sinkronisasi. Sensor tersebut meliputi sensor tegangan, sensor frekuensi, sensor sudut fasa. Semua sensor tersebut dikendalikan oleh mikrokontroler. Hasil dari pengukuran tegangan dan frekuensi ditampilkan melalui LCD. Sebagai bahan perbandingan untuk mengetahui apakah sensor ini dapat dibaca oleh mikrokontroler dengan baik, maka hasil pengukuran sensor dibandingkan dengan alat ukur. Tahapan akhir adalah menggabungkan dan menguji alat secara keseluruhan di laboratorium. Pada tahapan tersebut diambil data-data pengukuran besaran listrik untuk selanjutnya dianalisis sehingga akan mendapatkan gambaran sensor tersebut berfungsi dengan baik.

Alat dan Bahan Penelitian

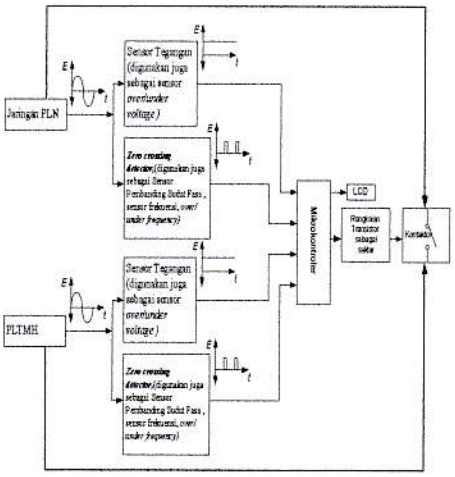
Alat dan bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah meliputi: Generator sinkron 3 fasa, Motor penggerak, Osiloskop, Catu daya dc, Catu daya ac, Synchroscope, Volt meter, Frekuensi Meter, Multimeter, Lampu Pijar, Phase Sequence Indikator

Prinsip kerja dari Blok diagram alat sinkronisasi PLTMH dengan jaringan distribusi PLN adalah sebagai berikut :

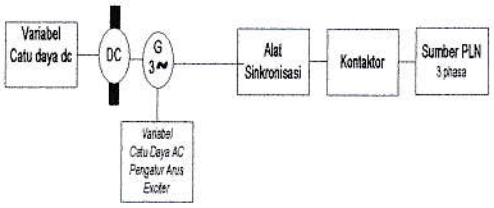
- Tegangan sistem PLTMH dan PLN dipantau dan diturunkan dengan trafo *step-down* (PT) untuk mendapatkan tegangan sebesar 3 V.
- Mikrokontroler sebagai pengendali sensor dan juga untuk menggerakkan kontaktor untuk menghubungkan sistem PLTMH dengan jaringan PLN. Mikrokontroler tidak dapat langsung menggerakkan kontaktor, maka diperlukan rangkaian transistor sebagai saklar. Penggunaan LCD adalah sebagai indikator untuk menampilkan nilai frekuensi.Sinyal yang dihasilkan dari sistem PLTMH maupun jaringan PLN berupa sinyal sinus. Output dari sensor tegangan berupa sinyal DC dibaca oleh

ADC mikrokontroler untuk membandingkan tegangan kedua sistem.

- Output *Zero Crossing Detector* adalah sinyal pulsa, dengan lebar pulsa nol lebih besar dibandingkan pulsa positif. Lebar pulsa positif ini digunakan untuk membandingkan antara sudut fasa kedua system, jika pulsa positif (berlogika 1) bersamaan terbaca oleh mikrokontroler berarti kedua sistem sefasa. Sebaliknya jika tidak bersamaan, berarti fasa tidak sama. Lebar satu gelombang dimanfaatkan untuk menghitung frekuensi. *Timer* mikrokontroler akan membaca counter selama perioda satu gelombang tersebut.



Gambar 3 Blok diagram alat sinkronisasi otomatis PLTMH dengan jaringan distribusi PLN



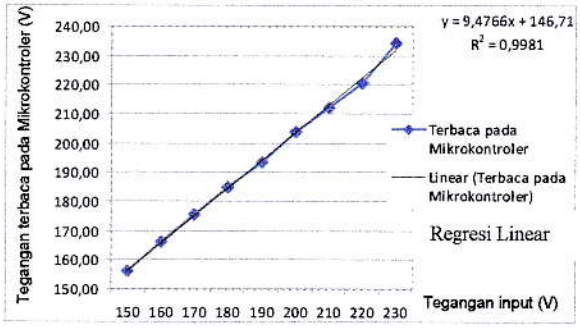
Gambar 4 Blok diagram Pengujian alat sinkronisasi otomatis PLTMH dengan jaringan distribusi PLN

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil rancangan diwujudkan dengan pembuatan sebuah alat melalui proses perakitan komponen-komponen pada papan rangkaian tercetak (PCB) serta menggabungkan dengan kendali utama, mikrokontroler atmega 16. Tahapan akhir dilakukan pengujian terhadap alat untuk melihat unjuk kerja masing-masing bagian alat maupun unjuk kerja fungsi keseluruhan.

Tabel 1 Hasil Pengukuran Tegangan pada PT dan Tegangan terbaca pada tampilan LCD Mikrokontroler

No	Tegangan pada PT		Tegangan terbaca Pada LCD Mikrokontroler	% Error
	Primer (V)	Sekunder (V)		
1	150	1,98	156,00	4
2	160	2,11	166,10	3,81
3	170	2,24	175,60	3,29
4	180	2,37	184,80	2,67
5	190	2,50	193,48	1,83
6	200	2,64	203,87	1,94
7	210	2,77	212,12	1,01
8	220	2,90	220,66	0,3
9	230	3,03	234,20	1,83
Rerata error				2,3

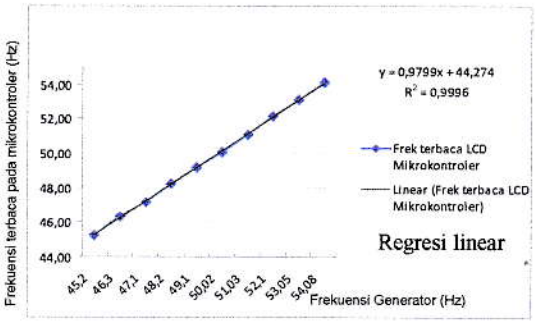


Gambar 5 Hasil pengukuran tegangan generator terhadap tampilan LCD mikrokontroler

Tabel 2 Hasil Pengukuran frekuensi terbaca pada Mikrokontroler

No	Frekuensi Generator (Hz)	Frekuensi terbaca pada LCD Mikrokontroler (Hz)	*Error*
1	45,2	45,25	0,1
2	46,3	46,34	0,08
3	47,1	47,15	0,1
4	48,2	48,24	0,09
5	49,1	49,15	0,1
6	50,02	50,07	0,09

7	51,03	51,07	0,08
8	52,1	52,15	0,09
9	53,05	53,09	0,08
10	54,08	54,13	0,1
rerata *error*			0,091



Gambar 6 Hasil pengukuran frekuensi menggunakan alat ukur terhadap tampilan pada LCD Mikrokontroler

Tabel 1 dan gambar 5 memperlihatkan nilai tegangan hasil pembacaan tegangan pada tampilan LCD mikrokontroler berubah secara linear dengan kolerasi R^2 = 0,998 rata-rata *error* pada hasil pengukuran 2,3 %. Artinya, hasil pengujian memberikan gambaran unjuk kerja rangkaian pendeteksi tegangan yang dapat mendeteksi perubahan nilai tegangan secara proporsional dan linear.

Tabel 2 dan Gambar 6 memperlihatkan variasi output frekuensi generator dibandingkan dengan output yang terbaca pada lcd mikrokontroler. Dengan kolerasi R^2 = 0,999 dan rata-rata *error* pada pengukuran adalah 0,091 %, ini menunjukkan bahwa hasil pengujian memberikan gambaran unjuk kerja rangkaian pendeteksi frekuensi yang dapat mendeteksi perubahan nilai frekuensi secara proporsional dan linear.

Pengujian alat sinkronisasi dengan variabel generator dan frekuensi generator sama dengan frekuensi PLN menunjukkan alat sinkronisasi dapat menghubungkan antara generator dengan sumber PLN dengan maksimum perbedaan tegangan generator ± 5% dari tegangan PLN, lampu 1 padam, lampu 2 menyala, lampu 3 menyala, dan *syncroscope* tepat menunjukkan jam 12.

Toleransi tegangan max

$$= \frac{228,9 - 218}{218} x100\% = +5\%$$

Toleransi tegangan min

$$= \frac{209 - 220}{220} x100\% = -5\%$$

Pengujian alat sinkronisasi dengan variabel frekuensi dan tegangan generator sama dengan tegangan PLN menunjukkan alat sinkronisasi dapat menghubungkan antara generator dengan sumber PLN dengan maksimum perbedaan frekuensi generator > 1% dari frekuensi PLN, lampu 1 padam, lampu 2 menyala, lampu 3 menyala, dan *syncroscope* tepat menunjukkan jam 12.

Toleransi frekuensi max

$$= \frac{50,1 - 50}{50} x100\% = 0,2\%$$

Hasil pengujian pada fungsi proteksi *under/over frequency* yaitu dapat memutuskan beban pada saat terjadi kondisi frekuensi abnormal *over frequency* di atas 50,5 HZ dan under frequency di bawah 49,5 Hz dengan kisaran waktu trip 0,02 sampai dengan 0,4 detik prosentase *error* 0,6 %.

Pengujian dari berbagai sensor untuk mendeteksi syarat sinkronisasi dan sebagai alat proteksi. Model dan langkah pengujian ini dibuat menyerupai prosedur pengoperasian pembangkit tenaga listrik mikrohidro yang sebenarnya. Semua komponen mikrohidro sudah terwakili didalam sistem simulasi ini seperti pengaturan kecepatan turbin disimulasikan dengan mengatur kecepatan motor dc yang dikopel langsung dengan generator. Pengaturan tegangan oleh variabel catu daya ac sebagai penguat medan generator. Pada percobaan ini dapat disimpulkan bahwa alat sinkronisasi otomatis yang dibuat dapat bekerja dengan baik, sehingga alat ini dapat digunakan di pembangkit listrik tenaga mikrohidro yang sebenarnya.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Alat sinkronisasi ini dapat bekerja mengoneksian generator sinkron 3 fasa secara otomatis dengan jaringan distribusi PLN pada toleransi perbedaan tegangan ± 5 %, dan perbedaan frekuensi + 0,2 % dari jaringan distribusi PLN. Prosentase *error* terhadap alat ukur 2,3 % untuk tegangan dan 0,091 % untuk frekuensi.

Saran

Hasil penelitian ini disadari masih jauh dari kesempurnaan, oleh sebab itu guna langkah penyempurnaan disarankan beberapa hal berikut ini.

1. Penggunaan trafo dengan linearitas yang lebih baik dipertimbangkan, guna menghasilkan ketelitian dan keakuratan unjuk kerja alat pada sensor tegangan.
2. Pengembangan penelitian ini juga dimungkinkan untuk membuat alat sinkronisasi yang juga dilengkapi *Automatic Voltage Regulator* (AVR), *governor* dan proteksi *reverse power*.

DAFTAR PUSTAKA

Andrianto H., 2008, ***Pemrograman Mikrokontroler AVR ATMEGA 16 Menggunakan Bahasa C,*** Informatika, Bandung

Ambarsi S., 2003, ***Pengendalian Tegangan Output Generator Induksi sebagai Generator menggunakan Ballast Load pada PLTMH Stand Alone,*** Tesis Yogyakarta : Universitas Gadjah Mada

Buku Putih, ***Penelitian Pengembangan dan Penerapan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Indonesia 2005 – 2025***

Heriyanto H., 2010, ***Alat kontrol dan Proteksi Terintegrasi Berbasis Zelio Logic Smart Relays untuk PLTMH,*** Tesis Yogyakarta : Universitas Gadjah Mada

Heryanto M. A., dan Adi W. P., 2008, ***Pemrograman Bahasa C untuk Mikrokontroler Atmega 8535,*** Penerbit Andi, Yogyakarta

http//sound.westhost.com/appnote/ran005.htm

http://terpconnect.umd.edu/~toh/ElectroSim/relay.html, 07.12.2010

http://www.abb.com/Synchrotact, 10.12.2010

http://www.atmel.com/dyn/resources/prod documents/doc2502.pdf.,11.12.2010

http://www.global-download.schneider-electric.com/,14.12.2010

http//sound.westhost.com/appnote/ran005.htm,14.12.2010

http://www.51ev.com/product-Current-Meters/107255/Synchroscope-Meter-Analogue-Panel-Meter.html,17.12.2010

Laughton M.A., Say M.G., 2003, ***Electrical Engineering's Reference Book,*** Newnes, London

Kharis M., Suyanto, Budisantosa S., 2005, ***Memelihara Panel Listrik,*** Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Jakarta

IMIDAP, 2009, ***Buku 2C Pedoman Study Kelayakan Mekanikal Elektrikal,*** Cetakan 1, Dirjen Listrik dan Pemanfaatan Energi Dep. ESDM, Jakarta

IMIDAP, 2010, ***Buku Pedoman Pembangunan PLTMH dan PLTM On Grid sebagai Usaha Bisnis Penyediaan Tenaga Listrik,*** Dirjen Listrik dan Pemanfaatan Energi Dep. ESDM, Jakarta

Malvino A.P., dan Gunawan, H., 1996, ***Prinsip-prinsip Elektronika,*** Erlangga, Jakarta

Mulyaseputra P. S., Yahya S., dan Mashar A., 2008, ***Teknik Pemanfaatan Tenaga Listrik Jilid 2 untuk SMK,*** Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan menengah, Departemen Pendidikan Nasional, Jakarta

PT Heksa Prakarsa Teknik, *2005*, ***Buku Manual Rehabilitasi PLTMH Curug Gomblang,*** Bandung

Sodiq D., 2004, ***Alat sinkronisasi otomatis PLTMH dengan sistem jaringan PLN,*** Tesis Yogyakarta : Universitas Gadjah Mada

Suhadi, 2008, ***Teknik Distribusi Tenaga Listrik Jilid 1 untuk SMK,*** Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan menengah, Departemen Pendidikan Nasional, Jakarta

Sumardjati P., Yahya S., dan Soleh M., 2008, ***Teknik Tenaga Listrik Jilid 2,*** Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan menengah, Departemen Pendidikan Nasional, Jakarta

Theraja, B.L & Theraja, A.K., 1980, ***A. Textbook of Electrical Technology,*** S. Chand, New Delhi

Wahyono T. W. 2008, ***Perancangan dan Pembuatan Panel Alat Sinkronisasi PLTMH dengan jaringan tegangan rendah PLN.*** Tesis Yogyakarta : Universitas Gadjah Mada

Widmer, R., Arter, A., 1992, ***Village Electrification,*** MHPG Series Harnessing Water Power on a Small Scale. SKAT, Swis Centre for Delopment Cooperation in Technology and Management, Switzerland

Wildi, T., 1991, ***Electrical Machine Drive and Power System,*** Prentice-Hall International Editions, New Jersey

Zuhal. 1988, ***Dasar Teknik Tenaga Listrik & Elektronika Daya,*** PT. Gramedia, Jakarta