

KENDALI PENSTABIL FREKUENSI DAN TEGANGAN UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK MIKROHIDRO MENGUNAKAN BEBAN KOMPLEMEN DENGAN PENGENDALI PID DAN PWM

Ana Ningsih¹, Oyas Wahyunggoro², M Isnaeni BS³

Fakultas Teknik UGM¹
ana_ningsih@mail.ugm.ac.id
Fakultas Teknik UGM²
Fakultas Teknik UGM³

Abstrak

Pemanfaatan energi air yang mengalir dari ketinggian tertentu yang kemudian dimanfaatkan untuk memutar kincir turbin dan diubah menjadi energi listrik atau yang disebut pembangkit listrik mikrohidro merupakan salah satu solusi dalam masalah krisis energi selama ini. Selain itu, kestabilan tegangan sangat diperlukan dalam kelangsungan penggunaan pembangkit listrik. Tegangan yang tidak stabil membuat peralatan listrik (beban) mudah rusak. Untuk mengurangi ketidakstabilan ada berbagai cara, salah satunya yaitu menggunakan rangkain kendali elektronik beban semu/ komplemen. Intinya generator akan dibebani dengan total beban yang selalu konstan, beban pada konsumen ditambah beban komplemen (semu) sama dengan kapasitas nominal generator. Penelitian ini menggunakan generator 3 phase dan motor induksi 3 phase sebagai mesin penggerak, beban utama menggunakan lampu dan beban semu menggunakan pemanas. Kendali utama menggunakan mikrokontroler Dspic30f4012 dihubungkan dengan sensor tegangan. Mikrokontroler bekerja menggunakan PWM dengan umpan balik menggunakan PID, yang kemudian PWM memberikan informasi pulsa ke rangkaian penggerak beban. Penggunaan PID pada sistem kendali ini akan menghasilkan tegangan di generator pada 50 Hz dan 220Vac baik ada beban ataupun tidak. Sehingga tegangan yang disalurkan ke konsumen stabil dan tidak merusak peralatan elektronik.

Kata Kunci: Beban komplemen (semu), mikrokontroler dspic30f4012, mikrohidro, PWM, PID.

1. Pendahuluan

Energi merupakan kebutuhan pokok manusia. Sumber energi sekarang didominasi oleh sumber energi primer seperti minyak bumi, gas alam dan batu bara, padahal sumber energi primer tersebut semakin lama persediannya semakin menipis dan tidak dapat diperbaharui oleh sebab itu dibutuhkan sumber energi alternatif untuk kehidupan yang akan datang. Salah satu nya yaitu pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH). Pemilihan PLTMH sebagai sumber energi terbaharukan karena Indonesia kaya akan potensi sumber daya air terlihat dari letak geografisnya.

Mikrohidro adalah sumber pembangkit listrik terbatas yang memanfaatkan ketinggian aliran air pada level tertentu di sungai, yang kemudian digunakan untuk memutar turbin dan disambungkan ke generator, sehingga generator tersebut menghasilkan sumber energi listrik yang dapat dimanfaatkan untuk sesuatu yang berguna. Dalam pembuatan mikrohidro diperlukan sebuah perancangan agar mikrohidro tersebut bekerja secara optimal, salah satunya yaitu mengatur putaran motor generator dalam keadaan tetap agar tegangan dan frekuensi yang dihasilkan stabil.

Pada penelitian yang dilakukan Inggih Surya Permana, dkk (2010). dalam paper berjudul

”Rancang bangun pengontrolan beban secara elektronik pada pembangkit listrik”, mengatakan tingkat performasi suatu sistem pembangkit listrik di tentukan oleh output hasil frekuensinya, terutama pembangkit listrik mikrohidro. Pemakaian beban yang tidak menentu akan membuat frekuensi berubah dan membuat peralatan listrik (beban) tersebut mudah rusak, pengontrolan beban secara elektronik pada pembangkit listrik ini dapat meminimalkan kerusakan akibat frekuensi keluaran dari sistem distribusi yang tidak stabil, penggunaan kontrol beban secara elektronik lebih murah dibanding kontrol menggunakan governor, selain itu dimensi luasnya pun lebih ringkas dan praktis.

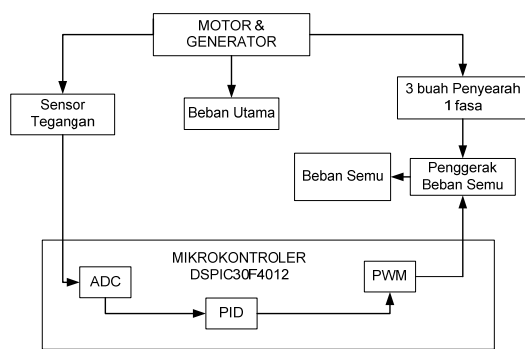
Untuk mengatasi permasalahan tersebut diperlukan sebuah penyelesaian dengan berbagai metode, Salah satu solusinya yaitu (*Induction Generator Controller*) IGC generator induksi 3 phase, adalah sebuah kendali yang mengatur beban elektronik, cara kerjanya yaitu generator akan dibebani dengan total beban yang selalu konstan. Beban pada konsumen ditambah beban komplemen (semu) sama dengan kapasitas nominal generator. Hal ini mengakibatkan putaran generator senantiasa konstan. Sehingga tegangan dan frekuensi yang dihasilkan tetap pada 220V dan 50 Hz. Penggunaan PID di dalam sistem kontrolnya diharapkan

menghasilkan nilai output sesuai dengan yang diharapkan

Sistematika penulisan ini adalah: Abstrak yang berisi intisari dari penelitian yang dilakukan. Bab 1 Pendahuluan berisi latar belakang, studi literatur dan tujuan penelitian. Bab 2 Metode berisi: diagram kerja secara keseluruhan, rangkaian sensor tegangan, rangkaian penyearah 1 phase, rangkaian penggerak beban semu, mikrokontroler, algoritma pemrograman dan penalaan PID. Bab 3 berisi hasil dan pembahasan, yaitu hasil pengukuran sesor suhu dan penalaan PID. Bab 4 berisi kesimpulan. Kemudian ucapan terimakasih dan daftar isi.

2. Metode

Untuk meyelesaikan permasalahan diatas maka diperlukan sebuah perancangan perangkat keras maupun perangkat lunak. Kendali *IGC (Induction Generator Controller)* komponen utama yang harus ada adalah beban semu (komplemen) dan kontrol itu sendiri. Adapun gambar blok kerjanya sbb:



Gambar 1. Diagram Blok kerja

Secara umum cara kerja sistem kendali penstabil frekuensi dan tegangan mikrohidro sebagai berikut. Ketika generator berputar dan memberikan sumber tegangan ke beban utama secara bersamaan sensor tegangan membaca dan mengirimkannya ke mikrokontroler melalui ADC, kemudian mikrokontroler mengaktifkan algoritma PID dan meneruskannya ke PWM, PWM memberikan sinyal pulsa ke rangkaian penggerak beban semu (bertindak sebagai saklar) untuk mengaktifkan/mematikan beban semu.

Sistem kalang tertutup dibuat agar mempertahankan nilai tegangan generator tetap 220 Vac. Jadi ketika tegangan turun/naik kemudian dibaca oleh sensor dan diterjemahkan oleh mikrokontroler, maka PID memulai aksinya untuk menjaga nilai *error* sekecil mungkin dan meneruskannya ke PWM, yang kemudian PWM memberikan isyarat ke rangkaian penggerak beban semu untuk mengaktifkan/mematikan beban semu. Beban semu digunakan sebagai penyeimbang dari beban utama agar generator bekerja pada tegangan 220 Vac.

2.1 Metode Pengumpulan Data

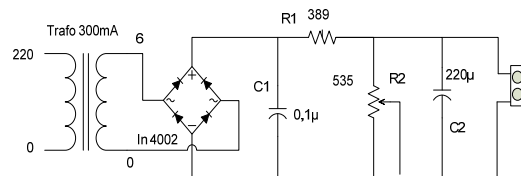
Rangkaian pendukung yang digunakan adalah:

• Rangkaian Sensor Tegangan

Sensor tegangan berfungsi untuk mendeteksi tegangan yang dihasilkan oleh sumber. Prinsip kerjanya yaitu sumber tegangan Vac dari generator dihubung ke trafo primer, sedangkan trafo sekunder dihubung ke jembatan dioda. Tegangan 220 Vac diubah menjadi tegangan 6Vdc yang kemudian disearahkan gelombang penuh menggunakan jembatan dioda. Nilai R1 dan R2 digunakan untuk menentukan batas tegangan 220 yang dibaca oleh sensor. Nilai R1 = 551 dan R2 = 389

$$\frac{389}{389 + 551} \times 6 = 2,52$$

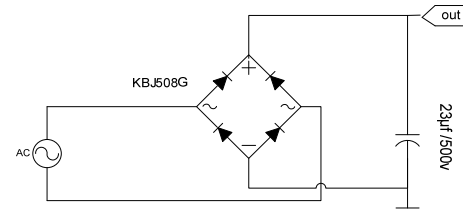
Sehingga dihasilkan tegangan 2,52 Vdc saat tegangan 220 Vac. Titik ini yang akan dipakai sebagai acuan dalam pembacaan sensor ke mikrokontroler.



Gambar 2. Sensor tegangan

• Rangkaian Penyearah 1 Phase

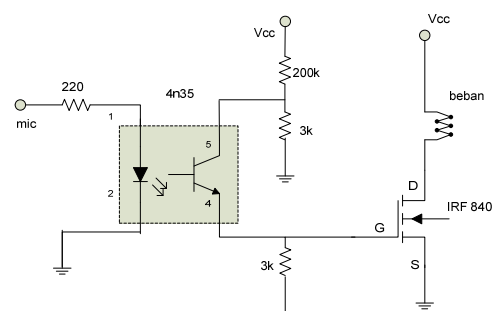
Rangkaian penyearah yang digunakan adalah penyearah gelombang penuh 1 phase, untuk menyearahkan sumber Vac dari generator, dengan menggunakan diode bridge tipe KBJ508 spesifikasi 5 ampere.



Gambar 3. Rangkaian Penyearah 1 phase

• Rangkaian Penggerak Beban Semu

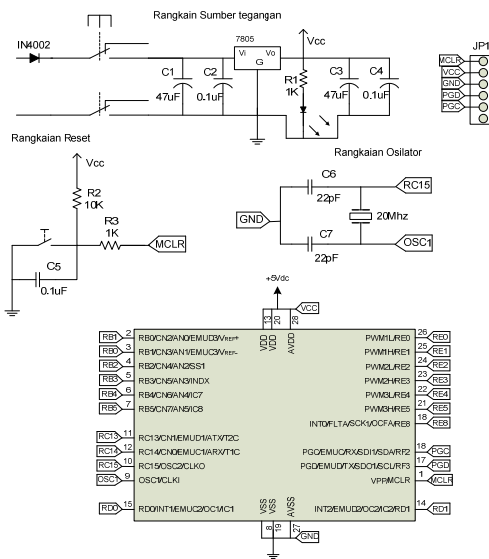
Rangkaian penggerak beban semu menggunakan optocoupler 4n35 sebagai pemisah antara sumber arus 5Vdc dengan 220Vdc, dan mosfet sebagai saklar untuk beban semu, pemilihan mosfet sebagai saklar karena bisa bekerja pada tegangan yang tinggi dan daya yang besar dibanding dengan transistor



Gambar 4. Rangkaian penggerak beban semu

• Mikrokontroler Dspic30f4012

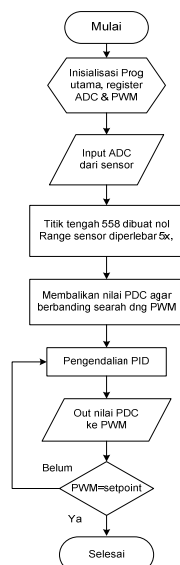
Mikrokontroler dspic 30f4012 adalah keluaran dari perusahaan microchip dengan tipe data 16bit. Struktur utama dari mikrokontroler ini yaitu: inti CPU, sistem integrasi dan pendukungnya. Didalam inti CPU terdapat CPU itu sendiri, data memory, program memory, mesin DSP dan interupsi. Pada rangkaian sistem minimum dihubungkan dengan rangkaian powersupply, rangkaian reset dan rangkaian osilator, untuk osilator yang digunakan 20 MHz. sedangkan untuk rangkaian downloader mikro hanya dihubungkan ke port seperti terlihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 5. Sistem minimum mikrokontroler

• Algoritma Pemrograman

Kontrol utama dalam sistem ini menggunakan mikrokontroler dspic 30f4012 yang mempunyai fitur internal PWM, bahasa pemrograman yang digunakan yaitu bahasa c. Adapun diagram alir dari pemrograman mikrokontroler sebagai berikut:



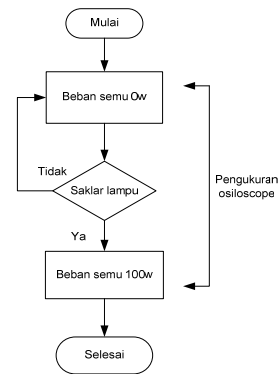
Gambar 6. Diagram alir pemrograman mikrokontroler

• Penalaan PID

Didalam pemrograman algoritma PID dibutuhkan nilai parameter untuk Kp, Ki dan Kd. Metode yang digunakan untuk menentukan tuning PID yaitu dengan respon waktu Ziegler Nichols dan metode kinerja terbaik. Dikarenakan metode ini mudah dan dapat menghasilkan nilai terbaik.

Respon Waktu Kalang Terbuka Ziegler Nichos

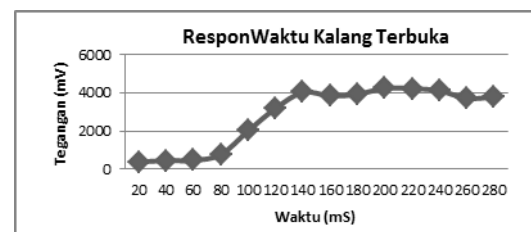
Pada metode ini langkah- langkah pengukuranya terlihat di Gambar 7.



Gambar 7. Diagram alir pengambilan data metode respon waktu

1. Pengukuran dilakukan pada saat kalang terbuka, belum menggunakan algoritma hanya ADC dan PWM saja.
2. Pengukuran dilakukan di rangkaian penggerak beban semu, ini dikarenakan rangkaian tersebut yang paling mendekati beban semu yaitu titik yang akan dikontrol. Pada beban semu tidak dapat dilakukan pengukuran karena beban semu menggunakan tegangan 220v sedangkan fitur pada osiloscope hanya mampu mengukur sampai 20v saja
3. Pengukuran dilakukan saat diberi beban utama 100 watt, karena pada beban maksimal maka hasil pengukuran akan lebih terlihat jelas dari pada beban 25watt.

Adapun hasil pengukuran metode respon waktu kalang terbuka terlihat di Gambar 8.



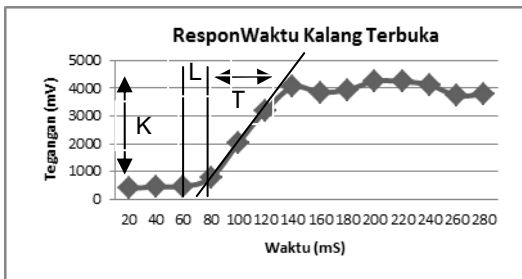
Gambar 8. Grafik pengukuran respon waktu kalang terbuka

Penalaan PID Kinerja Terbaik

Metode ini dilakukan dengan uji coba berulang – ulang, sehingga dihasilkan nilai penalaan PID dengan kinerja terbaik,

2.2 Metode Analisis Data

Pada metode uning PID menggunakan waktu respon lup terbuka, didapat gambar di bawah ini.



Gambar 9. Grafik pengukuran respon waktu lup terbuka dengan penalaan PID

Dari gambar 9 dapat dijabarkan untuk nilai yang didapat yaitu:

$L = 20 \text{ ms} = 0,02 \text{ s}$
 $T = 60 \text{ ms} = 0,06 \text{ s}$
 $K = 4$

Sesuai dengan hasil di atas kita masukan ke persamaan berikut, menjadi :

$$G(s) = \frac{4 e^{-0.02s}}{1 + 0.06s}$$

Tabel 1. Parameter Tuning Untuk metode respon waktu kalang terbuka

	P	PI	PID
Kp	T/K.L	0.9 T/K.L	1.2T/K.L
Ti	0	3.3 T	2L
Td	0	0	0.5L

Maka di dapat nilai untuk PID adalah:

$$Kp = 1.2 \frac{T}{K.L} = 1.2 \frac{0.06}{4 \times 0.02} = 0.9$$

$$Ki = \frac{1}{Ti} = \frac{1}{2L} = \frac{1}{2 \times 0.02} = \frac{1}{0.04} = 25$$

$$Kd = Td = 0.5 L = 0.5 \times 0.02 = 0.001$$

Persamaan ideal kontrolnya

$$G(s) = 0.9 \left(1 + \frac{1}{0.04 s} + 0.001s \right)$$

Dari persamaan tabel 1, maka dimasukan nilai didapat $Kp=0.9$ $Ki=25$ dan $Kd=0.001$. Langkah selanjutnya yaitu memasukan nilai tuning tersebut ke algoritma PID.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Sensor suhu

Langkah pertama dalam melakukan pemrograman algoritma ini adalah dengan melakukan pengukuran di sensor tegangan, proses ini dilakukan ketika sistem masih kalang terbuka tanpa adanya kendali PID, adapun hasil pengukurannya adalah pada tabel 2.

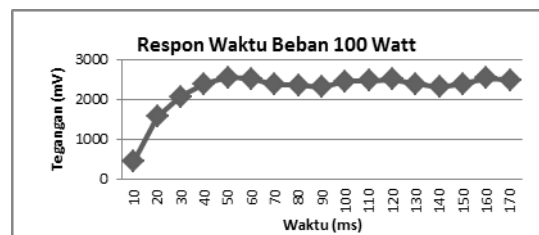
Tabel 2. hasil pengukuran sensor tegangan

Beban utama (Watt)	Beban Semu (Watt)	Teg Input (Vac)	Teg Output (Vdc)	Frek (Hz)
0	100	296	3.54	56,9
25	75	282	3.35	55,6
50	50	260	3.17	53,5
75	25	237	2.83	51,2
100	0	221	2.6	50

3.2 Hasil Pengukuran PID Respon Waktu Kalang Terbuka Ziegler Nichols

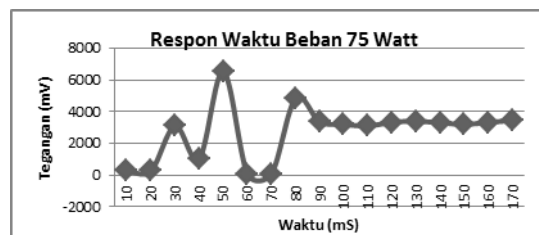
Dari hasil penalaan PID dengan nilai parameter $Kp=0.9$ $Ki=25$ dan $Kd=0.001$, adalah

- Saat beban semu 100 Watt



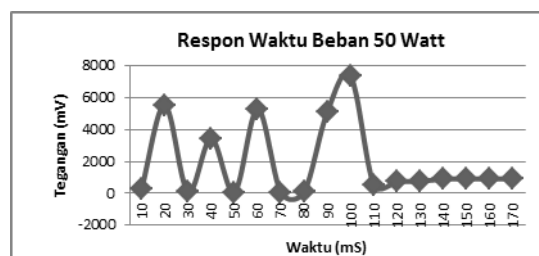
Gambar 10. Grafik respon waktu saat beban 100 W

- Saat beban semu 75 Watt



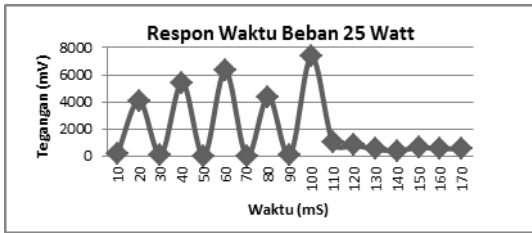
Gambar 11. Grafik respon waktu saat beban 75W

- Saat beban semu 50 Watt



Gambar 12. Grafik respon waktu saat beban 50 W

• **Saat beban semu 25 Watt**



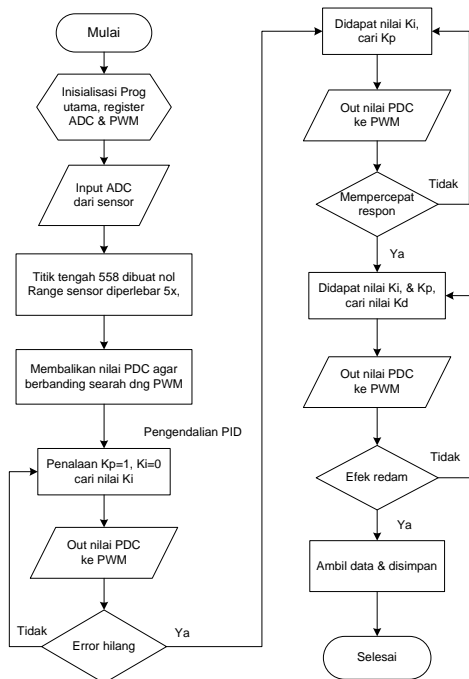
Gambar 13. Grafik respon waktu saat beban 25W

Tabel 3. Hasil pengukuran

Beban Utama (Watt)	Beban semu (Watt)	Teg Generator (Vac)	Frek (Hz)
0	100	235	53
25	75	226	51,3
50	50	222,5	50,5
75	25	218	49,8
100	0	214	48,9

3.3 Penalaan PID Kinerja Terbaik

Dalam langkah percobaan penentuan tuning PID dengan kinerja terbaik, dilakukan uji coba secara berulang-ulang, adapun langkah-langkahnya pada gambar 14, adalah:



Gambar 14. Diagram alir penalaan PID kinerja terbaik

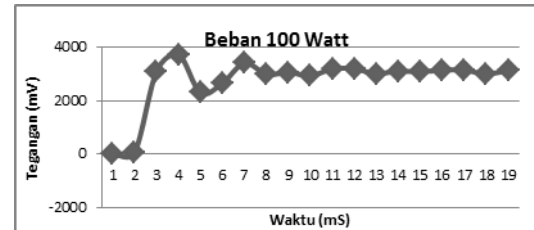
Pertama seting $K_p=1$, $K_d=0$, kemudian nilai K_i dinaik turunkan, ketika K_i diberi nilai terjadi osilasi meskipun nilai yang di berikan sangat kecil, maka diputuskan $K_i=0$.

Kedua seting K_p dengan $K_i=0$ dan $K_d=0$, nilai K_p dinaik turunkan sehingga di dapat hasil yang maksimal yaitu $K_p=5$.

Ketiga seting K_d dengan $K_p=5$ dan $K_i=0$. Nilai K_p dinaik turunkan untuk mendapatkan respon terbaik yaitu pada nilai $K_d=3$.

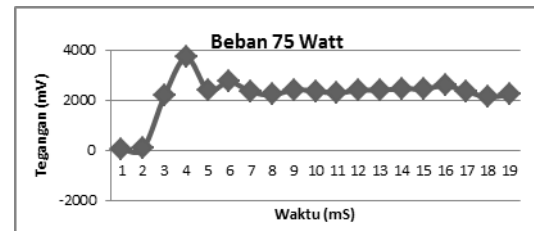
Dari ujicoba diatas didapat nilai $K_p=5$, $K_i=0$, $K_d=3$. Hasil pengukuranya adalah

• **Saat beban semu 100 Watt**



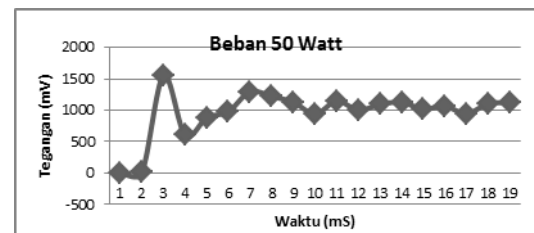
Gambar 15. Grafik kinerja terbaik beban 100w

• **Saat beban semu 75 Watt**



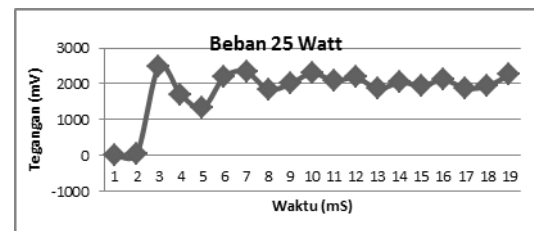
Gambar 16. Grafik kinerja terbaik beban 75w

• **Saat beban semu 50 Watt**



Gambar 17. Grafik kinerja terbaik beban 50w

• **Saat beban semu 25 Watt**



Gambar 18. Grafik kinerja terbaik beban 25w

Untuk hasil pengukuran tegangan di generator terlihat pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil pengukuran di generator

No	Beban semu (Watt)	Teg Generator (Vac)	Frekuensi (Hz)
1	0	220	50
2	25	220	50
3	75	220	50
4	100	220	50

4. Kesimpulan

1. Dengan penggunaan kontrol IGC (*Induction Generator Controller*) dapat dihasilkan kontrol generator secara otomatis.
2. Penggunaan mikrokontroler Dspic 30f4012, memudahkan penggunaan baik secara pemrograman maupun perancangan perangkat keras.
3. Proses penentuan penalaan PID menggunakan metode respon waktu belum menunjukkan hasil yang maksimal, karena tegangan di generator belum bisa konstan di 220Vac.
4. Penentuan penalaan PID mencari kinerja terbaik menghasilkan tegangan keluaran generator tetap pada 220 Vac baik saat ada beban maupun beban penuh.

Ucapan Terima Kasih

Pada penelitian ini, peneliti mengucapkan terimakasih kepada Jurusan Teknik Elektro dan Teknologi Informasi Program Studi S2 Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.

Daftar Pustaka

- Jasa, L, Hery, M, (2010) ” Aplikasi Neural Network Pada System Control Turbin Mikro hidro”, Lontar Komputer vol. 1 no.1, Desember
- Inggih Surya Permana, Yahya Chusna Arief, Suryono “ Rancang Bangun Pengontrolan Beban Secara Elektronik Pada Pembangkit Listrik (perangkat lunak)”, ST, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya (PENS), Surabaya, Indonesia.
- Mbabazi, Leari, (2010), “*Analysis and Desain of Electronic Load Controllers for Micro-hydro System in the Developing World*”, University of Sheffield, E-Future.
- Zuhal, Zhanggishan, (2004), “Prinsip Dasar Elektronika”, Gramedia.