

PERANCANGAN KONTROL BEBAN ELEKTRONIK GENERATOR INDUKSI SATU FASA BERBASIS SMART RELAY

Amir Hamzah, Iswadi, dan Feranita

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Riau,
Kampus Bina Widya Km 12,5 Simpang Baru Pekanbaru, 28293, Indonesia

Email: amir_hzh@unri.ac.id

ABSTRAK

Salah satu alternatif untuk pemenuhan kebutuhan energi listrik, terutama untuk daya rendah (*low power*) adalah dengan memanfaatkan motor induksi satu fasa sebagai generator induksi. Generator induksi lebih murah, dan mudah diperoleh dalam berbagai ukuran dipasaran, tidak menggunakan sikat atau komponen lain yang memerlukan perawatan. Adapun kelemahan utama generator induksi adalah tegangan yang tidak konstan. Perubahan beban pada generator dapat menyebabkan perubahan pada tegangan keluaran. Tujuan penelitian ini adalah membuat kendali tegangan dan beban penyeimbang berbasis smart relay, besarnya daya keluaran pada generator sebesar 240 watt dengan tegangan 220 volt. Tegangan inilah yang disensor, apabila tegangan melebihi 220 volt maka sensor mendeteksi sehingga smart relay menghidupkan beban penyeimbang dan begitu juga sebaliknya apabila tegangan kurang dari 220 volt maka sensor mendeteksi sehingga smart relay memutuskan beban penyeimbang.

Kata Kunci: motor induksi, transformator step down, beban penyeimbang, generator induksi, zelio smart relay.

PENDAHULUAN

Generator induksi satu fasa sangat menguntungkan untuk digunakan sebagai pembangkit tenaga listrik, khususnya pada penggunaan dengan daya listrik rendah. Dengan memanfaatkan sumber daya mikrohidro dan angin sebagai penggerak merupakan energi ramah lingkungan. Kelebihan dari generator induksi satu fasa yaitu konstruksi sederhana, tidak membutuhkan sikat, handal, biaya dan perawatan rendah dan tidak memakai penguatan dc (Djoekardi, 1996 ; 2-3)

Kecepatan putaran generator dipengaruhi oleh beban konsumen yang berubah-ubah, jika beban generator stabil maka putaran, arus, tegangan dan frekuensi generator akan konstan. Karena beban konsumen yang berubah-ubah, maka dibuatlah kontrol beban elektroik (beban penyeimbang) pada pembangkit tenaga listrik agar putaran, arus, tegangan dan frekuensi pada generator stabil.

Sistem beban elektronik pada pembangkit terdiri dari *smart relay* dan beban penyeimbang. Apabila sistem beban elektronik dilakukan dengan metode manual yaitu dengan menggunakan tenaga manusia kurang efisien apabila ditinjau dari waktu dan biaya.

BAHAN DAN METODE

Secara umum motor listrik adalah suatu alat yang dapat merubah energi listrik menjadi energi

mekanik yang berupa tegangan putar dan motor ini bekerja berdasarkan prinsip induksi elektro magnetik.

Motor induksi merupakan motor arus bolak-balik (AC) yang paling banyak digunakan. Penamaannya berasal dari kenyataan bahwa arus rotor motor ini bukan diperoleh dari sumber tertentu, tetapi merupakan arus yang terinduksi sebagai akibat adanya perbedaan relative antara putaran rotor dengan medan putar yang dihasilkan oleh arus rotor.

Konstruksi stator dan rotor

Stator merupakan bagian yang diam dari motor induksi. Bagian dari stator ini terdiri dari laminasi-laminasi tipis yang disusun dan dibentuk sedemikian rupa sehingga segmen yang dibentuk silinder berhubungan satu sama lainnya serta mempunyai alur-alur (slot) sebagai tempat konduktor, lubang pada lapisan laminasi yang berbentuk slot pada inti stator berupa kawat tembaga atau batang tembaga.

Kumparan stator pada umumnya terdiri dari kawat tembaga untuk motor berdaya kecil, sedangkan untuk motor berdaya besar kumparan statornya terdiri dari lempengan tembaga. Kumparan stator berfungsi untuk menghasilkan fluksi magnet pada saat diberikan tegangan tiga fasa.

Konstruksi stator motor induksi terdiri dari bagian-bagian sebagai berikut :

- a. Rumah stator dan besi tulang.

- b. Inti stator dan besi lunak atau baja silikon.
- c. Alur dan gigi, bahannya sama dengan inti stator dimana alur ini merupakan tempat meletakkan belitan stator.
- d. Belitan stator dari tembaga.
- e. Bantalan poros.

Rotor merupakan bagian yang bergerak dari suatu motor induksi. Sebagaimana halnya dengan stator, inti rotor juga merupakan susunan dari laminasi-laminasi tipis yang umumnya terbuat dari baja silikon yang bermutu tinggi. Laminasi tersebut dibuat sedemikian rupa sehingga merupakan segmen yang berbentuk silinder serta memiliki alur sebagai tempat konduktor.

Konstruksi rotor motor induksi terdiri dari bagian-bagian sebagai berikut :

- a. Inti rotor, bahannya sama dengan stator.
- b. Alur dan gigi, bahannya sama dengan inti, alur merupakan tempat meletakkan belitan atau kumparan rotor.
- c. Belitan rotor, bahannya dari tembaga.
- d. Poros atau as

Berdasarkan bentuk konstruksi rotornya, maka motor induksi dapat dibagi menjadi dua jenis yaitu: rotor sangkar dan rotor belitan.

Motor induksi sebagai generator

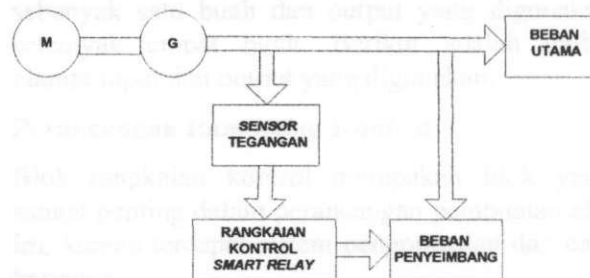
Motor induksi satu fasa merupakan motor yang banyak digunakan. Motor induksi rotor sangkar sangat kokoh, sederhana, murah, dan mudah perawatannya. Motor induksi satu fasa dapat dioperasikan sebagai generator dengan cara memutar rotor pada kecepatan diatas kecepatan medan putar. Pada motor induksi yang dioperasikan sebagai generator tidak terdapat pengatur tegangan. Pada motor induksi sebagai generator tegangan keluar nya sangat dipengaruhi oleh besarnya beban dan nilai kapasitor eksitasi.

Pada umumnya pengendalian tegangan generator induksi menggunakan *Induction Generator Controller* (IGC). IGC merupakan piranti elektronis yang menyensor tegangan, kemudian mengatur besar beban penyeimbang. IGC berbasis computer dan berbasis komperator, kelemahan IGC adalah menggunakan teknologi yang tidak sederhana.

Motor induksi satu fasa dioperasikan sebagai generator dengan cara memutar rotor pada kecepatan diatas kecepatan medan putar atau mesin bekerja pada slip negatif agar motor induksi dapat berfungsi sebagai generator maka diperlukan arus eksitasi, arus eksitasi tersebut didapat dari kapasitor.

Salah satu cara untuk mengendalikan tegangan dan frekuensi pada generator ini adalah dengan cara mengatur beban pada (*ouput*) generator. Apabila beban nyata berkurang maka ada mekanisme yang mengatur beban penyeimbang (*ballast load*) agar terjadi keseimbangan antara masukan dan keluaran pada generator induksi tersebut.

Perancangan alat penelitian ini meliputi rancangan rangkaian dari keseluruhan sistem dan perakitan hasil rancangan. Spesifikasi kerja dari alat yang akan dirancang yaitu kontrol beban elektronik generator induksi satu fasa berbasis *smart relay* menggunakan sensor tegangan agar tegangan generator tetap stabil, yang hasilnya akan diolah secara langsung pada *smart relay*. Blok diagram rancangan dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Blok Diagram Rangkaian Kontrol Beban Elektronik Generator Induksi Satu Fasa Berbasis *Smart Relay*

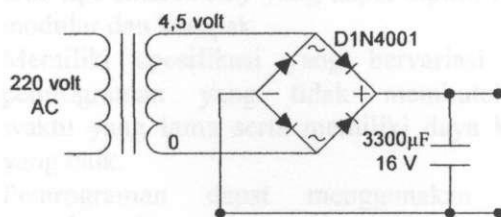
Spesifikasi motor induksi satu fasa sebagai generator yang digunakan sebagai berikut:

Type	: YC90S-4
Daya motor	: 1 HP
Sumber tegangan input	: 220 Volt
Rating arus	: 8,3 Amper
Frekuensi	: 50 Hz
Kecepatan nominal	: 1440 rpm

Rangkaian Sensor Tegangan

Sensor tegangan adalah sensor yang digunakan untuk mendeteksi perubahan nilai tegangan pada output generator. Salah satu komponen sensor tegangan ini yaitu transformator *step down*. Cara kerja rangkaian sensor tegangan ini adalah apabila tegangan output generator lebih maka sensor mengirimkan nilai ke *smart relay*, kemudian *smart relay* mengolah nilai tersebut yang akhirnya mengaktifkan kontak output relay untuk bekerja menghidupkan beban penyeimbang supaya output tegangan generator kembali stabil, dan apabila tegangan output generator kurang maka sensor mengirimkan nilai ke *smart relay*, kemudian *smart relay* mengolah nilai tersebut yang akhirnya membuka kontak *smart relay* untuk mematikan beban penyeimbang supaya tegangan output

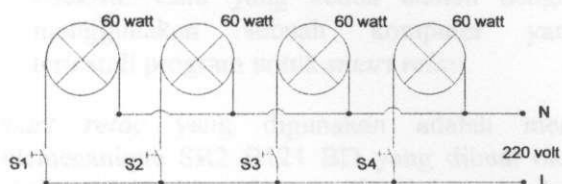
generator stabil. Gambar sensor tegangan dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Rangkaian Sensor Tegangan

Perancangan Beban Utama

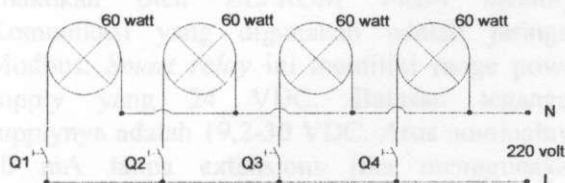
Beban utama yaitu beban yang dipakai untuk menguji alat tersebut. Beban yang dipakai yaitu lampu pijar sebesar 240 Watt. Dengan daya masing-masing lampu yaitu 60 watt sebanyak 4 buah lampu pijar. Adapaun rangkaiannya dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Beban Utama

Perancangan Beban Utama

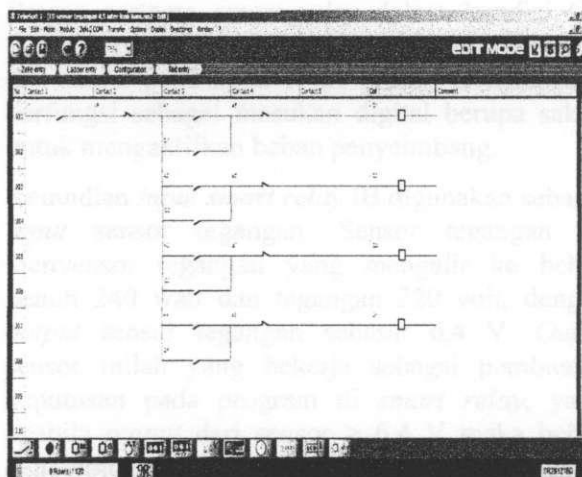
Beban penyeimbang yaitu beban yang berfungsi sebagai penyeimbang tegangan output generator. Pada beban penyeimbang ini digunakan 4 buah lampu pijar dengan daya 240 watt (gambar4). Prinsip kerja beban penyeimbang adalah jika terjadi tegangan *over*, maka sensor memerintahkan *smart relay* untuk menghidupkan beban penyeimbang tersebut sehingga tegangan generator menjadi normal kembali, dan jika terjadi tegangan *under*, maka relay akan mematikan beban penyeimbang sehingga tegangan generator menjadi stabil kembali.



Gambar 4. Beban penyeimbang

Perancangan Perangkat Lunak (Software)

Pemrograman yang dipakai pada *smart relay* ini adalah menggunakan *software* Zelio Soft 2. Bahasa pemrograman yang dipakai adalah *ladder diagram* (LD). Berikut adalah gambar perancangan *ladder diagram* yang digunakan seperti terlihat pada gambar 5.

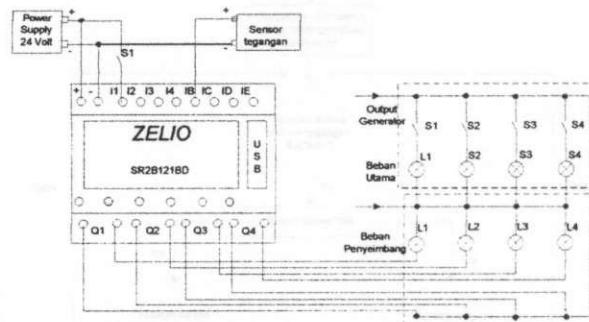


Gambar 5. Ladder Diagram

Input yang digunakan pada *smart relay* ini sebanyak satu buah dan output yang digunakan sebanyak empat buah. Berikut adalah daftar alamat input dan output yang digunakan.

Perancangan Rangkaian Kontrol

Blok rangkaian kontrol merupakan blok yang sangat penting dalam perancangan pembuatan alat ini, karena terdapat sistem pengoprasian dan cara kerjanya.



Gambar 6. Rangkaian Kontrol

Dalam blok pada gambar 6, keluaran dari sensor masuk ke input analog (IB) *zelio smart relay*, dan output pada *zelio* terhubung ke beban penyeimbang. Dan 4 buah lampu pijar yang berfungsi sebagai beban utama serta 4 buah lagi lampu pijar yang berfungsi sebagai beban penyeimbang.

Zelio Logic Smart Relay

Smart relay adalah sebuah *device* yang mampu menerima banyak i/o yang beroperasi secara digital dimana sistem *device* ini menggunakan *memory* yang dapat diprogram untuk penyimpanan secara internal instruksi – instruksi yang mengimplementasikan fungsi-fungsi spesifik seperti logika, urutan, pewaktuan, dan pencacahan untuk mengontrol mesin atau proses melalui modul-modul i/o digital maupun analog.

Smart relay memiliki beberapa kelebihan antara lain :

1. Dua tipe *smart relay* yang dapat dipilih : tipe modular dan kompak.
2. Memiliki spesifikasi yang bervariasi dan pemrograman yang tidak membutuhkan waktu yang lama serta memiliki daya kerja yang baik.
3. Pemrograman dapat menggunakan dua metode yaitu menggunakan *function block diagram (FBD)* atau *contact language (ladder)*.
4. Untuk memonitor kerja pada *smart relay* serta pemrograman secara langsung pada *smart relay* dapat menggunakan 2 cara, yaitu cara pertama adalah dengan cara langsung menggunakan tombol – tombol yang ada pada *smart relay* yang didukung juga dengan tersedianya layar LCD dengan menggunakan back-lit. Cara yang kedua adalah dengan menggunakan sebuah komputer yang terinstall program untuk *smart relay*.

Smart relay yang digunakan adalah merk Telemecanique SR2 B121 BD yang dibuat oleh pabrikan Schneider. *Smart relay* ini merupakan *Smart relay* modular yang dapat diexpand. *Software* yang digunakan untuk *Smart relay* ini adalah Zelio Soft 2. Yang menggunakan bahasa ladder diagram atau bisa juga menggunakan *function block diagram*. *Smart relay* yang digunakan dapat diexpand sesuai dengan kebutuhan. Sehingga input maupun output dapat ditambahkan pada *Smart Relay* ini. *Smart relay* ini juga memiliki layar yang dapat digunakan untuk melihat maupun mengganti program yang telah diinput ke dalam *Smart relay* ini.

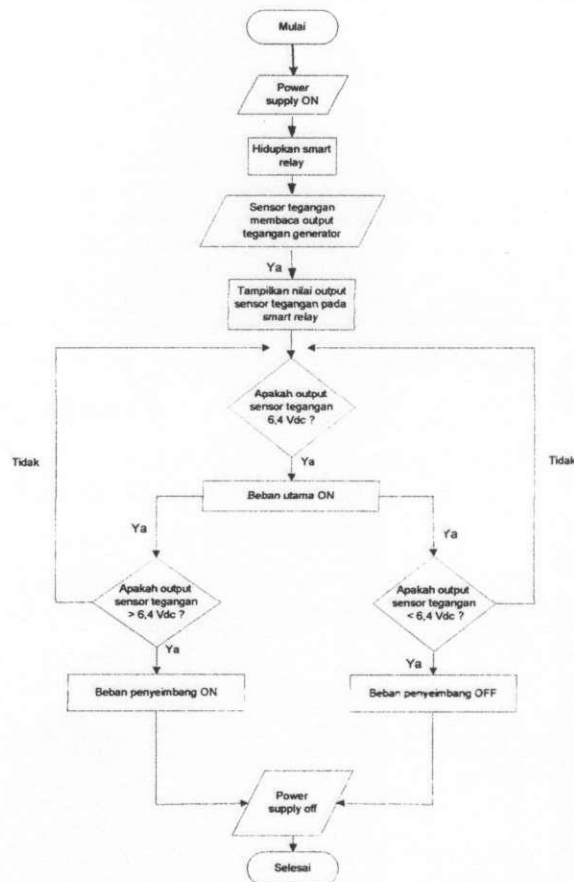
Pada layar tersebut juga terdapat *backlight* yang digunakan untuk menerangi layar tersebut untuk memudahkan pembacaan pada layar tersebut. *Smart relay* ini juga memiliki data *backup* yang dilakukan oleh EEPROM *Flash memory*. Komunikasi yang digunakan adalah jaringan Modbus. *Smart relay* ini memiliki range power supply yang 24 VDC. Batasan tegangan supplynya adalah 19,2-30 VDC. Arus nominalnya 70 mA tanpa extensions jika menggunakan extensions 180 mA.

Diagram alur kerja

Dari *flow chart* pada gambar 7 dapat dilihat bahwa proses yang dilakukan oleh program *zelio soft 2* dimulai dengan menekan saklar pada input I1 ke posisis ON kemudian proses dilakukan hingga selesai.

Proses pertama *smart relay* dalam kondisi ON dengan tegangan supply 24 Vdc dari *power supply* dan saklar pada input I1 ke posisis ON, input I1 berfungsi sebagai masukan digital berupa saklar untuk mengaktifkan beban penyeimbang.

Kemudian input *smart relay* IB digunakan sebagai input sensor tegangan. Sensor tegangan ini menyensor tegangan yang mengalir ke beban penuh 240 watt dan tegangan 220 volt, dengan output sensor tegangan sebesar 6,4 V. Output sensor inilah yang bekerja sebagai pembuatan keputusan pada program di *smart relay*, yaitu apabila output dari sensor > 6,4 V maka beban penyeimbang On dan apabila output dari sensor < 6,4 V maka beban penyeimbang akan Off. Kemudian apabila power supply dimatikan maka *smart relay* akan mati dan proses akan selesai.



Gambar 7. Diagram alur kerja

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Generator Tanpa Beban

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui tegangan keluaran, kecepatan, dan frekuensi yang dihasilkan generator tersebut pada saat kondisi tanpa beban.

Pengujian generator tanpa beban dilakukan dengan cara mengoperasikan generator tanpa

Smart relay memiliki beberapa kelebihan antara lain :

1. Dua tipe *smart relay* yang dapat dipilih : tipe modular dan kompak.
2. Memiliki spesifikasi yang bervariasi dan pemrograman yang tidak membutuhkan waktu yang lama serta memiliki daya kerja yang baik.
3. Pemrograman dapat menggunakan dua metode yaitu menggunakan *function block diagram (FBD)* atau *contact language (ladder)*.
4. Untuk memonitor kerja pada *smart relay* serta pemrograman secara langsung pada *smart relay* dapat menggunakan 2 cara, yaitu cara pertama adalah dengan cara langsung menggunakan tombol – tombol yang ada pada *smart relay* yang didukung juga dengan tersedianya layar LCD dengan menggunakan back-lit. Cara yang kedua adalah dengan menggunakan sebuah komputer yang terinstall program untuk *smart relay*.

Smart relay yang digunakan adalah merk Telemecanique SR2 B121 BD yang dibuat oleh pabrikan Schneider. *Smart relay* ini merupakan *Smart relay* modular yang dapat diexpand. *Software* yang digunakan untuk *Smart relay* ini adalah Zelio Soft 2. Yang menggunakan bahasa ladder diagram atau bisa juga menggunakan *function block diagram*. *Smart relay* yang digunakan dapat diexpand sesuai dengan kebutuhan. Sehingga input maupun output dapat ditambahkan pada *Smart Relay* ini. *Smart relay* ini juga memiliki layar yang dapat digunakan untuk melihat maupun mengganti program yang telah diinput ke dalam *Smart relay* ini.

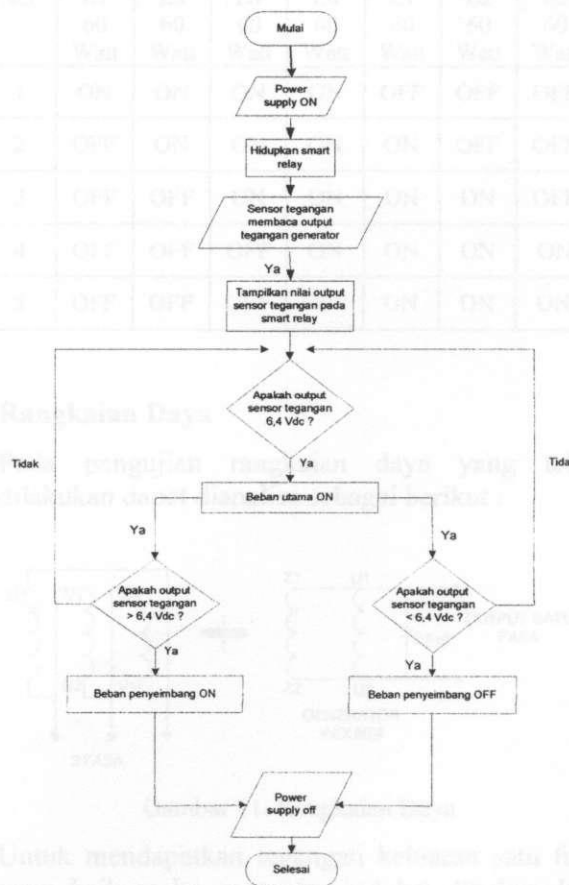
Pada layar tersebut juga terdapat *backlight* yang digunakan untuk menerangi layar tersebut untuk memudahkan pembacaan pada layar tersebut. *Smart relay* ini juga memiliki data *backup* yang dilakukan oleh EEPROM *Flash memory*. Komunikasi yang digunakan adalah jaringan Modbus. *Smart relay* ini memiliki range power supply yang 24 VDC. Batasan tegangan supplynya adalah 19,2-30 VDC. Arus nominalnya 70 mA tanpa extensions jika menggunakan extensions 180 mA.

Diagram alur kerja

Dari *flow chart* pada gambar 7 dapat dilihat bahwa proses yang dilakukan oleh program *zelio soft 2* dimulai dengan menekan saklar pada input I1 ke posisi ON kemudian proses dilakukan hingga selesai.

Proses pertama *smart relay* dalam kondisi ON dengan tegangan supply 24 Vdc dari *power supply* dan saklar pada input I1 ke posisi ON, input I1 berfungsi sebagai masukan digital berupa saklar untuk mengaktifkan beban penyeimbang.

Kemudian input *smart relay* IB digunakan sebagai input sensor tegangan. Sensor tegangan ini menyensor tegangan yang mengalir ke beban penuh 240 watt dan tegangan 220 volt, dengan output sensor tegangan sebesar 6,4 V. Output sensor inilah yang bekerja sebagai pembuatan keputusan pada program di *smart relay*, yaitu apabila output dari sensor > 6,4 V maka beban penyeimbang On dan apabila output dari sensor < 6,4 V maka beban penyeimbang akan Off. Kemudian apabila power supply dimatikan maka *smart relay* akan mati dan proses akan selesai.



Gambar 7. Diagram alur kerja

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Generator Tanpa Beban

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui tegangan keluaran, kecepatan, dan frekuensi yang dihasilkan generator tersebut pada saat kondisi tanpa beban.

Pengujian generator tanpa beban dilakukan dengan cara mengoperasikan generator tanpa

Diagram of a synchronous motor with a capacitor. The motor is labeled "Prime Mover" (M) and "Generator" (G). It is connected to a capacitor "C1" labeled "Kapasitor Penguat". The motor is connected to a three-phase supply "L1" and "N".

Tabel 1. Hasil pengujian penerator tanpa beban

Tagangan (Volt)	Arus (Ampere)	Kecepatan Putar (rpm)	Frekuensi (Hz)
220	0	1541	52

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui besarnya tegangan yang dihasilkan generator tersebut jika beban yang diberikan berubah-ubah maka tegangan dalam pengukuranpun berubah-ubah.

Diagram of a simple power system showing a Prime Mover (M) connected to a Generator (G) via a coupling. The generator is connected to a load (Beban) through a capacitor (C). The load is connected to a busbar (N). The busbar is also connected to a line (L1).

Tabel 2. Hasil pengujian penerotor berbeban

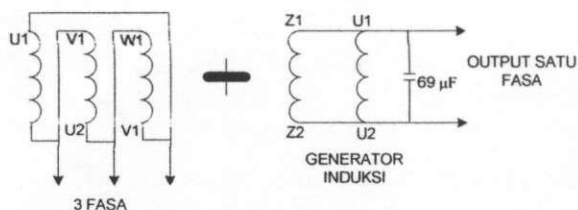
Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)	Kecepatan Putar (rpm)	Daya (Watt)	Frekuensi (Hz)
220	1	1623	240	52

Pada pengujian rangkaian kontrol yang telah dilakukan pada gambar maka dapat dianalisa pada gambar 10.

Gambar 10. Rangkaian Kontrol

NO	Beban Utama				Beban Penyeimbang			
	L1 60 Watt	L2 60 Watt	L3 60 Watt	L4 60 Watt	L1 60 Watt	L2 60 Watt	L3 60 Watt	L4 60 Watt
1	ON	ON	ON	ON	OFF	OFF	OFF	OFF
2	OFF	ON	ON	ON	ON	OFF	OFF	OFF
3	OFF	OFF	ON	ON	ON	ON	OFF	OFF
4	OFF	OFF	OFF	ON	ON	ON	ON	OFF
5	OFF	OFF	OFF	OFF	ON	ON	ON	ON

Pada pengujian rangkaian daya yang telah dilakukan dapat dianalisa sebagai berikut :



Gambar 11. Rangkaian Daya

Untuk mendapatkan tegangan keluaran satu fasa yang baik maka generator induksi dihubungkan dengan kapasitor sebesar $69 \mu\text{F}$.

5

berkurang maka sensor akan aktif sehingga memberikan input sinyal pada *zelio smart relay* dan kemudian mengaktifkan beban penyeimbang.

Tabel 4. Hasil Analisa Dari Rangkaian Daya

Motor		Generator		Beban	frek	Kec
V	I	V	I	(Watt)	(Hz)	(rpm)
152	4,2	220	1	240	52	1623
149	3,8	220	0,7	180	52	1592
146	3,55	220	0,48	120	52	1581
144	3,16	220	0,2	60	52	1559

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan pengukuran yang telah dilakukan, maka disimpulkan bahwa :

1. Beban penyeimbang akan hidup apabila tegangan sensor yang ditampilkan di LCD smart relay > 6,4 volt, dan beban penyeimbang akan mati apabila tegangan yang ditampilkan di LCD smart relay < 6,4 volt.
2. Untuk membangkitkan tegangan pada keluaran generator dibutuhkan daya reaktif sesuai dengan kebutuhan daya reaktif mesin induksi, dengan memasang kapasitor 69 μF di terminal belitan utama..

UCAPAN TERIMAKASIH

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada Lembaga Penelitian Universitas Riau yang telah membantu penulis dalam pemberian dana penelitian berbasis laboratorium, sehingga penelitian ini dapat kami laksanakan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

Motor induksi *split phase* sebagai generator. 2008.<http://journal.uji.ac.id/index.php/tekoni/article.html>.

Produk *Datasheet Characteristics SR2121BD compact smart relay Zelio Logic-12 I/O-24 VDC-clock-display*.

<http://datasheet.octopart.com/SR2B121BD-Telemecanique-datasheet-34393.html>.

Wasimum Surya Saputra." Analisis Karakteristik Motor Induksi Sebagai Generator". <http://file.upi.edu/Direktori/FPTK/JUR-PEND-TEKNIK-ELEKTRO/197008081997021-html>.

Zuhal dan Zhanggischan. 2004. "*Prinsip Dasar Elektronik*." . PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.