

ISSN : 2088 – 0804
Vol. 3 No. 1 Maret 2013

Berkala Teknik

Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Palembang

Berkala Teknik

Volume 3, Nomor 1, Maret 2013

Penanggung Jawab : Ir. H. Zainul Bahri, MT
Pemimpin Umum : Ir. Cekmas Cekdin, MT
Pemimpin Redaksi : Atikah, ST, MT

Anggota Mitra Bestari

Dr. Ir. HM. Faizal, DEA (T. Kimia UNSRI)
Dr. Ir. Kgs. Ahmad Roni, MT (T. Kimia UMP)
Ir. Zulkifli Saleh, M.Eng (T. Elektro UMP)
Bhakti Yudho Suprpto, ST, MT (T. Elektro UNSRI)
Ir. Zuber Angkasa, MT (T. Arsitektur UMP)

Redaksi Pelaksana : Sofiah, ST, MT
Ir. Hj. Marhaini, MT
Ir. H. Jonizar, MT
Ir. H. Matsuri Ayat, Msi
Asmar Ihsan, ST

Alamat Redaksi : Sekretariat Berkala Teknik
Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah

Palembang

Jl. Jenderal A. Yani 13 Ulu Palembang 30263
Telp. (0711) 510820, Fax (0711) 519408
Email : berkalateknik@yahoo.co.id

Berkala Teknik diterbitkan 2 (dua) kali setahun pada bulan Maret dan September. Redaksi menerima artikel dalam bidang teknik berupa hasil penelitian, studi kepustakaan maupun hasil tulisan ilmiah terkait.

Berkala Teknik



Diterbitkan oleh
Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang

PENGANTAR REDAKSI

Assalamu'alaikum wr. wb.

Dengan mengucap puji syukur kepada Allah SWT, Berkala Teknik Vol. 3 No. 1 edisi Maret 2013 Universitas Muhammadiyah Palembang telah terbit. Edisi ini memuat 6 artikel yang terdiri dari bidang ilmu Teknik Kimia, Teknik Elektro dan Arsitektur.

Segenap redaksi mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah ikut berperan aktif dalam penerbitan Berkala Teknik ini. Mudah-mudahan tulisan yang dimuat pada edisi ini bermanfaat untuk kita semua dan dapat mengembangkan ilmu di bidang teknologi. Tidak lupa kritik dan saran demi kesempurnaan Berkala Teknik selalu kami nantikan dengan tangan terbuka.

Billahitaufikwalhidayah.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Redaksi

Daftar Isi

PENGARUH KENYAMANAN TERMAL TERHADAP KEARIFAN LOKAL DALAM PERANCANGAN RUMAH TINGGAL TROPIS PADA LAHAN RAWA DI KOTA PALEMBANG	433 – 449
<i>Abd. Rachman ZA, Dhita Wahyu Angraeni</i>	
PERANCANGAN ALAT PENYIRAM TANAMAN OTOMATIS DENGAN SENSOR CAHAYA DAN SENSOR RESISTENSI TANAH	450 - 462
<i>Abdul Majid, Sofiah</i>	
APLIKASI <i>AUTO VOLTAGE REGULATOR</i> PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA PIKO HIDRO	463 – 474
<i>Erliza Yuniarti</i>	
EKSTRAKSI MINYAK BIJI KEPAYANG DENGAN PELARUT N-HEKSANA	475 – 483
<i>Yuliani</i>	
ADSORPSI LARUTAN KROMIUM DALAM KOLOM ISIAN ZEOLIT AKTIF (<i>KAJIAN PENGARUH LAJU ALIR DAN WAKTU</i>)	484 - 496
<i>Ani Melani</i>	
PENURUNAN KADAR Fe PADA LIMBAH CAIR INDUSTRI TENUN SONGKET DENGAN PROSES ELEKTROKOAGULASI	497 - 507
<i>Atikah</i>	

APLIKASI *AUTO VOLTAGE REGULATOR* PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA PIKO HIDRO

Erliza Yuniarti

Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Palembang
erlizay@yahoo.com

Abstrak

Salah satu kendala keberlangsungan sistem pembangkit listrik tenaga piko hidro di Indonesia adalah ketidakstabilan tegangan yang disebabkan sulitnya mempertahankan debit air yang konstan sehingga terjadi *drop* tegangan pada jaringan distribusi yang ada. Aplikasi *Auto Voltage Regulator (AVR)* mampu meningkatkan tegangan *output* untuk mengatasi *drop* tegangan yang terjadi pada pembebanan resistif maupun induktif. Pada pengujian dan pengukuran berbeban resistif menggunakan lampu pijar, *drop* tegangan maksimum sebesar 52,36 % pada tegangan sumber 160 volt, 49,91 % pada tegangan sumber 185 volt, dan 37% pada tegangan 220 volt, berbanding lurus terhadap penambahan beban. Pengujian berbeban induktif 500 watt dengan menggunakan bor listrik *drop* tegangan maksimum adalah 20,45% pada tegangan sumber 185 volt, dan 1,36% pada tegangan 220 volt.

Kata kunci : auto voltage regulator, pembebanan resistif, pembebanan induktif, PLTMH

PENDAHULUAN

Pembangkit listrik tenaga piko hidro merupakan pembangkit listrik tenaga air berskala kecil yang dapat menjadi salah satu solusi konservasi energi dan konservasi lingkungan. Relatif kecilnya energi listrik yang di hasilkan oleh pembangkit jenis ini berimplikasi pada relatif sederhananya peralatan serta terbatasnya areal tanah yang diperlukan guna instalasi dan pengoperasian pembangkit. Kegiatan pembangunan pembangkit skala piko dan mikro hidro berusaha memberikan kontribusi dalam usahaelistrikan desa dengan menggunakannya sumber energi terbarukan yang tersedia, disesuaikan dengan kebutuhan masyarakat setempat. Pembangkit berskala piko dan mikro hidro menawarkan pemecahan bagi desa-desa yang jauh dari jangkauan listrik PLN untuk mendapatkan sumber energi yang handal dan terjangkau.

Di Dusun Talang Lintang Desa Sebidang Alas Kecamatan Joko Kota Pagaralam Sumatera Selatan saat ini yang telah teraliri listrik dari pembangkit listrik piko hidro dengan kapasitas 5 kVA menggunakan penggerak mekanik berupa turbin *crossflow* dan generator sinkron. Pembangkit berada di hulu sungai kecil yang berjarak lebih kurang 600 m dari pemukiman penduduk (Yuniarti, 2012). Lokasi pembangkit yang terketak di lembah dengan letak topografi yang berbukit yang terjal dan melewati kebun kopi dan hutan bambu cukup menyulitkan sehingga suplai energi listrik membutuhkan tiang-tiang jaringan distribusi yang cukup banyak untuk sampai ke rumah penduduk. Jaringan distribusi yang cukup jauh dan

rentan terhadap cuaca, mengakibatkan turunnya tegangan atau dikenal dengan istilah *drop* tegangan (Subagyo, 2013).

Drop tegangan dapat mempengaruhi kualitas energi listrik dan dapat memperpendek umur peralatan listrik sehingga *drop* tegangan ini perlu dikoreksi dengan menaikkan tegangan kembali dengan menggunakan *Auto Voltage Regulator (AVR)* sehingga didapatkan tegangan nominal ke konsumen yaitu 220 volt sesuai dengan peralatan penduduk yang dipergunakan.

TINJAUAN PUSTAKA

Transformator

Transformator merupakan mesin listrik statis yang bekerja berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik, mengkonversikan dan mengubah energi listrik dari suatu rangkaian listrik lainnya dengan frekuensi yang sama besar melalui suatu gandengan magnet (Eister, 2010). Transformator banyak digunakan secara luas, baik dalam sistem tenaga listrik maupun elektronika untuk kebutuhan sumber aliran listrik industri dan juga peralatan rumah tangga. Penggunaannya dalam sistem tenaga listrik memungkinkan dipilihnya tenaga yang sesuai dan otomatis untuk tiap-tiap keperluan, misalnya keperluan akan tegangan tinggi dalam pengiriman daya listrik jarak jauh.

Di bidang elektronika, transformator digunakan antara lain sebagai gandengan impedansi antara sumber dan beban untuk memisahkan suatu rangkaian dari rangkaian yang lain, untuk menghambat arus searah sambil tetap melakukan arus bolak-balik antara rangkaian. Transformator terdiri dari 2 bagian yaitu lilitan dan inti besi (Zuhal, 1993 ; Zuhal, 1980). Lilitan tersebut terbagi 2 bagian yaitu lilitan pertama (primer) yang bertindak sebagai *input*, lilitan kedua (sekunder) yang bertindak sebagai *output*.

Prinsip Kerja Transformator

Transformator merupakan suatu alat listrik yang dapat mengubah dan menyalurkan energi listrik dari satu atau lebih rangkaian listrik ke rangkaian yang lain melalui suatu gandengan magnet dan berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik (Eister, 2010 ; Zuhal, 1980). Transformator digunakan secara luas baik dalam bidang tenaga listrik maupun elektronika. Penggunaan transformator dalam sistem tenaga memungkinkan terpilihnya tegangan yang sesuai dan ekonomis untuk tiap-tiap keperluan misalnya, kebutuhan akan tegangan tinggi dalam pengiriman daya jarak jauh.

Transformator terdiri atas dua buah kumparan (primer dan sekunder) yang bersifat induktif. Kedua kumparan ini terpisah secara elektrik namun berhubungan secara magnetis melalui jalur yang memiliki reluktansi (*reluctance*) rendah. Apabila kumparan primer dihubungkan dengan sumber tegangan bolak-balik maka fluks bolak-balik akan muncul di dalam inti yang dilaminasi, karena kumparan tersebut membentuk jaringan tertutup maka mengalirlah arus primer (Zuhal, 1993).

Akibat adanya fluks di kumparan primer maka di kumparan primer terjadi induksi sendiri (*self induction*) dan terjadi pula induksi di kumparan sekunder karena pengaruh induksi dari kumparan primer atau disebut sebagai induksi bersama (*mutual induction*) yang menyebabkan timbulnya fluks magnet di kumparan sekunder (Eister, 2010 ; Zuhal, 1993 ;

Zuhal, 1980), maka mengalirlah arus sekunder jika rangkaian sekunder di bebani, sehingga energi listrik dapat ditransfer keseluruhan (secara magnetisasi).

$$e = -N \frac{d\phi}{dt} \tag{1}$$

Dengan

e = gaya gerak listrik (ggl)

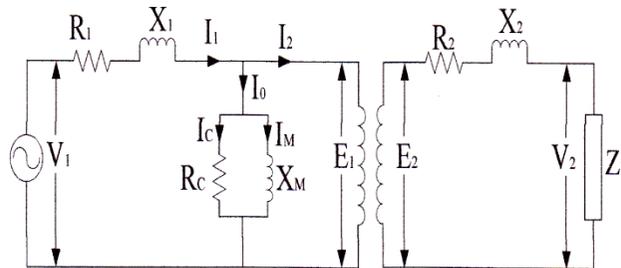
N = jumlah lilitan

$\frac{d\phi}{dt}$ = perubahan fluks magnet

Konstruksi transformator terdiri atas bagian-bagian inti (*core*) yang dilaminasi, dua buah kumparan, kumparan primer dan sekunder, tangki, sistem pendingin, terminal dan *bushing*.

Rangkaian Ekuivalen Transformator

Tidak semua fluks (ϕ) yang dihasilkan oleh arus pemagnetan I_M merupakan fluks bersama (ϕ_M), sebagian darinya hanya mencakup kumparan primer (ϕ_1) atau kumparan primer saja (ϕ_2). Rangkaian ekuivalen digunakan untuk menganalisis kerja suatu transformator, adanya fluks bocor ϕ_1 dan ϕ_2 yang dinyatakan sebagai reaktansi X_1 dan X_2 . Sedangkan untuk rugi tahanan dinyatakan dengan R_1 dan R_2 (Zuhal, 1993 ; Zuhal, 1980)



Gambar 1. Rangkaian ekuivalen transformator (Zuhal, 1993)

$$V_1 = I_1 R_1 + I_1 X_1 + E_1 \tag{2}$$

$$E_1 = a E_2 \tag{3}$$

$$E_2 = I_2 R_2 + I_2 X_2 + V_2 \tag{4}$$

$$I_2 = a I_1' \tag{5}$$

Dengan

V_1 : Tegangan primer

E_1 : Tegangan efektif primer

X_1 : Reaktansi primer

I_1 : Arus primer

I_2 : arus murni sekunder

V_2 : Tegangan sekunder

E_2 : Tegangan efektif sekunder

X_2 : Reaktansi sekunder

I_2 : Arus sekunder

a : perbandingan transformasi

Rugi-Rugi Transformator

Transformator di dalamnya tidak terdapat bagian-bagian yang bergerak atau berputar dari suatu transformator maka transformator tidak memiliki rugi-rugi gesekan (Eister, 2010). Akibatnya sebagian besar transformator memiliki efisiensi yang sangat tinggi yang berkisar diatas 90%. Meskipun demikian, terdapat juga rugi-rugi yang muncul pada transformator yang secara umum dapat dikelompokkan menjadi dua :

1. Rugi-rugi tembaga

Rugi-rugi tembaga terjadi karena resistansi dalam belitan. Rugi-rugi ini akan berbanding lurus dengan besarnya beban sehingga meningkatkan arus beban akan meningkatkan rugi-rugi tembaga karena di rumuskan oleh persamaan I^2R (Eister, 2010)

2. Rugi-rugi besi

Rugi-rugi besi terdiri dari atas rugi histerisis dan rugi arus Eddy. Besarnya rugi-rugi histerisis bergantung pada jenis besi yang digunakan untuk inti transformator, dengan demikian dalam praktiknya pemilihan bahan inti harus dipertimbangkan dengan baik untuk menghindari rugi-rugi histerisis yang terlalu besar. Seperti telah disebutkan sebelumnya transformator hanya bekerja untuk suplai tegangan bolak-balik. Arus yang digunakan untuk membangkitkan fluks inti akan berubah terus menerus dari nilai positif ke nilai negatif (Eister, 2010). Setiap saat terjadi pembalikan arus akan terjadi pula pembalikan fluks magnetik. Akibat dari terjadinya fluks yang dibangkitkan dan kemudian runtuh secara berulang-ulang didalam inti transformator inilah yang akan menimbulkan rugi-rugi histerisis.

Arus Eddy merupakan arus yang bersikulasi didalam inti transformator yang diakibatkan oleh terjadinya perubahan fluks magnetik. Arus Eddy ini dikurangi dengan jalan membuat inti dari lembaran besi yang terlaminsi dimana masing-masing laminasi ini diisolasi satu sama lainnya. Rugi-rugi besi merupakan rugi-rugi yang sifatnya konstan dan tidak bergantung pada besar kecilnya beban.

Efisiensi Transformator

Efisiensi transformator adalah perbandingan antara keluaran daya yang berguna dan masukan daya total. Karena masukan transformator sama dengan keluaran daya berguna ditambah kerugiannya (Zuhal, 1993 ; Zuhal, 1980), maka persamaan efisiensi dapat ditulis dalam bentuk sebagai berikut;

$$\eta = \frac{\text{daya keluar}}{\text{daya masuk}} = \frac{\text{daya keluar}}{\text{daya keluar} + \sum \text{rugi}} = 1 - \frac{\sum \text{rugi}}{\text{daya masuk}} \quad (6)$$

Dengan

$$\sum \text{rugi} = P_{cu} + P_i \quad (7)$$

Berdasarkan persamaan diatas terlihat bahwa efisiensi transformator dapat ditentukan untuk setiap beban dengan pengukuran langsung daya masuk nya dan daya keluaranya.

Pengaturan Tegangan Transformator

Pengaturan tegangan suatu transformator adalah perubahan tegangan sekunder antara beban nol dan beban penuh pada suatu faktor kerja tertentu (Zuhal, 1993 ; Zuhal, 1980), dengan tegangan primer konstan.

$$\text{Pengaturan} = \frac{V_2 \text{ tanpa beban} - V_2 \text{ beban penuh}}{V_2 \text{ beban penuh}} \quad (8)$$

Berdasarkan model rangkaian yang telah ada (dalam hal ini harga sekunder ditransformasikan ke harga primer).

$$\text{Pengaturan} = \frac{a V_2 \text{ tanpa beban} - V_2 \text{ beban penuh}}{a V_2 \text{ beban penuh}} \quad (9)$$

Dengan demikian,

$$a V_2 \text{ tanpa beban} = V_1 \quad (10)$$

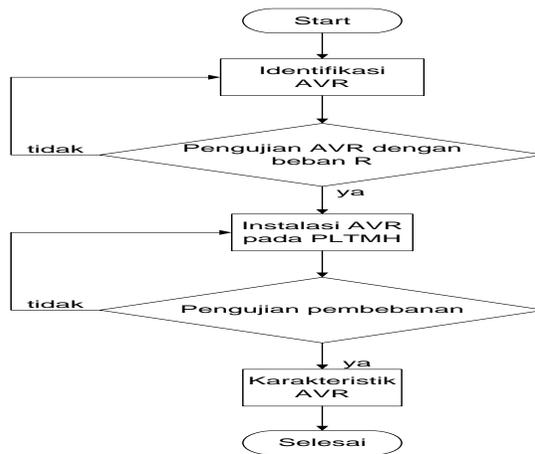
$a V_2$ beban penuh = harga tegangan nominal (dalam hal ini tegangan nominal primer).

$$\text{Pengaturan} = \frac{V_1 - a V_2 (\text{nominal})}{a V_2 (\text{nominal})} \quad (11)$$

Autotransformator

Autotransformator merupakan transformator yang memiliki belitan primer dan sekunder terpisah dikenal dengan nama transformator dua belitan (Zuhal, 1993 ; Zuhal, 1980). Meskipun demikian dimungkinkan untuk mengkonstruksikan sebuah transformator yang hanya memiliki satu buah belitan saja sebagai belitan bersama untuk rangkaian primer dan sekunder.

Sebuah autotransformator akan bernilai ekonomi lebih murah dan secara fisik lebih ringan dibandingkan sebuah transformator dua belitan oleh karena lebih sedikit tembaga dan besi yang digunakan dalam konstruksinya (Eister, 2010 ; Zuhal, 1993 ; Zuhal, 1980). Pada autotransformator ini belitan primer sekundernya tidak terpisah secara elektrik sehingga hubungan singkat yang terjadi pada sisi atau belitan akan mengakibatkan munculnya tegangan primer disisi sekunder transformator. Atas dasar alasan ini, penggunaan auto transformator seringkali ditemukan untuk aplikasi dimana beda tegangan sisi primer dan sekunder tidaklah terlalu tinggi.



Gambar 2. Diagram alir penelitian

METODELOGI PENELITIAN

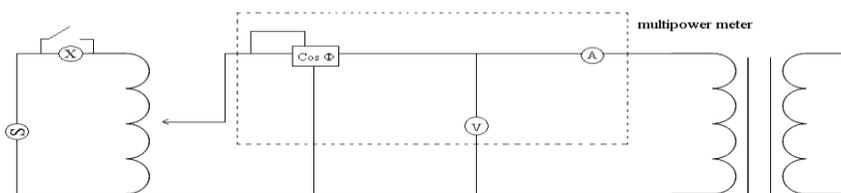
Flowchart Aplikasi Auto Voltage Regulator

Flowchart penggunaan Auto Voltage Regulator (AVR) sebagai penstabil tegangan terlihat pada Gambar 2. Berdasarkan diagram alir pengujian langsung dilakukan dilapangan, namun proses identifikasi dilakukan terlebih dahulu dilakukan sesuai kebutuhan pengujian.

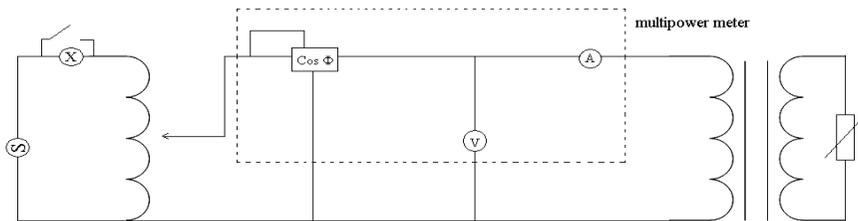
Pengujian Auto Voltage Regulator

Setelah identifikasi awal AVR dipasangkan dilapangan untuk pengujian dengan beban sesungguhnya. Metode pengujian dilakukan dengan pengujian dengan dan tanpa beban menggunakan pembebanan resistif dan induktif secara bervariasi. Pembebanan resistif berupa lampu pijar dan bor listrik sebagai beban induktif. Pengujian dilakukan dengan variasi beban untuk mendapatkan karakteristik awal AVR yang akan dipergunakan dilapangan.

Blok diagram pengujian tanpa beban (beban nol) dan berbeban dapat dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 4 berikut.



Gambar 3. Rangkaian percobaan beban nol (Zuhal, 1980)



Gambar 4. Rangkaian percobaan berbeban (Zuhal, 1980)

Pengumpulan dan Pengolahan Data

Dalam penelitian ini, proses pengumpulan data primer yang meliputi pengukuran langsung di lapangan dan uji coba. Pengukuran langsung di lapangan meliputi pengujian AVR tanpa beban dan berbeban.

Analisis terhadap data primer, yang telah diperoleh meliputi :

1. Analisis kualitas AVR

Kualitas dari AVR merupakan salah satu yang harus diperhatikan. Mengingat Listrik merupakan kebutuhan penduduk di Talang Lintang Pagaram, sehingga apabila AVR ini terjadi kerusakan dikawatirkan akan membuat masyarakat terganggu aktivitasnya sehari-hari. Analisis ini diperlukan untuk memprediksi lingkup pengelolaan sistem sehingga dapat menjamin kesinambungan penyediaan daya listrik.

2. Pengolahan data pengujian AVR

Pengolahan data dilakukan setelah tahapan pengumpulan data. Data hasil pengujian AVR berupa pengujian AVR tanpa beban dan pengujian berbeban.

3. Error

Error hasil pengukuran dinyatakan dalam bentuk persen, dihitung dengan besarnya harga mutlak selisih pengukuran tegangan primer dan sekunder di AVR, di dalam bentuk persamaan dapat di tulis,

$$\% \text{ Error} = \left| \frac{V_p - V_s}{V_p} \right| \times 100 \% \quad (12)$$

Data Sistem

Turbin

Turbin yang dipergunakan pada penelitian adalah turbin *crossflow* dirancang berdasarkan studi potensi yang telah dilakukan. Survey dilakukan di Dusun Talang Lintang Desa Semidang Alas Kecamatan Dempo Tengah Pagaram. Berdasarkan hasil survey potensi dari air terjun setinggi 11,5 m didapatkan *head* efektif sebesar 10 m sehingga daya yang dapat dibangkit sebesar 7 kW (Yuniarti, 2012).

Turbin *crossflow* memiliki efisiensi 75% sehingga mendapatkan daya *output* turbin *crossflow* sebesar 5 kW. Putaran turbin *crossflow* dari rancangan dan perhitungan terdahulu 578,53

rpm didapat dengan cara menentukan diameter *runner* turbin 0,22 m dari tinggian jatuh air 10 m, putaran spesifik 87 (Yuniarti, 2012). Data teknis lainnya adalah sebagai berikut :

Lebar sungai	: 220 cm
Luas penampang	: 0,022 m ²
<i>Head bruto</i>	: 11,5 m
<i>Head netto</i>	: 10 m
Debit air	: 0,072 m ³ /detik

Generator

Generator yang dipergunakan pada penelitian adalah generator sinkron dengan *self excitation* atau dengan penguat sendiri. Spesifikasi teknis dari generator adalah sebagai berikut :

Kapasitas (<i>rating power</i>)	: 5 kVA
Tipe	: sinkron
Jumlah kutub	: 4 (<i>brussless</i>)
Kecepatan putar (<i>speed</i>)	: 1500 rpm
Tegangan keluaran	: 380/220 volt
<i>Cos θ</i>	: 0,8
Frekuensi	: 50 Hz

Auto Voltage Regulator

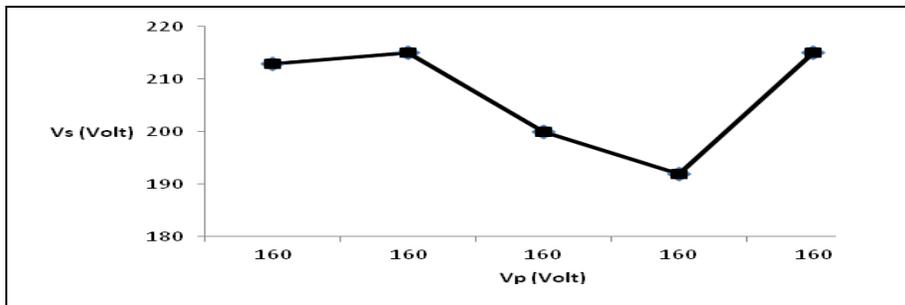
Auto voltage regulator dipergunakan adalah jenis *autotransformer* atau pengendali otomatis dimana *seting* tegangan output diharapkan konstan pada nilai output yang telah ditentukan dan AVR dapat bekerja pada input tegangan yang bervariasi. Spesifikasi teknis AVR yang dipergunakan pada penelitian untuk mengatasi *drop* tegangan pada PLTMH Talang Lintang adalah sebagai berikut :

Tegangan input	: 160 volt – 260 volt
Tegangan output	: 220 volt
Merk	: Takeda
Daya	: 5 kVA
Faktor daya	: 0,8
Frekuensi	: 50 Hz

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian AVR Tanpa Beban

Pengujian tanpa beban dilakukan sebagai pengujian awal untuk mendapatkan karakteristik AVR saat tak berbeban, dan akan menjadi acuan pada pengujian selanjutnya yaitu pengujian berbeban; resistif dan induktif. Pengujian dilakukan dilokasi pembangkit dengan *setting* tegangan output generator konstan 160 volt. Gambar 5 berikut merupakan grafik hasil pengujian dengan tegangan *input* dan *output* dari AVR (dari sisi primer ke sekunder) tanpa beban dari sumber energi listrik PLTMh Talang Lintang.



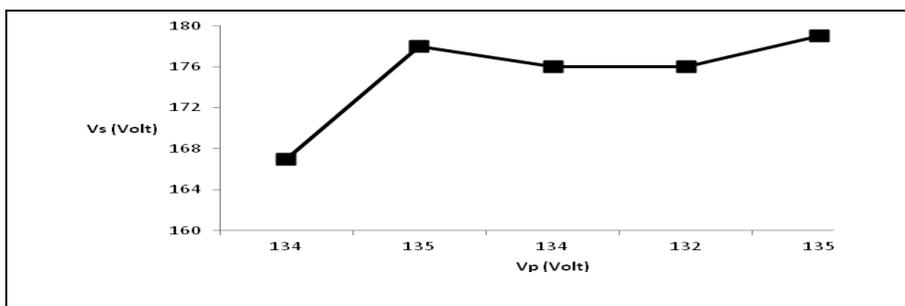
Gambar 5. Grafik tegangan AVR tanpa beban

Data primer dari pengujian dilapangan, berdasarkan data pengukuran terlihat output AVR tidak konstan dengan range terbesar yaitu 23 volt. Hal ini memungkinkan terjadi karena saat pengukuran dan pengujian dilokasi dalam kondisi hujan sehingga debit air di hulu dan aliran menuju turbin tidak konstan.

Persen *error* terbesar pada pengukuran ke 2 sebesar 34,38% dari tegangan nominal yang diatur (*setting*) pada PLTMH yaitu 160 volt sedangkan % *error* terkecil pada pengukuran ke 4 sebesar 20%.

Pengujian AVR Berbeban Resistif

Pengujian dilakukan dengan *setting* tegangan pembangkit menuju AVR sebesar 160 volt, AVR di hubungkan beban resistif 100 watt pada pengujian digunakan lampu pijar, sebagai asumsi lampu pijar merupakan beban konsumen. Gambar 6 berikut adalah tegangan *input* dan *output* AVR setelah dibebani, sebagai data primer hasil pengujian.



Gambar 6. Grafik tegangan AVR dengan beban resistif 100 watt

Setelah dibebani tegangan sumber mengalami penurunan berkisar 132-135 volt, penurunan juga terjadi pada tegangan *output* AVR, menjadi 167-179 volt. Persen *error* terbesar pada pengukuran ke 4 sebesar 33,33% dengan tegangan nominal asumsi yang dibutuhkan konsumen PLTMH yaitu 160 volt. Persen *error* terkecil pada pengukuran ke 1 sebesar 24,63%.

Perbandingan Pembebanan Resistif Bervariasi

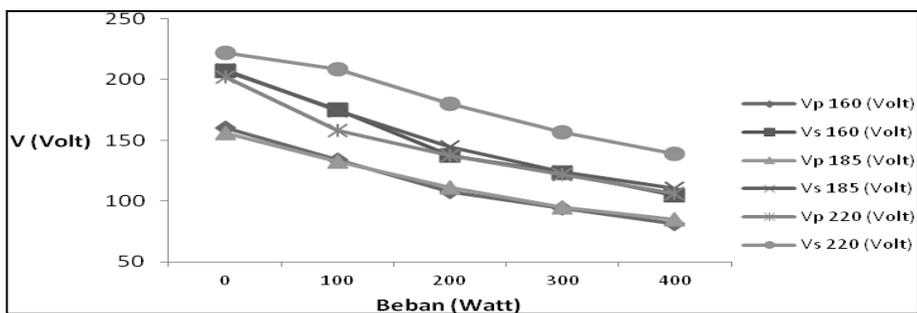
Pengujian dan pengukuran perbandingan pembebanan resistif ini menggunakan 3 variasi pembebanan resistif 200, 300, 400 watt dan 3 variasi setting tegangan pembangkit yaitu 160, 185 dan 220 volt dengan prosedur pengujian yang sama.

Hasil perbandingan untuk beban resistif dapat dilihat pada Tabel 1 dan Gambar 7. Berdasarkan data-data tersebut didapat bahwa tegangan primer ketiganya cenderung turun hingga mencapai 81,2 volt pada *setting* 160 volt, 84,6 pada *setting* 185 volt dan 106 volt pada *setting* 220 volt. Dengan kata lain kenaikan beban mengakibatkan turunnya tegangan.

Hal yang sama terjadi pada sisi sekunder AVR tegangan juga cenderung turun sebanding dengan kenaikan beban. Penurunan tegangan pada saat penambahan beban ini terjadi karena berkurangnya putaran generator yang mengakibatkan turunnya juga tegangan sisi primer dan sekunder AVR, dengan asumsi debit air konstan.

Tabel 1. Perbandingan tegangan pada beban resistif dengan tegangan *setting* yang berbeda

Beban R (watt)	V = 160 volt		V = 185 volt		V = 220 volt	
	V _p (volt)	V _s (volt)	V _p (volt)	V _s (volt)	V _p (volt)	V _s (volt)
0	160	207	155,8	208	201,8	221,8
100	134	175,2	132,2	174,4	158	208,4
200	107,6	137,8	111	144,6	137,6	180,4
300	94,4	123	95	124	122	156,4
400	81,2	104,8	84,6	110,2	106	138,6



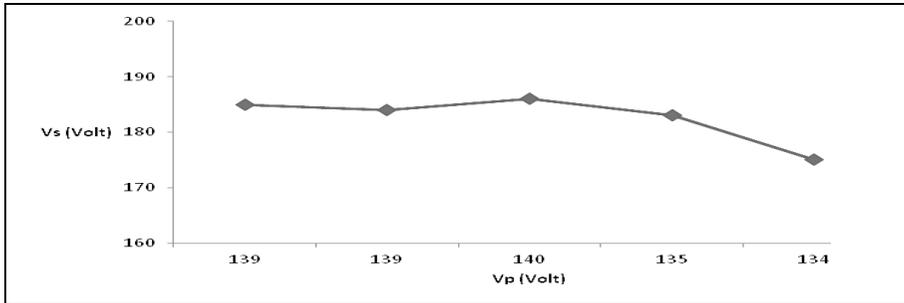
Gambar 7. Perbandingan pengujian resistif dengan tegangan *setting* yang berbeda

Besarnya % error yang terjadi pada pengujian resistif dengan *setting* tegangan dari pembangkit yang berbeda-beda. Besarnya % error sebagai perbandingan tegangan disisi primer dan sekunder AVR setelah dibebani bervariasi dengan kisaran 9-33,5% sehingga AVR bekerja dengan cukup baik bila diambil toleransi asumsi lebih kurang 30 %.

Pengujian Beban Induktif 500 Watt, 185 Volt

Pengujian AVR menggunakan beban induktif pada aplikasinya menggunakan sebuah bor listrik berdaya 500 watt dengan merk dagang Makita. Pengukuran dilakukan dengan asumsi

awal tegangan tanpa beban 185 volt, sedangkan data pengukuran setelah dibebani dapat dilihat pada Gambar 8. Hasil pengukuran dan pengujian menunjukkan adanya penurunan tegangan pada sisi primer, dari 5 kali pengukuran terjadinya penurunan hingga 55 volt.

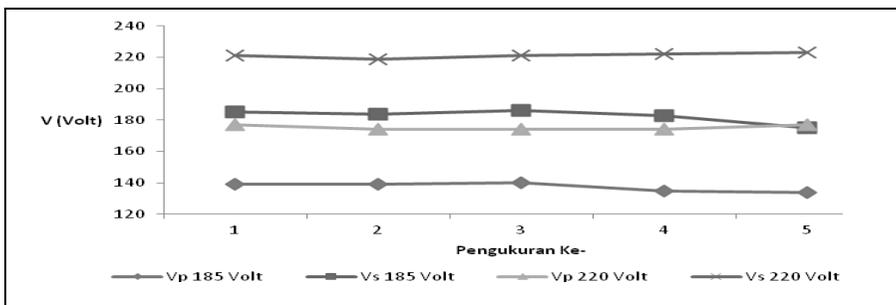


Gambar 8. Pengujian AVR dengan tegangan 185 volt berbeban induktif

Perbandingan besarnya % error dari 2 kali pengujian yaitu tegangan 185 volt dan 220 volt, berdasarkan pengujian, tegangan peralatan yang dipergunakan oleh konsumen disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan tegangan input, output dan % error AVR dengan beban induktif

No	V = 185 volt			V = 220 volt		
	V _p (volt)	V _s (volt)	% Error	V _p (volt)	V _s (volt)	% Error
1	139	185	33,09	177	221	24,86
2	139	184	32,37	174	219	25,86
3	140	186	32,86	174	221	27,01
4	135	183	35,56	174	222	27,59
5	134	175	30,60	177	223	25,99



Gambar 9. Grafik perbandingan tegangan AVR 185 volt dan 220 volt dengan beban induktif 500 watt

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan kajian sebelumnya dapat disimpulkan bahwa aplikasi AVR dapat meningkatkan tegangan *output* untuk mengatasi *drop* tegangan yang terjadi pada pembebanan resistif maupun induktif di PLTMH. Pada pengujian berbeban resistif *drop* tegangan maksimum sebesar 52,36 % pada tegangan sumber 160 volt, 49,91 % pada tegangan sumber 185 volt dan 37% pada tegangan 220 volt. Pada pengujian berbeban induktif 500 watt, *drop* tegangan maksimum adalah 20,45 % pada tegangan sumber 185 volt dan 1,36 % pada tegangan 220 volt.

SARAN

Peneliti menyarankan dilakukan studi lanjut dengan beban bervariasi antara beban resistif dan induktif, untuk mempelajari lebih jauh karakteristik AVR dan memanfaatkan *Electronic Load Control (ELC)* sebagai beban penyeimbang agar memenuhi beban maksimum sesuai *rating AVR*.

DAFTAR PUSTAKA

- Eister. 2010. *Instalasi Listrik. Jilid 1*. Penerbit Erlangga. Jakarta.
- Eister. 2010. *Instalasi Listrik. Jilid 2*. Penerbit Erlangga. Jakarta.
- Subagyo, H., Sulaeman. 2013. *Materi Pembekalan Uji Keahlian Bidang Teknik Tenaga Listrik*. Asosiasi Profesionalis Elektrikal Indonesia.
- Yuniarti, E..2012. *Rancangan Parameter Turbin Crossflow-Generator Sinkron pada PLTMH Talang Lintang*. Jurnal Berkala Teknik. Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang. ISSN:2088-0804, pp 286-298.
- Zuhal. 1993. *Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya*. Penerbit PT. Gramedia Pustaka Umum. Jakarta.
- Zuhal. 1980. *Dasar Tenaga Listrik*. Penerbit Institut Teknologi Bandung. Bandung.