

# SISTEM PENGATURAN LAJU ALIRAN AIR PADA PLANT WATER TREATMENT DENGAN KONTROL FUZZY-PID

M. Riski Ekocahya F.  
ivan.mref@gmail.com

Jurusan Elektro Universitas Jember

Bambang Sri Kaloko  
bambangsrikaloko@yahoo.com

Jurusan Elektro Universitas Jember

Dedy Kurnia Setiawan  
Dedy.kurnia@unej.ac.id

Jurusan Elektro Universitas Jember

## Abstrak

Pada umumnya, pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro menggunakan Electronic Load Control (ELC) atau yang biasa disebut dengan dummy loads yang berfungsi sebagai beban komplemen yang dapat membuat nilai penggunaan beban selalu konstan. Hal ini bertujuan untuk membuat penggunaan beban sebanding dengan daya pembangkitan generator untuk menjaga kecepatan putaran rotor supaya tetap stabil pada nilai 1500 rpm dan frekuensi stabil pada nilai 50 Hz. Penggunaan ELC memiliki kekurangan yakni terdapat daya dan volume air yang terbuang pada sistem dummy loads. Dari kekurangan tersebut, maka diperlukan metode kontrol untuk membuat penggunaan daya menjadi lebih efisien. Pada penelitian ini akan merancang sistem PLTMH yang disimulasikan dengan kontrol yang dapat mengatur katup untuk keluaran debit air untuk putaran turbin dan generator yang disesuaikan dengan daya beban pemakaian. Pada penelitian sebelumnya, pengaturan katup aliran debit air menggunakan kontrol berbasis PID sedangkan pada penelitian ini menggunakan kontrol berbasis fuzzy logic control. Sehingga kedua kontrol akan dibandingkan untuk mengetahui respon kontrol dalam menstabilkan nilai frekuensi dan nilai tegangan serta untuk mengetahui apakah kecepatan rotor dan frekuensi akan kembali stabil saat terjadi kenaikan beban atau penurunan nilai beban pemakaian. Hasil penelitian ini, dapat diketahui bahwa kontrol PID dan kontrol Fuzzy mampu menstabilkan nilai frekuensi dan tegangan. Namun terdapat perbedaan pada respon waktu untuk mencapai nilai stabil. Ketika terjadi perubahan beban, kontrol PID memerlukan waktu sekitar 100 sekon untuk mencapai frekuensi 50 Hz artinya, kecepatan rotor akan stabil pada nilai 1500 rpm saat mencapai waktu sekitar 100 sekon dan tegangan yang dihasilkan masih memiliki nilai drop untuk stabil pada 220 volt sedangkan kontrol fuzzy mampu menstabilkan frekuensi 50 Hz atau mencapai kecepatan rotor 1500 rpm hanya dalam waktu sekitar 20 sekon. Kemudian tegangan pada kontrol fuzzy mampu tetap stabil sebesar 220 volt.

*Kata Kunci* — Fuzzy logic control, Katup, Water Flow Control.

## Abstract

In general, micro hydro power plant using the Electronic Load Control (ELC), or commonly referred to as dummy loads which serves as a complement loads that can make the value of the load is always constant. It aims to make the load is proportional to the power generation of the generator to keep the rotation speed of the rotor to remain stable at 1500 rpm and frequency values stabilized at a value of 50 Hz. The use of ELC has shortcomings that are the power and volume of water that is wasted on dummy

loads system. Of these shortcomings, it is necessary the control method to make more efficient use of power. This research will design a system that simulate MHP with controls that can be set to output discharge valve for the water turbine and generator adapted to load power consumption. In previous research, the water discharge flow valve settings using PID-based control while in this study using controls based fuzzy logic control. So both controls will be compared to determine the response of the control to stabilize the value of the frequency and voltage values as well as to determine whether speed rotor and frequency will be stabilized when there is an increase or decrease load usage charges. The results of this research, it is known that the PID control and Fuzzy control is able to stabilize the voltage and frequency values. But there is a difference in the response time to reach a stable value. When the load have been changed, PID control takes about 100 second to achieve a frequency of 50 Hz. means, the rotor speed will stabilize at 1500 rpm when it reaches about 100 second and the resulting voltage still has value drop to stabilize at 220 volts while fuzzy logic control is able to stabilize the frequency of 50 Hz or rotor speed of 1500 rpm reached in about 20 second. Then the voltage on fuzzy control is able to remain stable at 220 volts.

*Keywords* — Fuzzy logic control, Valve, Water Flow Control.

## I. PENDAHULUAN

Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) cocok diterapkan di daerah terpencil karena selain ekonomis, teknologi PLTMH juga ramah lingkungan bila dibandingkan dengan pembangkit listrik tenaga diesel (PLTD). Untuk pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH) dengan skala kecil, penggunaan generator induksi sangat tepat karena harga unitnya murah, konstruksinya kuat dan sederhana, mudah dalam pengoperasiannya dan memerlukan sedikit perawatan.[1]

Umumnya generator PLTMH yang berkapasitas puluhan Kilo Watt memerlukan peralatan tambahan agar generatonya membangkitkan tegangan sesuai dengan ketentuan yang baku, yaitu tegangan 220 V (fasa ke netral dengan variasi perubahan (220+5%), (220-10%) dan frekuensi 50 Hz (dengan variasi ISSN:2085-6989 antara 49,5-50,5 Hz). Untuk kontrol tegangan pada generator, biasanya digunakan AVR (pengaturan tegangan otomatis) dan alat ini dijual sudah sepaket dengan generator PLTMH. Sedangkan untuk pengontrolan frekuensi dapat digunakan Governor, alat ini umum digunakan pada generator PLTA berkapasitas besar (Mega Watt). Oleh sebab itu kurang ekonomis jika digunakan pada generator PLTMH karena harganya yang hampir sama bahkan bisa melebihi harga turbin generator.[2]

Air yang mengalir dengan kapasitas dan ketinggian tertentu di salurkan menuju rumah instalasi (rumah turbin). Di rumah turbin, instalasi air tersebut akan menumbuk turbin, dalam hal ini turbin dipastikan akan menerima energi air tersebut dan mengubahnya menjadi energi mekanik berupa berputarnya poros turbin. Poros yang berputar tersebut kemudian ditransmisikan dihubungkan ke generator dengan menggunakan kopling. Dari generator akan dihasilkan energi listrik yang akan masuk ke sistem kontrol arus listrik sebelum dialirkan ke rumah-rumah atau keperluan lainnya (beban). Begitulah secara ringkas proses Mikrohidro, merubah energi aliran dan ketinggian air menjadi energi listrik.[3]

Pada umumnya PLTMH menggunakan kontrol frekuensi dengan bantuan dari Electronic Load Controller (ELC). ELC merupakan pengatur beban elektronik dengan beban dummy load. Alat ini mengendalikan frekuensi generator dengan jalan mengatur beban. Maka generatonya selalu dioperasikan dalam kondisi beban penuh. Oleh sebab itu dari segi penghematan energi alat ini tidak efisien karena ada daya yang dibuang percuma ke dummy load. Dengan perkembangan teknologi maka terobosan baru untuk mengganti ELC sebagai pengontrol frekuensi generator pada PLTMH bisa dilakukan.

Sebelumnya telah dilakukan penelitian tentang studi pemodelan pengaturan frekuensi untuk PLTMH berbasis PID. Penelitian tersebut membahas tentang pengaturan frekuensi putaran generator agar tetap pada set point 50 Hz. Namun pada sistem tersebut dinilai masih kurang presisi dalam penerapan karena hanya mengandalkan respon yang cepat. Sehingga pada penelitian ini akan dirancang suatu model baru pengontrol frekuensi generator PLTMH dengan kontrol pengaturan katup aliran debit air dengan menggunakan Simulink Matlab yang akan membahas kontrol aliran air untuk memutar turbin dimana nantinya pada simulasi ini akan menggunakan sebuah motor listrik digunakan untuk mengatur bukaan katup aliran debit air (inlet valve) dan pergerakan motor tersebut diatur berdasarkan frekuensi putaran turbin yang dikontrol oleh sebuah sistem kontrol yang berbasis Fuzzy Logic Control.

## II. METODOLOGI PENELITIAN

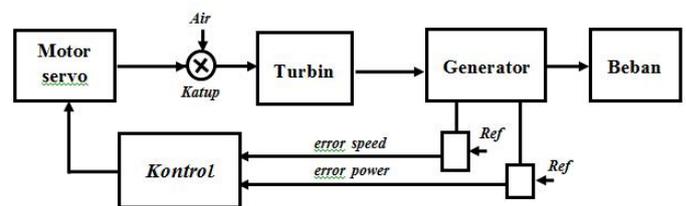
### A. Diagram Blok Sistem

Pada penelitian ini, menggunakan diagram blok sistem pada Gambar 1 yang merupakan alur perancangan kontrol pengaturan katup aliran debit air (water flow control) dengan menggunakan kontrol untuk mengatur besaran bukaan katup (valve). Nilai output yang keluar dari kontrol akan digunakan untuk menjadi input motor servo yang akan mengatur katup agar gapat menentukan keluaran air yang akan digunakan untuk menggerakkan turbin dan mengatur kecepatan turbin. Hal ini dimaksudkan untuk melakukan pengontrolan katup aliran debit air ini berfungsi untuk membatasi keluaran air yang disesuaikan dengan beban yang terhubung pada sistem yang akan membantu menggerakkan turbin untuk menstabilkan output frekuensi dengan membuat putaran turbin dan generator menjadi stabil sehingga walaupun daya beban

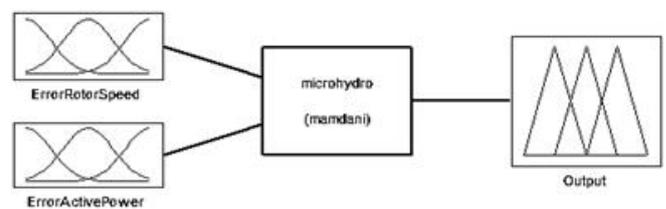
naik atau turun, putaran generator akan tetap stabil 50 Hz untuk menyesuaikan daya yang dipakai oleh beban.

### B. Perancangan Kontrol Fuzzy

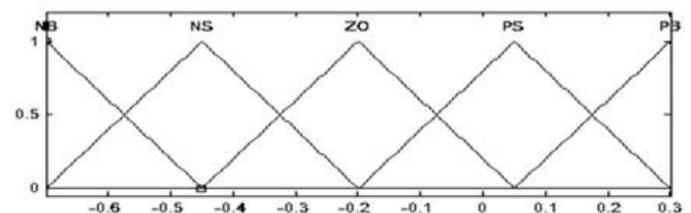
Pada desain kontrol fuzzy ini, dirancang sesuai dengan nilai output yang diinginkan. Sehingga kontrol berupaya untuk mengatur nilai motor servo sehingga mampu mengatur besarnya bukaan katup aliran debit air. Gambar 2 merupakan keseluruhan kontrol fuzzy. Pada Gambar 3 merupakan input fuzzy yang berupa error rotor speed sedangkan gambar 4 merupakan input fuzzy yang berupa error active power. Dari kedua data input tersebut, akan menghasilkan output yang diatur sesuai yang diinginkan seperti pada gambar 5.



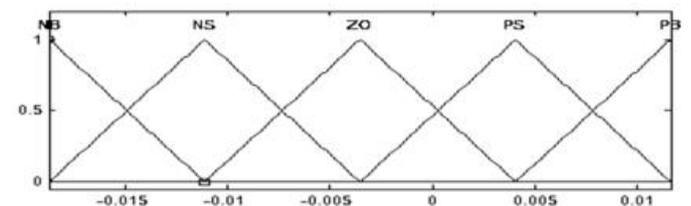
Gambar 1 Diagram Blok Sistem



Gambar 2 Perancangan kontrol fuzzy pada Simulink Mikrohidro



Gambar 3 Perancangan membership function input error rotor speed



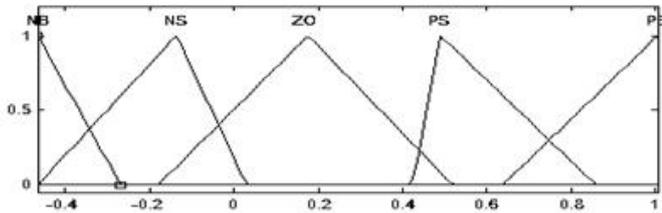
Gambar 4 Perancangan membership function input error active power

C. Pemilihan Beban dan Spesifikasi Generator

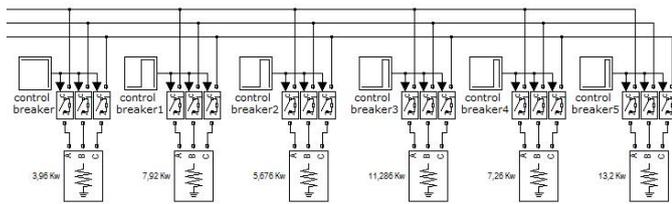
Pemilihan beban pengujian ditentukan dengan menggunakan acuan data pemakaian beban yang rutin digunakan. Adapun pengujian terhadap beban dilakukan pada 3 kondisi pembebanan yakni saat beban kecil, beban rata-rata dan beban besar seperti pada Gambar 6.

Kondisi beban kecil merupakan nilai beban terkecil yang terjadi saat siang dan malam. Pada kondisi ini, saat siang terdapat beban sebesar 3,96 kW dan saat malam bernilai 7,92 kW yang terhubung pada generator. Untuk kondisi beban rata-rata merupakan nilai rata-rata beban yang terjadi saat siang dan malam. Pada kondisi ini, saat siang terdapat beban sebesar 5,676 kW dan saat malam bernilai 11,286 kW yang terhubung generator. Sedangkan kondisi beban rata-rata merupakan nilai rata-rata beban yang terjadi saat siang dan malam. Pada kondisi ini, saat siang terdapat beban sebesar 7,26 kW dan saat malam bernilai 13,2 kW yang terhubung pada generator.

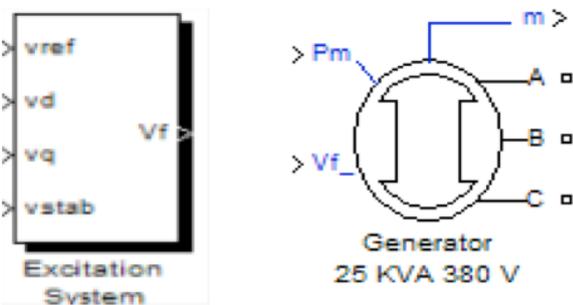
Generator dimodelkan menggunakan blok secara umum digambarkan yakni pada Gambar 7. [4] Namun, Spesifikasi menyesuaikan dengan data di lapangan seperti pada Tabel 1.



Gambar 5 Perancangan membership function output fuzzy



Gambar 6 Beban yang terhubung pada PLTMH simulink



Gambar 7 Desain generator dan sistem eksitasi pada Simulink

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Simulasi ini dikerjakan menggunakan simulink dari program Matlab 7.8.0 (2009a). Gambar 8 merupakan rancangan simulasi keseluruhan sistem mikrohidro dimana terdapat input generator yang telah dikontrol untuk menstabilkan keluaran generator berupa kestabilan frekuensi dan tegangan.

B. Analisis Penggunaan Air

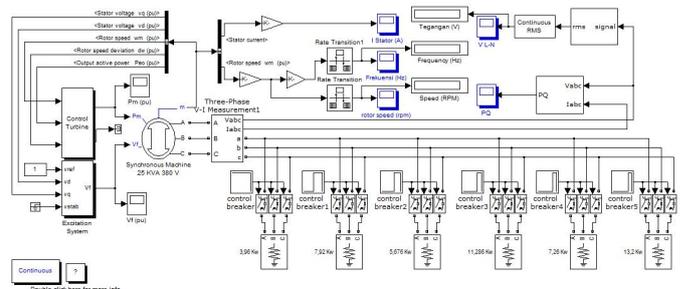
Penggunaan air untuk keseluruhan sistem pengujian beban bertujuan untuk mengetahui besarnya nilai air yang dibutuhkan untuk membuat frekuensi putaran generator stabil berada pada nilai 50 Hz saat terjadi perubahan beban.

Pada Gambar 9 dapat diketahui besarnya nilai penggunaan air saat pengujian beban. Nilai penggunaan air menggunakan kontrol pengaturan katup memiliki nilai efisien yang lebih tinggi dibandingkan dengan penggunaan air pada metode ELC yang bernilai konstan pada nilai 0,3803. Pada pembangkitan 25 kW maka nilai air yakni sebesar 1 pu atau 0,60024. Pengaturan katup aliran debit air ini dapat menghemat pemakaian air artinya, besarnya penggunaan air disesuaikan oleh permintaan beban sehingga air yang digunakan tidak bernilai full secara terus menerus. Perubahan nilai beban dilakukan pada setiap 300 detik.

Tabel 1 Spesifikasi generator 3 fasa PLTMH

**MarelliGenerators – MJL 160 MB4**  
**4 Pole / 1500 rpm / 50 Hz**

Parameter	Nilai	
Frekuensi	50 Hz	
Daya	24.7 KVA	
Tegangan	380 V	
	220 V	
Reaktansi [%]	Xd	193
	Xq	102
	X'd	16.7
	X''d	12.4
	X''q	18.9
	X2	15.8
	X0	7.5
Waktu Konstan [s]	T'do	0.55
	T'd	0.024
	T''d	0.006
	Ta	0.006



Gambar 8 Sistem Keseluruhan PLTMH Simulink

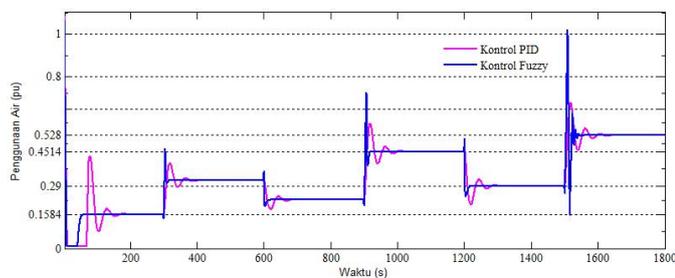
C. Analisis Tegangan dan Frekuensi

Frekuensi untuk keseluruhan sistem pengujian beban bertujuan untuk mengetahui kestabilan nilai frekuensi yang dihasilkan ketika terjadi perubahan nilai beban untuk semua kondisi beban. Jadi, pada analisis ini dimaksudkan untuk mengetahui ketika semua beban saling terhubung dengan bantuan breaker yang memiliki timer sehingga besarnya nilai beban yang terhubung berubah-ubah berdasarkan waktu. Hasil simulink yang menampilkan nilai frekuensi akan dibandingkan antara kontrol PID dengan kontrol fuzzy. Nilai frekuensi pada Gambar 10 merupakan tampilan nilai frekuensi pada keseluruhan kondisi beban.

Hasil simulink untuk frekuensi pada Gambar 10 menunjukkan bahwa kedua kontrol mampu bekerja dengan baik untuk menyetabilkan frekuensi putaran generator agar stabil menghasilkan nilai 50 Hz. Namun hasil dengan kontrol fuzzy mampu stabil lebih cepat dibandingkan dengan kontrol PID seperti yang sudah terbahas pada pembahasan sebelumnya.

Pada Gambar 11 merupakan hasil tampilan tegangan yang ditampilkan pada scope dimana nilai tegangan ini didapat dari pengujian sistem pada simulink untuk mengetahui kestabilan tegangan yang dikontrol oleh PID dan fuzzy. Dari hasil tampilan scope pada Gambar 11 dapat diketahui bahwa kontrol PID dan kontrol fuzzy juga mampu menyetabilkan tegangan line to netral. Kedua kontrol ini mampu membuat stabil mendekati nilai tegangan sebesar 220 volt. Namun terlihat perbandingan antara kedua kontrol dimana sinyal pink merupakan hasil kontrol PID dan sinyal biru merupakan hasil kontrol fuzzy. Hasil simulasi menunjukkan bahwa tegangan yang dikontrol oleh kontrol PID memiliki sedikit ketidakstabilan yakni masih terdapat drop tegangan yang kemudian mampu stabil sehingga bentuk sinyal hasil respon tegangan kurang baik. Namun drop tegangan yang terjadi masih dalam batas toleransi tegangan yang diperbolehkan.

Untuk naik turun tegangan harus mengikuti aturan batas toleransi tegangan sebesar 5% hingga 10%. Sedangkan untuk respon tegangan yang dikontrol dengan kontrol fuzzy, mampu stabil dan tetap konstan pada interval tegangan 219 hingga 220 volt. Sehingga dapat disimpulkan bahwa kontrol fuzzy lebih baik dalam menyetabilkan tegangan dibandingkan dengan PID.

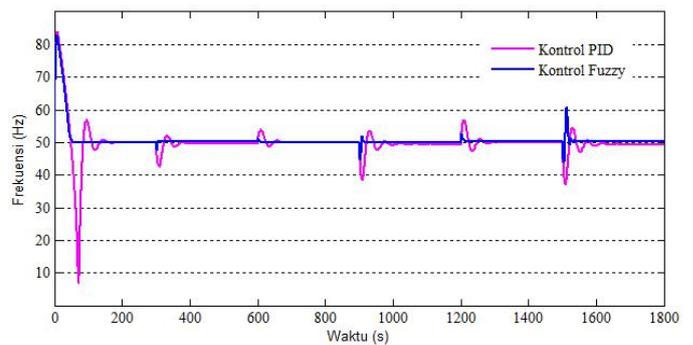


Gambar 9 Hasil Respon Penggunaan Air dalam satuan (pu)

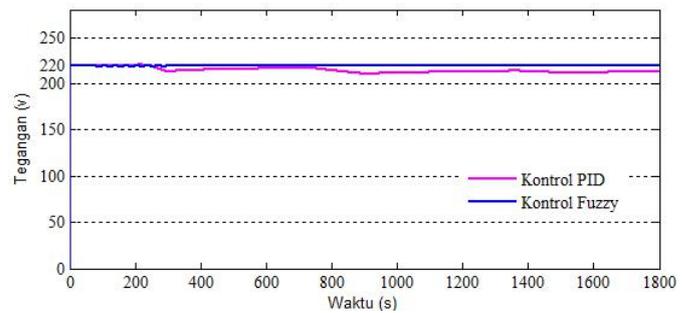
D. Analisis Daya dan Arus

Pada kedua kontrol memiliki hasil nilai arus dan daya yang sama hal ini dikarenakan beban pengujian pada kontrol PID dan kontrol fuzzy memiliki nilai yang sama. Sehingga respon sinyal pada kedua kontrol saling menyerupai dan memiliki nilai yang sama. Gambar 12 merupakan hasil tampilan arus tiap fasa disertai pemaparan nilai arus pada Tabel 2 yang ditampilkan pada scope dimana nilai arus ini didapat dari pengujian sistem pada simulink untuk mengetahui besarnya nilai arus yang dibutuhkan untuk mengirimkan ke beban.

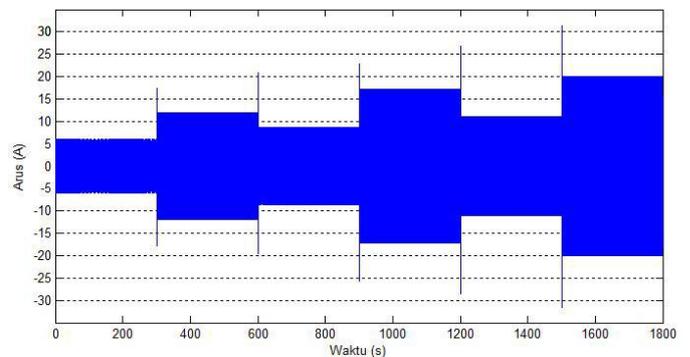
Pada gambar 13 merupakan hasil tampilan scope yang menampilkan besarnya nilai daya yang dibangkitkan oleh generator untuk mengirimkan dan memenuhi penggunaan beban. Hasil perkalian tersebut akan menghasilkan nilai daya yang dibangkitkan oleh generator. Nilai daya yang dihasilkan akan menghasilkan nilai yang sama dengan nilai beban yang terhubung.



Gambar 10 Respon Frekuensi Terhadap Beban



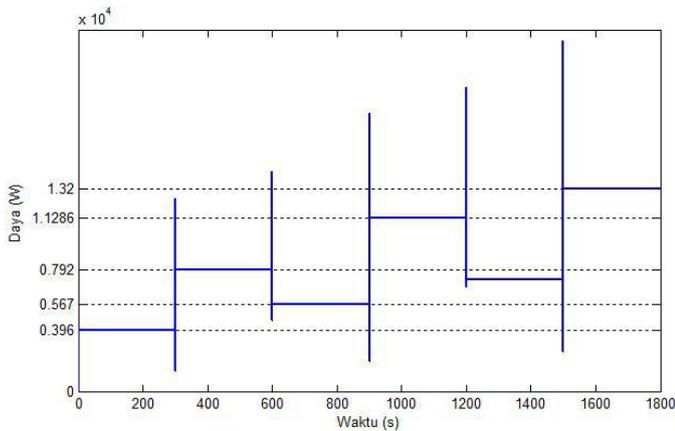
Gambar 11 Tegangan Line to Netral



Gambar 12 Arus yang dibangkitkan oleh generator Menggunakan Metode Pengolahan Citra

Tabel 2 Hasil Arus per-fasa yang dibangkitkan

Waktu (s)	Beban (kW)	Arus Perfasa (A)
0 - 300	3,96	6
300 - 600	7,92	12
600 - 900	5,676	8,6
900 - 1200	11,286	17,12
1200 - 1500	7,26	11
1500 - 1800	13,2	20



Gambar 13 Daya yang dibangkitkan oleh generator

Waktu rata-rata yang dibutuhkan mesin dalam mengeringkan daun tembakau berdasarkan Tabel 2 selama 424.4 menit. Mesin pengering daun tembakau otomatis menggunakan metode pengolahan citra dari hasil pengujian yang telah dilakukan memiliki error persen tingkat kekeringan sebesar 87.9%. Dari error persen yang dihasilkan maka mesin pengering daun tembakau otomatis dengan menggunakan metode pengolah citra dapat diimplementasikan dengan baik.

#### IV. KESIMPULAN

Dari simulasi yang telah dilakukan menggunakan software MATLAB 7.8.0 (2009a) dapat ditarik beberapa kesimpulan yaitu:

Dalam kontrol kestabilan frekuensi, kontrol PID mampu menyetabilkan frekuensi kecepatan rotor menjadi 50 Hz selama 150 sekon sedangkan pada kontrol fuzzy mampu menyetabilkan frekuensi kecepatan rotor menjadi 50 Hz hanya dalam waktu 50 sekon. Sehingga kontrol Fuzzy memiliki respon yang lebih cepat daripada kontrol PID dalam hal menyetabilkan nilai frekuensi kecepatan rotor.

Nilai penggunaan air sesuai dengan besarnya nilai beban yang terhubung pada sistem dimana pada saat adanya penambahan beban dan terjadi drop pada frekuensi kecepatan rotor, kontrol fuzzy mampu kembali mestabilkan frekuensi dengan menambahkan penggunaan air dalam waktu 20 sekon sedangkan kontrol PID memerlukan waktu sekitar 100 sekon untuk menyetabilkan penggunaan air saat terjadi penambahan beban.

Kontrol fuzzy juga mampu menyetabilkan nilai tegangan yang dihasilkan dengan baik yakni mampu menjaga tegangan line to netral (V L-N) untuk tetap stabil pada interval nilai 219 hingga 220 volt.

Penggunaan Air jauh lebih efisien menggunakan kontrol katup aliran debit air berbasis fuzzy jika dibandingkan dengan penggunaan ELC hal ini dikarenakan penggunaan air disesuaikan dengan permintaan beban. untuk membangkitkan 3,96 kW penggunaan air yg dibutuhkan hanya 0,095 sedangkan pada penggunaan ELC nilai air yang digunakan tetap sebesar 0,3803 .

Pada kontrol fuzzy, besarnya nilai daya yang dihasilkan sesuai dengan besarnya permintaan beban sehingga memiliki nilai efisien yang tinggi dan daya tidak tebuang seperti yang terdapat pada kasus penggunaan ELC.

#### REFERENSI

- [4] Muhalla. Pengoperasian Motor Induksi Sebagai Generator Untuk Pembangkitan Listrik Tenaga Mikro Hydro (PLTMH). Jurnal Litek (ISSN: 1693-8097). 2013.
- [5] Putra, D. W. Perancangan Aplikasi Plc Omron Sysmac Cp1l Pada Sistem Otomasi Governor Sederhana Sebagai Pengatur Frekuensi Keluaran Pltmh. 2012.
- [6] Subandono, A. Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH). 2012.
- [7] Usman, Auwal A. Modelling and Simulation of Micro Hydro Power Plant using Matlab Simulink. International Journal of Advanced Technology in Engineering and Science (Ijates). 2015.



