

# PENGENDALIAN BEBAN GENERATOR SECARA OTOMATIS DENGAN ALGORITMA PID PADA PLTMH BERBASIS PLC

<sup>1)</sup>Hardiansyah , <sup>2)</sup>Eka Firmansyah , <sup>3)</sup>M Isnaeni BS

<sup>1,2,3)</sup>Jurusan Teknik Elektro FT UGM  
Jln. Grafika 2 Yogyakarta 55281

## Abstract

*Micro hydro power system (PLTMh) is a plant that utilizes water flow. To stabilize the flow of electricity produced by the generator it is necessary to control the use of the load on the generator. PLTMh currently only using electronic devices to controls the load have some weakness such as monitoring of the PLTMh to be done is directly and continuously so it will cost and effort very much. This research aims to control the PLTMH automatically using Programmable Logic Controller (PLC) twido TWDLMDA 20 DRT using the algorithm Proportional Integral Derivative (PID) and can allow remote monitoring of the PLTMH in combination with Supervisory Control and data Acquisition (SCADA). By using the PLC controlling the generator can be stabilized on the circumstances we want is at a voltage of 220 volts with a frequency of 50 Hz.*

*Keyword: PLTMH*

## I. PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan kebutuhan yang sangat utama bagi penduduk dan industri, baik yang berada di pedesaan maupun yang di perkotaan. Tanpa energi listrik sulit rasanya untuk penduduk maupun industri menjalankan aktifitasnya. Oleh sebab itu penyediaan tenaga listrik merupakan suatu hal yang sangat penting dalam suatu industri yang berfungsi sebagai penyaluran tegangan dan pembangkitan tenaga listrik untuk kebutuhan mengoperasikan mesin-mesin listrik sebagai penunjang aktifitas kerja di industri tersebut. Karena penyediaan

tenaga listrik membutuhkan biaya tinggi misalnya dengan menggunakan mesin diesel dimana membutuhkan biaya untuk operasionalnya seperti kebutuhan untuk bahan bakar serta kondisi geografis Indonesia yang menyebabkan tidak meratanya penyebaran beban, sehingga menjadikan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohydro (PLTMh) sebagai sumber energi yang paling ekonomis. PLTMh adalah wadah yang tepat untuk penyediaan energi, khususnya untuk daerah terpencil dengan populasi yang rendah dan jauh dari jaringan PLN.

PLTMh pada saat ini banyak menggunakan pengontrolan dengan perangkat elektronis dan control mekanis. Kontrol elektronis yang memiliki beberapa kelemahan antara lain harus dilakukan pemantaun pada PLTMh tersebut secara langsung dan terus menerus sehingga akan memakan biaya dan tenaga yang sangat banyak dan juga memiliki respon yang kurang baik karena tidak dilengkapi dengan algoritma PID. Sedangkan kontrol mekanis merupakan sesuatu yang kurang diinginkan karena mengontrol aliran air secara langsung akan menghasilkan reaksi yang lambat bila variasi bebannya berubah dengan cepat, dan juga akan menyulitkan ketika menggunakan beban yang sensitif yang tidak dapat mentolerir perubahan meskipun fluktuasi dayanya pendek. Control mekanik juga mengandung banyak bagian yang bergerak, yang pasti akan membutuhkan perawatan. Dengan adanya kelemahan tersebut maka dilakukan penelitian ini yang diharapkan bisa mengontrol dan memonitoring PLTMh dari jarak jauh dengan dimungkinkannya dapat dikombinasikan dengan jaringan Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA).

Penelitian yang telah dilakukan oleh Mbabazi dan leary (2010) yaitu analisis dan desain elektronik load control untuk system mikrohidro pada negara

berkembang. Pada penelitian ini metode yang digunakan adalah hummingbird dan metode Homo Luden's dengan control PI. Pada penelitian hanya membandingkan penggunaan metode Homo Luden's lebih baik dibandingkan metode Hummingbird karena dengan metode Homo Luden's akan mempermudah masyarakat dalam melakukan perawatan dan perbaikan pada rangkaian ELC tersebut. Pada penelitian ini juga dijelaskan penstabilan kerja generator dengan cara bervariasi pemberian beban tipuan tanpa menjelaskan seberapa cepat dan akurat kestabilan yang akan dicapai.

Masalah yang ada pada pengontrolan PLTMh adalah pengontrolannya belum berstandar industri sehingga kehandalannya masih diragukan dan juga kerumitan dalam memprogramingnya. Dengan menggunakan twido TWDLMDA 20DRT harganya cukup terjangkau, pemrogramannya mudah dipahami dan kualitasnya sudah berstandar industri sehingga kehandalan dan keakurasiannya dapat diandalkan. Namun menggunakan twido TWDLMDA 20 DRT memiliki berbagai kekurangan antara lain ketidak-sanggupannya melakukan komputasi dengan sangat cepat sehingga akan mengalami kesulitan dalam memprogram untuk mendapatkan nilai VRMSnya.

## II. TINJUAN PUSTAKA

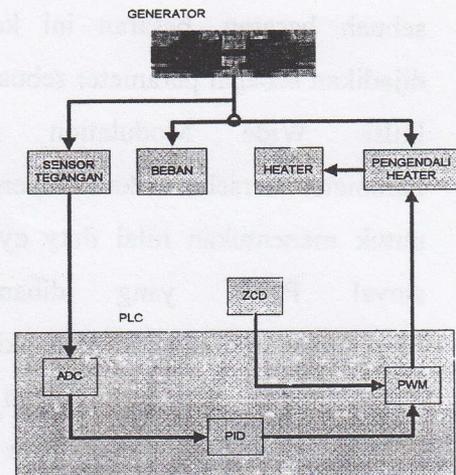
Plant yang dimodelkan untuk menstabilkan tegangan generator. Plant tersebut kemudian dimodelkan dan dirancang menggunakan sebuah generator dan motor penggerak yang berfungsi sebagai pengganti aliran air.

Sistem pengendalian kecepatan generator yang dimodelkan memiliki beberapa bagian sebagai berikut.

1. Kecepatan motor dipengaruhi oleh perubahan yang terjadi pada beban penggunaan.
2. Heater merupakan objek yang akan diatur panasnya untuk memberikan beban tiruan.
3. Jumlah arus yang menuju heater akan berbanding terbalik dengan jumlah arus yang dilepaskan oleh beban penggunaan.
4. Sensor tegangan menunjukkan tegangan kerja generator apakah stabil atau tidak.

Pada dasarnya sistem ini bekerja sebagai pengendali kalang tertutup. Hal ini dimaksudkan agar pemakaian daya dapat ditekan seefektif mungkin. Selain itu, hal yang lebih penting, sistem ini diharapkan dapat mencapai kestabilan tegangan output pada generator sesuai dengan set point dengan osilasi sekecil

mungkin. Adapun rancangannya dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar.1 Rancangan Hardware PLTMh

Hal yang pertama dilakukan sistem adalah membaca nilai tegangan yang dihasilkan oleh generator menggunakan rangkaian sensor tegangan. Sinyal keluaran sensor ini masih berupa sinyal analog. Kemudian sinyal ini diubah menjadi sinyal diskret. Proses ini dilakukan oleh sebuah Analog to Digital Converter (ADC). Nilai tersebut dijadikan sebagai masukan bagi blok PID.

Algoritma PID menjadikan masukan ini sebagai komponen proporsional. Disatukan dengan penjumlahan masukan-masukan sebelumnya dan kecepatan perubahan nilai masukan, algoritma ini menjalankan perhitungan proposional, integral dan derivatif.

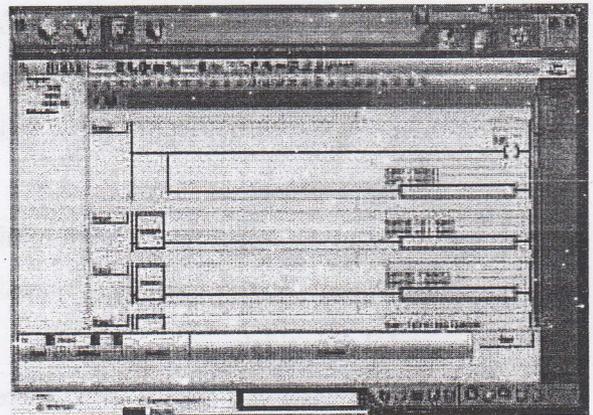
Algoritma PID ini akan menghasilkan sebuah nilai keluaran. Kemudian hasil perhitungan algoritma diubah menjadi sebuah besaran, besaran ini kemudian dijadikan sebagai parameter sebuah sinyal Pulsa Wide Modulation (PWM). Parameter tersebut akan dipergunakan untuk menentukan nilai duty cycle dari sinyal PWM yang dibangkitkan. Memanfaatkan fungsi pembangkit sinyal PWM maka akan dihasilkan sinyal keluaran dari PLC. Selanjutnya melalui sebuah perangkat zero cross detector PLC membaca kapan terjadinya fase nol dari tegangan jala-jala 220 volt AC. Ketika fase nol ini terjadi, akan dijadikan waktu acuan yang menentukan kapan sinyal PWM akan dibangkitkan. Menggunakan rangkaian foto triac dan triac, sinyal PWM ini akan digunakan untuk memicu tegangan jala-jala pada fase tertentu. Kemudian tegangan yang terpotong ini digunakan sebagai pencatu heater.

#### Pengukuran nilai error

Pengukuran nilai error dilakukan oleh sensor tegangan. Resolusi dari sensor ini adalah 10mv/1volt AC. Keluaran dari rangkaian ini kemudian dihubungkan dengan pin analog input pada PLC. Nilai hasil pengukuran yang masih berupa besaran analog kemudian diubah oleh rangkaian analog to digital converter (ADC) yang sudah tersedia dalam PLC.

Piranti ADC yang terintegrasi dalam PLC memiliki jangkauan pengukuran sebesar 10 volt. Piranti ADC ini memiliki jangkauan nilai keluaran antara 0-511 atau 512 skala. Sehingga resolusi dari pin masukan analog ini adalah 10 volt/512 skala atau sekitar 20mV/skala. Nilai hasil pengukuran yang telah diubah menjadi nilai diskret ini akan tersimpan pada memori PLC. Nilai ini selanjutnya dibandingkan dengan nilai setpoint dan akan menghasilkan nilai error yang terbaca.

Berikut ini adalah diagram ladder yang digunakan sebagai tahap pengukuran nilai error.



Gambar. 2 Diagram Ladder Input PLC

Pin analog input PLC memiliki alamat standar pada alamat %IW0.0.1 nilai ini merupakan nilai tegangan analog yang terbaca pada pin analog yang telah dikonversi menjadi format diskret oleh ADC yang ada pada PLC. Nilai ini menjadi nilai pengurang dari maksimum nilai yang mampu di baca oleh PLC. Hardiansyah, Eka Firmansyah, M. Isnaeni BS

Karena PLC ini inputnya 9 bit, maka nilai maksimumnya adalah sebesar 511. Jadi nilai 511 ini akan dikurangi dengan dengan nilai yang terbaca. selanjutnya hasil dari pengurangan ini akan disimpan pada memori dengan alamat %MW1. Hal ini dilakukan agar nilai tersebut dapat dengan mudah digunakan sebagai parameter dari tahapan program selanjutnya. Nilai yang tersimpan pada memori beralamat %MW1 ini adalah nilai yang terbaharui setiap saat sesuai dengan nilai yang terbaca pada pin analog.

#### Algoritma PID

Pada simulasi pengendalian generator ini, menggunakan jenis pengendali PID. Pengendali PID bertugas untuk menentukan respon dari perubahan pada generator dan mengatur besarnya arus yang masuk ke dalam heater dengan melakukan pengaturan nilai KP, KD, dan KI yang terbaik.

Pada penelitian ini metode yang digunakan untuk menentukan nilai Ki, Ti dan Td adalah dengan metode Ziegler dan Nichols. Pada metode ini hal yang harus dilakukan adalah:

1. Buat sebuah system mendekati sebuah operasi normal atau operasi pada titik operasi tertentu dengan mengatur sinyal kendali secara manual

sedemikian rupa sehingga system berada pada kondisi yang stabil.

2. Membuat system suatu sistem loop tertutup dengan kontroler P dan plant di dalamnya.
3. Pastikan bahwa pengendali merupakan kendali proporsional dengan nilai  $K_p=0$  dan dengan nilai  $T_i=$  tak terhingga dan  $T_d=0$ .
4. Tambahkan nilai  $K_p$  sampai sistem berosilasi berkesinambungan dan teratur.
  - Nilai  $K_p$  saat itu disebut penguatan kritis ( $K_{cr}$ ).
  - Periode saat itu disebut periode kritis ( $P_{cr}$ ).

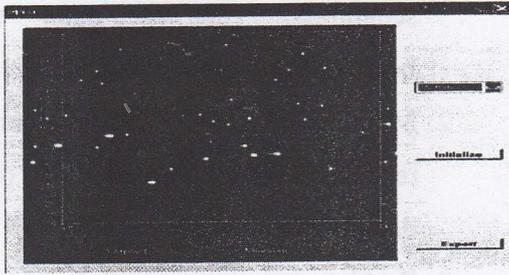
Pada percobaan ini dilakukan penentuan nilai  $K_p$  dari 30 sampai 100 dan grafiknya dapat dilihat pada gambar-gambar dibawah ini.

- Nilai  $K_p$  sebesar 30



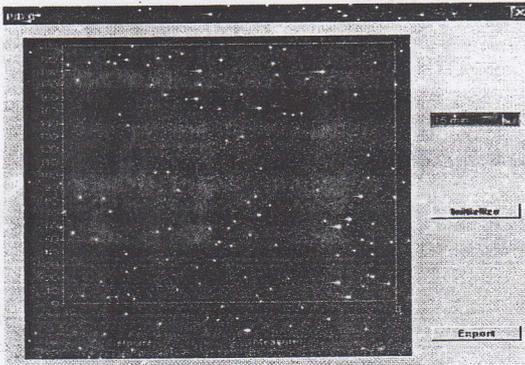
Gambar.3 Grafik dengan nilai  $K_p = 30$

- Nilai  $K_p$  sebesar 40



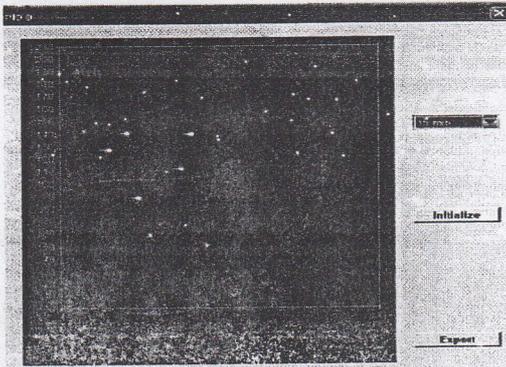
Gambar.4 grafik dengan nilai KP = 40

- Nilai Kp sebesar 50



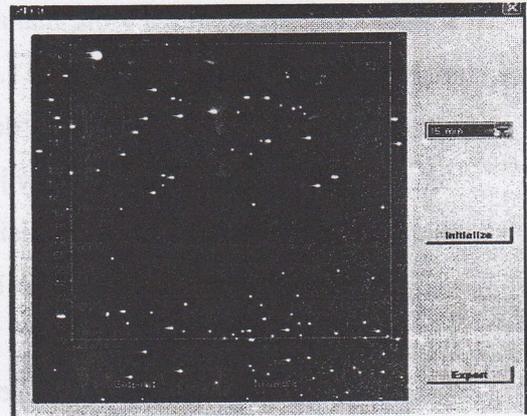
Gambar. 5 grafik dengan nilai KP = 50

- Nilai Kp sebesar 60



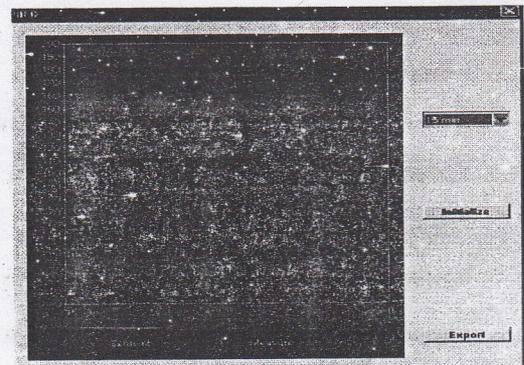
Gambar. 6 Grafik dengan nilai KP = 60

- Nilai Kp sebesar 70



Gambar. 7 Grafik dengan nilai KP = 70

- Nilai Kp sebesar 100



Gambar.8 grafik dengan nilai KP = 100

- Menentukan nilai Kp, Ti, dan Td berdasar tabel berikut

Tabel.1 Tuning Ziegler-Nichols

Tipe alat kontrol	$K_p$	$T_i$	$T_d$
P	$0.5 K_{cr}$	~	0
PI	$0.45 K_{cr}$	$1/1.2 P_{cr}$	0
PID	$0.6 K_{cr}$	$0.5 P_{cr}$	$0.125 P_{cr}$

- Dari hasil percobaan diatas maka dapat disimpulkan bahwa nilai Kcr

yang mendekati nilai ideal adalah sebesar 50 sedangkan untuk nilai  $P_{cr}$  sebesar 10.

Sehingga nilai  $K_p = 50 \times 0,6 = 30$

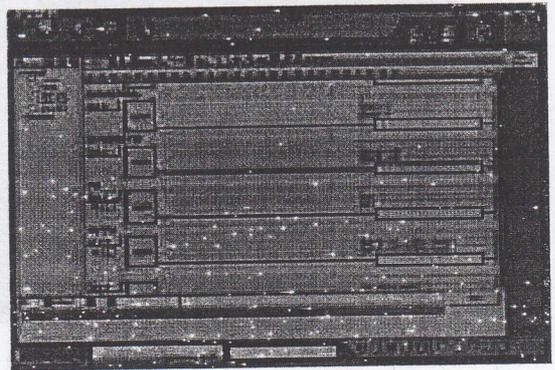
$$T_i = 10 \times 0,5 = 5$$

$$T_d = 10 \times 0,125 = 1,25$$

7. Langkah selanjutnya adalah pemeriksaan stabilitas system. Hal ini dapat dilakukan dengan mengganti setpoint atau beban. Apabila stabilitas system yang didapatkan buruk maka kita dapat menurunkan nilai gain proporsionalnya sedikit demi sedikit dan mengkombinasikannya dengan mengatur nilai waktu integral dan derivatifnya.

Nilai error yang sudah terbaca dan dirubah kedalam nilai diskret akan di proses menggunakan algoritma PID dengan nilai gain proporsional, gain integral dan gain derivatif yang sudah ditentukan, algoritma akan menghasilkan nilai keluaran. Nilai keluaran ini selanjutnya akan digunakan sebagai penentu nilai duty cycle dari sebuah pembangkit gelombang PWM. Memanfaatkan sinyal dari zero cross detector sebagai sinyal pengaktifan sinyal PWM, maka system akan menghasilkan sinyal berupa sinyal PWM dengan nilai duty cycle sebagai tanggapan atas error

system. Adapun gambar diagram leader pada control PID dapat dilihat pada gambar dibawah ini.

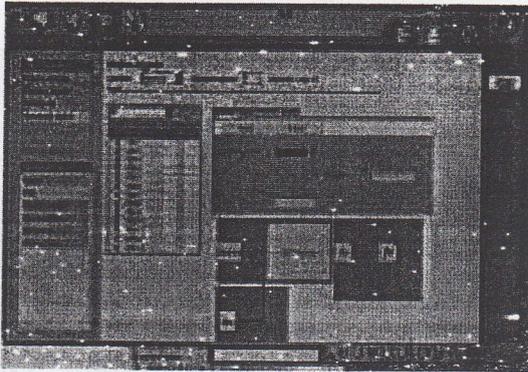


Gambar. 9 Diagram leader pengaktifan PID

Perintah diatas adalah perintah untuk menentukan nilai dari memori alamat %MW40. Alamat ini nantinya akan digunakan sebagai alamat gain proporsional yang akan digunakan oleh algoritma PID. Selanjutnya perintah untuk menentukan nilai dari memori alamat %MW41. Alamat ini nantinya akan digunakan sebagai alamat gain integral yang akan digunakan oleh algoritma PID. Selanjutnya perintah untuk menentukan nilai dari memori alamat %MW42. Alamat ini nantinya akan digunakan sebagai alamat gain derivatif yang akan digunakan oleh algoritma PID. Kemudian leader yang paling bawah adalah leader untuk mengaktifkan PID pada PLC.

Hal selanjutnya adalah mengatur nilai dari atribut dari blok PID yang

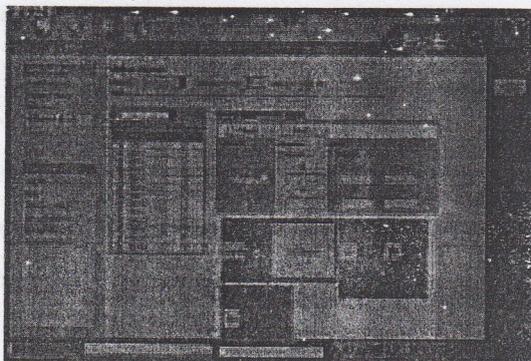
digunakan seperti yang terlihat pada gambar dibawah ini.



Gambar.10 Pengaturan umum pada blok PID

Pada gambar pengaturan umum PID seperti yang terlihat diatas yaitu dilakukan pengaktifan PID yang akan gunakan yang pada penelitian ini menggunakan PID 0. Selanjutnya melakukan pengaturan operating mode yaitu dengan memilih operasi PID.

Selanjutnya melakukan pengaturan input untuk blok PID seperti yang terlihat pada gambar dibawah ini.

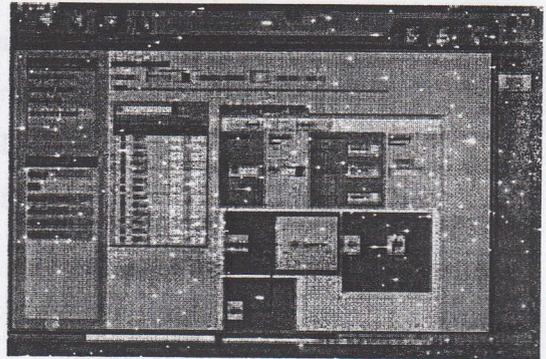


Gambar.11 Pengaturan Input Blok PID

Pada pengaturan input pada blok PID adalah menentukan alamat memori yang pada penelitian ini menggunakan alamat

%MW1002 sebagai masukan sebuah blok PID.

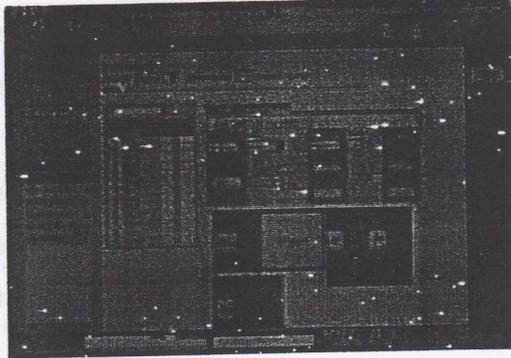
Selanjutnya melakukan pengaturan PID seperti yang terlihat pada gambar dibawah ini.



Gambr.12 Pengaturan PID

Pada pengaturan PID pada blok PID adalah menentukan setpoint pada nilai yang akan distabilkan yang pada penelitian ini setpointnya adalah tegangan 220 volt. Kemudian melakukan pengaturan pada corrector type yaitu dengan memilih PID. Selanjutnya menentukan alamat untuk pengisian parameter gain proporsional, gain integral dan gain derivative. Dan yang terakhir mengisi waktu sampling period sesuai dengan kebutuhan.

Selanjutnya melakukan pengaturan output pada blok PID seperti yang terlihat pada gambar dibawah ini.



Gambar.13 Pengaturan output pada blok PID

Pada pengaturan output ini adalah menentukan alamat memori yang akan digunakan sebagai output hasil pengolahan PID.

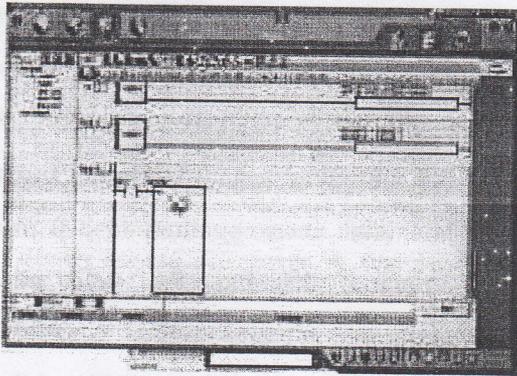
#### **Pembacaan Persimpangan Titik Nol**

Pembacaan titik nol ini dilakukan terhadap tegangan sinus jala-jala. Pembacaan persimpangan titik nol tegangan jala-jala ini dilakukan untuk menentukan waktu yang tepat untuk melakukan pemecuan triac. Penundaan waktu pemecuan triac berdasarkan perhitungan algoritma menggunakan persimpangan titik nol dari jala-jala ini sebagai acuan penundaan. Hal ini agar pemotongan fase tegangan sesuai dengan yang diharapkan. Menggunakan rangkaian seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya, zero cross detector akan menghasilkan pulsa negative saat terjadi persimpangan terhadap titik nol. Jadi pada saat tidak terjadi persimpangan, rangkaian akan menghasilkan keluaran konstan

sebesar 24 volt, kemudian pada saat terjadi persimpangan keluaran akan berupa pulsa bertegangan 0 volt. Keluaran dari rangkaian ini kemudian akan dijadikan input pada PLC, dimana pada program yang dibuat sinyal dari hasil pembacaan persimpangan titik nol ini akan digunakan sebagai masukan untuk mengaktifkan analog input dari PLC dan berfungsi untuk memicu triac. Pada system yang akan dibuat, keluaran dari rangkaian ZCD akan berupa 2 nilai tegangan yaitu 0 volt dan 24 volt. Nilai pertama 0 volt, nilai ini akan terjadi saat tegangan jala-jala bernilai 0 volt, yaitu fase tegangan jala-jala bernilai 0 volt, yaitu fase tegangan berada pada 0 dan 180. Keluaran bernilai 0 ini akan dianggap 0 oleh PLC. Nilai kedua adalah 24 volt. Nilai ini akan terjadi ketika tegangan jala-jala telah meninggalkan fase 0 dan 180. Keluaran bernilai 24 volt ini akan dianggap sebagai logika 1 untuk PLC. Nilai keluaran dari ZCD ini akan dihubungkan ke salah satu pin masukan dari PLC. Dalam system yang akan dibuat pin yang akan digunakan sebagai pin pendeteksi titik simpangan nol ini adalah pin 3. Pin %I0.3 ini akan digunakan sebagai pin pengaktifan dari pembangkit PWM.

#### **Modulasi Sinyal Keluaran**

Sinyal keluaran dari PLC adalah sinyal PWM, Sinyal PWM ini memiliki frekuensi yang sama dengan dua kali frekuensi tegangan jala-jala listrik yang akan memberikan catu daya ke elemen pemanas sehingga setiap tegangan jala-jala 220 VAC akan dimodulasikan dengan dua gelombang PWM. Sinkronisasi ini dilakukan untuk mensinkronkan fase antara gelombang tegangan jala-jala dengan sinyal PWM. Proses sinkronisasi ini menggunakan sinyal kotak yang dihasilkan oleh Zero cross detector yang digunakan untuk mendeteksi kapan terjadinya persimpangan titik nol pada gelombang tegangan jala-jala.

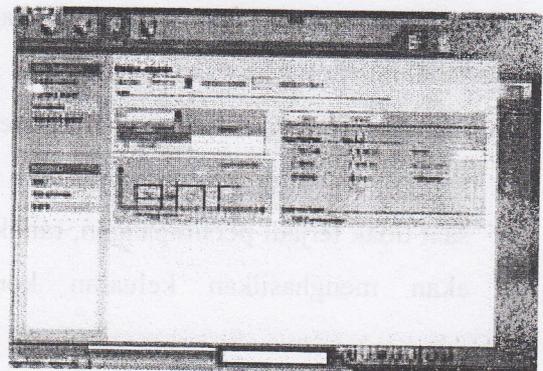


Gbr.14 Diagram leader pengaturan duty cycle dan pengaktifan blok PWM

Proses pertama adalah inialisasi nilai duty cycle dari pembangkit gelombang PWM. Proses ini dilakukan dengan memasukan nilai yang terdapat pada alamat memori yang digunakan untuk menyimpan nilai algoritma PID kedalam alamat pengaturan nilai duty cycle dari pembangkit gelombang PWM yang

digunakan. Dalam penyusunan program ini kita memasukan nilai yang tersimpan pada alamat %MW43 ke alamat PWM1.R. %PWM1.R adalah alamat yang kita pergunakan untuk mengatur nilai duty cycle dari pembangkit gelombang %PWM1.

Proses berikutnya adalah pengaktifan pembangkit blok PWM. Proses ini dilakukan dengan memberikan logika 1 pada pin in dari blok PWM, sinyal masukan menggunakan pin dengan alamat %I0.3. Pin I0.3 adalah pin yang terhubung dengan keluaran rangkaian zero cross detector. Sehingga ketikan pin I0.3 mendapat nilai berlogika 1 berarti itu adalah keadaan dimana tegangan jala-jala meninggalkan titik nol. Maka blok PWM akan segera membangkitkan gelombang PWM dengan nilai duty cycle sesuai dengan perhitungan algoritma PID. Nilai duty cycle ini adalah merupakan tanggapan atas error akibat perubahan tegangan pada generator. Adapun pengaturan blok PWM pada PLC dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar.15 Pengaturan blok PWM  
Hardiansyah, Eka Firmansyah, M. Isnaeni BS

Pengaturan blok PWM yang terlihat pada gambar diatas yaitu:

- Disini penulis menggunakan %PWM0 sebagai blok pembangkit gelombang PWM.
- Penggunaan nilai time base menggunakan 10 ms.
- Nilai preset diatur bernilai 2 agar sesuai dengan 1 periode gelombang frekuensi jala-jala 220 VAC.
- Frekuensi jala-jala adalah 50 HZ sehingga periodenya adalah 20 ms.

#### **Pengendali Daya Heater**

Pengendalian daya heater dilakukan dengan memotong fase dari tegangan jala-jala. Pemotongan dilakukan dengan sebuah rangkaian triac yaitu memicu gate dari triac menggunakan sinyal PWM yang dihasilkan oleh PLC. Sinyal PWM ini merupakan sinyal kotak yang nilai duty cyclenya merupakan tanggapan dari perhitungan algoritma PID yang digunakan. Sinyal PWM ini dibangkitkan dengan pewaktuan yang telah disinkronkan dengan tanggapan jala-jala.

### **III. HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **Pengujian Sistem Dengan Pengendali PID**

Dalam pengujian mode PID, terdapat 2 jenis pengujian yang akan dilakukan. Pengujian yang pertama adalah pengujian

terhadap perubahan kenaikan beban di plant, sedangkan pengujian yang kedua adalah pengujian terhadap perubahan penurunan beban pada plant.

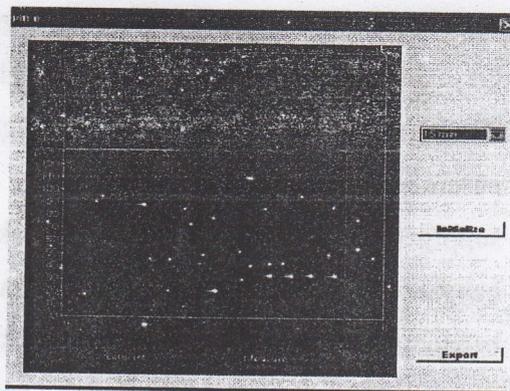
#### **Tanggapan Sistem Terhadap Perubahan Penurunan Beban Penggunaan**

Pengujian jenis pertama ini adalah pengujian tanggapan sistem terhadap perubahan penurunan beban. Yang harus dilakukan dalam pengujian ini adalah : awalnya setel sistem ke mode PID dan masukkan parameter-parameter PID berupa nilai KI, KP dan KD. Input dari PID yang berasal dari hasil sensor tegangan pada generator. Input tersebut akan bergerak sesuai dengan tegangan kerja generator. Tegangan kerja generator itu sendiri akan bekerja sesuai dengan perubahan beban maksimum yang di supply oleh generator tersebut. Semakin banyak yang berkurang penggunaan beban maka tegangan kerja generator akan semakin membesar. Nilai inilah nanti yang akan dimasukkan pada analog input PLC dan yang akan menjadi input PID. Dengan demikian input tersebut akan di respon oleh PID secepat mungkin. Output dari PID ini akan di masukan kedalam blok PWM, sehingga sinyal PWM inilah yang akan mengendalikan beban tiruan.

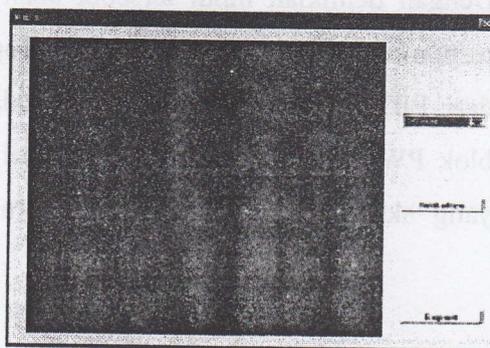
Dengan demikian maka akan membuat kerja generator itu kembali stabil.

Pengujian perubahan beban ini terdiri atas beberapa kali pengujian. Yang dimaksud beban di sini adalah beban konsumsi dari generator. Beban konsumsi diatur sesuai dengan keinginan pelanggan. Maka dalam pengujian ini yang diubah adalah daya penggunaan beban pada sisi pelanggan secara bervariasi.

Pada percobaan ini dilakukan pengujian pengurangan beban secara bervariasi dari 0 sampai 100 watt dan grafiknya dapat dilihat pada gambar-gambar dibawah ini:



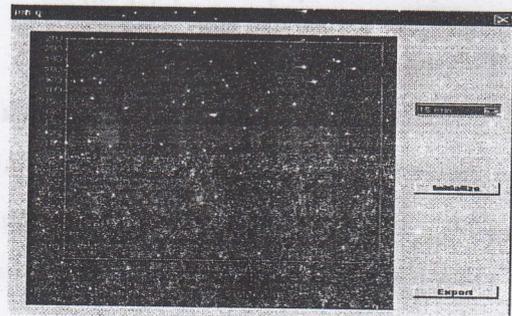
Gbr. 16 Grafik Pengurangan beban sebesar 25 watt



Gbr.17 Grafik Pengurangan beban sebesar 50 watt



Gbr.18 Grafik Pengurangan beban sebesar 75 watt



Gbr.19 Grafik Pengurangan beban sebesar 100 watt

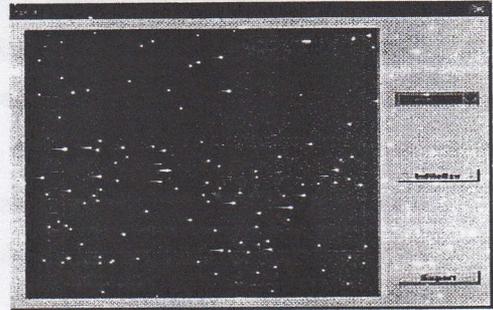
### Tanggapan Sistem Terhadap Perubahan Kenaikan Beban Penggunaan.

Pengujian jenis kedua adalah pengujian tanggapan sistem terhadap perubahan kenaikan beban. Yang harus dilakukan dalam pengujian ini adalah : awalnya setel sistem ke mode PID dan masukkan parameter-parameter PID berupa nilai KI, KP dan KD. Input dari PID yang berasal dari hasil sensor tegangan pada generator .Input tersebut akan bergerak sesuai dengan tegangan

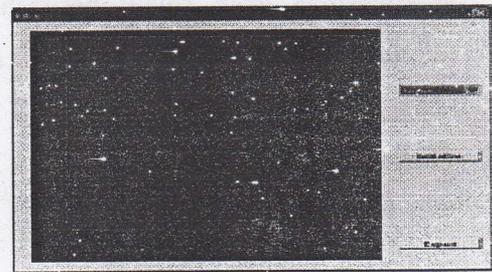
kerja generator. Tegangan kerja generator itu sendiri akan bekerja sesuai dengan perubahan beban maksimum yang di supply oleh generator tersebut. Semakin banyak bertambahnya penggunaan beban maka tegangan kerja generator akan semakin membesar. Nilai inilah nanti yang akan dimasukkan pada analog input PLC dan yang akan menjadi input PID. Dengan demikian input tersebut akan di respon oleh PID secepat mungkin. Ouput dari PID ini akan di masukan kedalam blok PWM, Sehingga sinyal PWM inilah yang akan mengendalikan beban tiruan. Semakin banyak beban asli yang dinyalakan maka akan semakin banyak beban complement yang akan berkurang. Dengan demikian akan membuat kerja generator itu kembali stabil.

Pengujian perubahan beban ini terdiri atas beberapa kali pengujian. Yang dimaksud beban di sini adalah beban konsumsi dari generator. Beban konsumsi diatur penggunaannya 0 watt sedangkan untuk beban complement dimaksimalkan sampai dengan 100 watt. Pada saat seperti ini generator bekerja dalam keadaan stabil. Dengan demikian dalam pengujian ini yang dinaikan adalah daya penggunaan beban pada sisi pelanggan secara bervariasi.

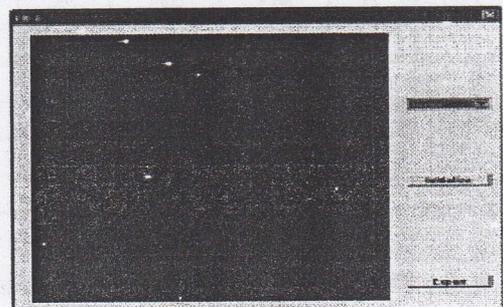
Pada percobaan ini dilakukan pengujian penambahan beban secara bervariasi dari 0 sampai 100 watt dan grafiknya dapat dilihat pada gambar-gambar dibawah ini:



Gbr.20 Grafik penambahan beban sebesar 25 watt



Gbr.21 Grafik penambahan beban sebesar 50 watt



Gbr.22 Grafik penambahan beban sebesar 75 watt



Gbr.23 Grafik penambahan beban sebesar 100 watt

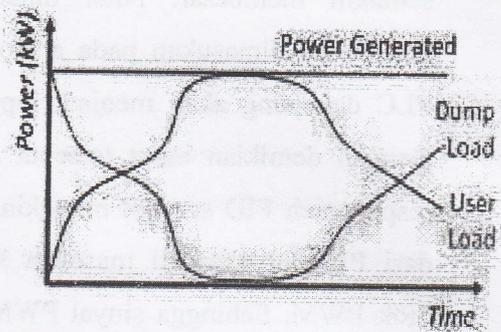
Pada saat beban generator sebesar 100 watt tegangan yang dihasilkan adalah 220 volt dengan frekuensi kerja sebesar 50 hz. Bila dilakukan variasi pada beban penggunaan maka tegangan dan frekuensinya akan selalu berubah-ubah. Adapun tabel hasil pengukuran adalah sebagai berikut:

Tabel.2 Hasil percobaan

No	Beban (Watt)	Frekuensi (Hz)	Tegangan (V)	Heater (Watt)	Time Respon (detik)
4	0	52,5	235	100	10
5	25	51,8	231	75	9
6	50	51,2	228	50	7
7	75	50,5	225	25	5
8	100	50	220	0	0
9	125	49	216	0	6
10	150	48,6	212	0	7
11	175	48,4	209	0	8
12	200	47,3	205	0	8

Prinsip kerja dari sistem ini adalah bila terjadi perubahan tegangan pada output generator, hal itu menandakan terjadinya perubahan pada beban. Dengan demikian, heater yang dikendalikan oleh PLC akan menjadi beban penyeimbang akibat ketidakstabilan itu. Sehingga penggunaan

beban asli akan berbanding terbalik dengan penggunaan beban komplemen yang dalam penelitian ini menggunakan heater. Berikut adalah grafik perbandingan antara beban asli dan beban tiruan.



Gbr.24 Perbandingan beban asli dan beban tiruan

## KESIMPULAN

1. PLC TWIDO TWDLMDA20DRT merupakan salah satu PLC yang bisa dipergunakan sebagai perangkat pengendalian PLTMh dengan menerapkan algoritma PID.
2. Proses penentuan algoritma PID menggunakan metode tuning Ziegler Nichols untuk mendapatkan nilai parameter KI, KP dan KD sehingga bisa menghasilkan sistem dengan respon yang cepat dengan stabilitas yang baik.
3. Aplikasi algoritma PID pada PLC TWIDO TWDLMDA20DRT sebagai algoritma pengendali tegangan output pada generator sangatlah tepat karena

dapat menghasilkan kondisi sistem yang stabil serta pengaturan algoritma yang relatif mudah.

4. Sistem pengendalian tegangan output generator menggunakan PLC TWIDO TWDLMDA20DRT memerlukan beberapa rangkaian pendukung agar PLC dapat membaca error dari sensor dan juga dapat menghasilkan keluaran yang dapat direspon oleh actuator sistem.
5. Resolusi input analog PLC sebesar 20 mV/skala terlalu besar untuk sebuah input dari keluaran sensor tegangan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Doolla, T.S. Bhatti, 2005, *Automatic generation control of an isolated small hydro power plant.S.*
- Digital Collections, (Tgl 19 April 2011)  
[http://digilib.petra.ac.id/viewer.php?submit.x=18&submit.y=16&page=2&qual=high&submitval=prev&fname=%2Fjiunkpe%2Fs1%2Felkt%2F2009%2Fjiunkpe-ns-s1-2009-23403060-11516-water\\_gatechap\\_ter2 .pdf](http://digilib.petra.ac.id/viewer.php?submit.x=18&submit.y=16&page=2&qual=high&submitval=prev&fname=%2Fjiunkpe%2Fs1%2Felkt%2F2009%2Fjiunkpe-ns-s1-2009-23403060-11516-water_gatechap_ter2.pdf).
- Foss, Aidan, 2005, *Enhancing small hydro automation using distributed microcontrollers and simulation*
- Goyal, Himani; Hanmandlu M; Kothari, D.P., *An Artificial Intelligence based Approach for Control of Small Hydro Power Plants.*
- Ginting, Almido Haryanto ,2007, *Aplikasi Anfis pada pengendalian kecepatan motor dc menggunakan mikrokontroler at mega 32.*
- Hasan, Achmad, *Pengontrolan beban elektronik pada pembangkit listrik tenaga mikrohidro, P3 teknologi konvensi dan konservasi energi deputyi Teknologi Informasi ,Energi material dan Lingkungan, Badan pengkajian dan penerapan teknologi.*
- Hanif, Ahmad, 2006, Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang. *Penerapan (PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER) Sebagai system kendali pada mesin konveyor.*
- Ko, Hee-Sang; Kang, Min-Jae; Kim, Ho-Chan, 2008, *Electricity Quality Control of an Independent Power System Based on Hybrid Intelligent Controller.*
- Mbabazi, Leari Jon, 2010, *Analysis and Design of Electronic Load Controllers for Micro-hydro Systems in the Developing World Shoan.*
- Putra, I Ketut Perdana; Hadi, Sasongko Pramono; Haryono, T, 2004, *Penggunaan kapasitor untuk perbaikan unjuk kerja motor induksi sebagai generator.*

Rakhmadi, Aris; Sawaludin, Taufiq;  
*Pengendali PID Berbasis PLC  
Modicon TSX Micro 3722 Untuk  
Mengatur Kecepatan Motor Induksi  
Tiga Fase.*

Salhil, Issam; Doubabi, Said; 2009, *Fuzzy  
controller for frequency regulation  
and water energy save on microhydro  
electrical power plants, controller for  
frequency regulation and water energy  
save on microhydro electrical power  
plants.*

Unikom (20 maret 2011), *Pengontrolan  
Variabel Analog menggunakan PLC :  
Algoritma PID*,[http://elib.unikom.ac.id  
/files/disk1/383/jbptunikomppgdl-  
mairodi-19148-14-14-peng-c.pdf](http://elib.unikom.ac.id/files/disk1/383/jbptunikomppgdl-mairodi-19148-14-14-peng-c.pdf)