

Analisa Perbandingan Pengaturan Frekuensi Pada PLTMH Dengan PID Berbasis PSO dan GA

Muhamad Prambudi¹, Machmud Effendy², Ermanu Azizul Hakim³

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Malang ^{1,2,3}

E-mail : muhamadprambudi@yahoo.com¹, machmud@umm.ac.id², ermanu@umm.ac.id³

Abstrak

Frekuensi merupakan tolak ukur kualitas sistem pembangkit. Oleh sebab itu frekuensi harus dijaga kestabilannya agar memberikan kualitas energi listrik yang baik. Permasalahan yang kerap terjadi adalah saat terjadi perubahan beban dibutuhkan waktu yang relatif lama untuk kembali ke frekuensi standart yaitu 50 Hz. Dalam penelitian ini pengaturan frekuensi menggunakan kontroler PID yang diharapkan dapat mengatasi waktu perbaikan nilai frekuensi agar lebih cepat. Metode PSO dan GA digunakan untuk meningkatkan kinerja PID. Simulasi yang dilakukan pada matlab R2018a telah terbukti dapat mengatasi permasalahan tersebut. Dalam penelitian ini membandingkan kinerja FCV menggunakan kontroler PID, FCV menggunakan kontroler PID-GA, dan FCV menggunakan kontroler PID-PSO. Simulasi dilakukan menggunakan beban konsumen yang berubah-ubah diantaranya 128Kw, 118Kw, dan 108Kw. Hasil simulasi menunjukkan bahwa kontroler PID, PID-PSO, dan PID-GA mampu menstabilkan frekuensi saat terjadi perubahan beban, kontroler PID menghasilkan settling time yang lebih lambat jika dibandingkan dengan kontroler PID-GA dan PID-PSO. Respon *overshoot* dan *settling time* dari kontrol PID akibat penggunaan GA maupun PSO relatif sama.

Kata kunci: Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro, FCV, PID, PID-GA, PID-PSO

I. PENDAHULUAN

Frekuensi merupakan tolak ukur kualitas sistem pembangkit. Maka dari itu frekuensi generator harus dijaga kestabilannya [1]. Permasalahan yang kerap terjadi adalah ketika frekuensi tidak stabil dibutuhkan waktu yang relatif lama untuk kembali ke frekuensi yang telah ditetapkan [2]. Didalam sistem tenaga listrik terdapat 2 macam gangguan, yaitu gangguan yang bersifat transien (putus jaringan atau hubung singkat) dan gangguan yang bersifat dinamik (disekitar titik kerja yang diakibatkan oleh perubahan yang relatif kecil). Gangguan dinamik dapat mengakibatkan kinerja dinamik menjadi tidak baik, bahkan dapat membawa sistem keaerah tidak stabil [3].

Governor adalah suatu alat yang sangat vital sebagai pengendali pengoperasian pada satuan pembangkit. *Governor* pada turbin digunakan untuk menambah atau

Abstract

Frequency is a measure of the quality of the generating system. Therefore, the frequency must be maintained stable in order to provide good quality electrical energy. The problem that often occurs is that when the load changes, it takes a relatively long time to return to the standart frequency, namely 50Hz. In this study, The frequency value correction time to make it faster. The PSO and GA methods are used to improve PID performance. The simulation carried out on Matlab R2018a has been proven to be able to overcome these problems. In this study comparing the performance of FCV using a PID controller, FCV using a PID-GA, and FCV using PID-PSO controller. Simulations are carried out using changing consumer loads including 128Kw, 118Kw, and 108Kw. The simulation result PID, PID-GA, and PID-PSO controllers are able to stabilize the frequency when there is a load change, the PID controller produces slow settling time when compared PID-GA and PID-PSO controllers. The overshoot and settling time responses from PID control due to the use of GA and PSO are relatively same.

Keywords: Micro Hydro Power Plant, FCV, PID-GA, PID-PSO

mengurangi debit air yang memutar turbin pada saat terdapat perubahan beban. Tujuan utama pengaturan putaran adalah untuk menjaga agar putaran generator tetap stabil disetiap perubahan beban mengingat bahwa naik turunnya beban akan mempengaruhi putaran generator sehingga dengan adanya *governor* diharapkan generator tetap dalam keadaan sinkron.

Penggunaan *governor* tanpa sistem kontrol menyebabkan respon yang lebih lambat terhadap *error* sedangkan saat dengan PID memiliki performansi lebih baik, banyak metode untuk menentukan parameter kontrol ini, baik secara konvensional maupun modern. Pada prosesnya hasil yang diperoleh metode konvensional belum tentu tepat dan memerlukan banyak waktu dibanding metode modern. Pada penelitian ini peneliti memilih menggunakan 2 metode optimasi PID yaitu menggunakan PSO dan GA. Hal ini disebabkan karena beberapa jurnal yang menyatakan bahwa

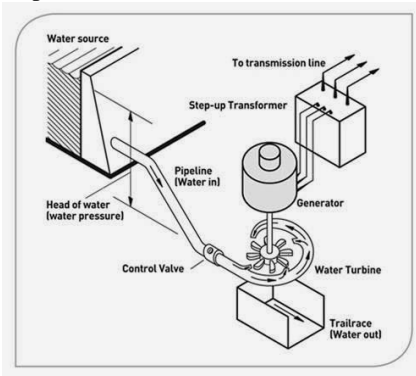
performa yang dihasilkan oleh algoritma PSO dan GA lebih baik daripada menggunakan metode *zigher nichols* [4][5][6].

Berdasarkan latar belakang tersebut, dilakukan penelitian membandingkan pengaturan frekuensi pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) dengan PID berbasis PSO dan GA digunakan untuk mengoptimasi PID. Pada penelitian ini diharapkan saat terjadi ketidakstabilan frekuensi dapat diatasi dengan cepat agar segera kembali pada frekuensi yang telah ditetapkan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH)

Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) adalah pembangkit listrik bersekala kecil yang memanfaatkan energi tebarukan energi sebagai penggerak turbin yang juga merupakan energi ramah lingkungan. Energi listrik dihasilkan dari energi mekanik akibat berputarnya poros turbin akibat dorongan dari air yang turun memanfaatkan beda ketinggian dan jumlah debit air per detik seperti pada Gambar 1 [7].



Gambar 1 Proses Konversi Energi pada PLTMH

B. Keterkaitan Fluktuasi Beban Terhadap Perubahan Frekuensi

Perubahan nilai frekuensi dalam sistem terjadi saat daya beban yang digunakan lebih besar dari daya yang dibangkitkan maka frekuensi sistem turun. Sedangkan saat daya yang dibangkitkan lebih besar dari beban maka frekuensi sistem akan naik

C. Governor

Governor berfungsi untuk mengatur frekuensi listrik. Cara *governor* melakukan pengaturan frekuensi yaitu dengan cara *governor* mengukur frekuensi yang dihasilkan generator selanjutnya mengukur kecepatan rotor generator tersebut karena frekuensi yang dihasilkan generator sebanding kecepatan rotor generator [8].

Governor memiliki beberapa komponen utama antara lain *Hydraulic Turbine*, komponen *Controller* dan *Hydroelectric Servo*. Sistem kontrol mendapatkan masukan berupa nilai *error speed* yang menghasilkan sinyal posisi pada input *Hydroelectric Servo System*. Dan frekuensi yang stabil merupakan hasil dari pengontrolan laju aliran air yang dikendalikan oleh *Hydroelectric Servo System*.

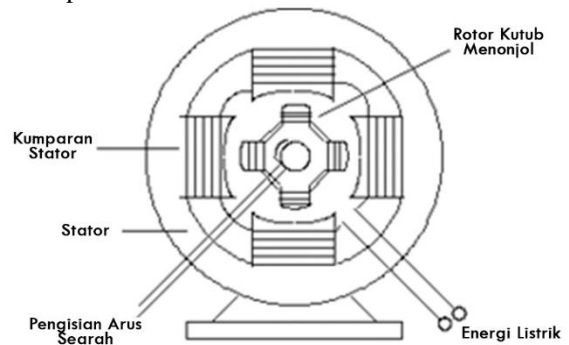
D. Generator Sinkron

Generator sinkron merupakan generator yang bekerja secara sinkron, yaitu yang berarti frekuensi yang dihasilkan oleh generator sinkron dengan putaran mekanisnya. Rotor generator sinkron terdiri dari belitan medan dengan suplai arus searah yang menghasilkan medan magnet putar dengan kecepatan dan arah putar yang sama dengan putaran rotor. Hubungan antara kecepatan rotor dengan frekuensi listrik dalam stator ditunjukkan dalam persamaan

$$f = \frac{nS.P}{120} \tag{1}$$

Dengan :

- f = frekuensi stator (Hz)
- nS = Kecepatan putar medan magnet atau kecepatan putar rotor (rpm)
- p = Jumlah kutub

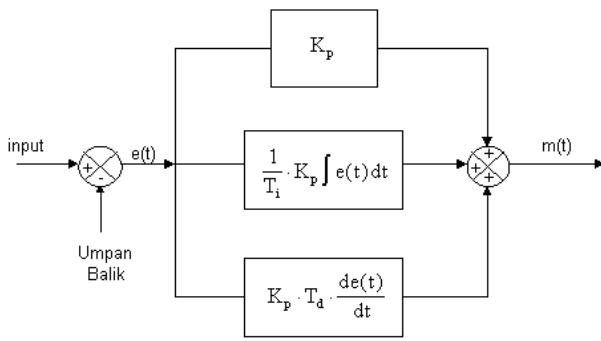


Gambar 2 Generator Sinkron

Gambar 2 merupakan generator sinkron yang menggunakan sumber tegangan DC untuk menimbulkan medan magnet yang digunakan untuk menghasilkan tegangan dalam sisi keluaran generator sinkron. Penguatan medan magnet dari generator tidak tergantung dalam jaringan listrik sehingga membangkitkan energi listrik yang berdiri sendiri.

E. Proportional Integral Derivative Controller

Kontroler PID terdiri dari kontroler *Proportional*, Kontroler *Integral*, dan Kontroler *Derivative*. Kontroler PID adalah kontroler dengan mekanisme umpan balik yang banyak digunakan pada bidang industri. Kontroler PID menghitung nilai kesalahan sebagai perbedaan antara variabel proses terukur dan *set point* yang diinginkan. Sampai saat ini kontroler PID banyak digunakan karena tidak perlu teknik yang rumit dalam tahap perancangannya. Namun parameter yang ada pada kontrol PID harus diatur sesuai dengan sifat sistem yang digunakan.



Gambar 3 Kontrol PID

Algoritma dari PID sendiri adalah dengan melibatkan 3 parameter yang terpisah yaitu nilai-nilai *Proportional* (P), *integral* (I), dan *derivative* (D). Pada ketiga parameter terdapat nilai K_p atau konstanta *proportional* yang menjadi pengali bagi masing masing P, I, dan D. Pada parameter P nilai error dikalikan konstanta *proportional* sehingga nilai P adalah proporsional dengan nilai *error* dari sistem. Pada parameter I nilai *error* akan dikalikan dengan K_p dan dibagi dengan konstanta waktu T_i dan dikalikan dengan jumlah waktu pada saat kesalahan atau nilai tersebut diintegrasikan pada waktu. Nilai K_p dibagi dengan T_i sendiri dapat disebut dengan Konstanta *Integral* atau K_i . Kemudian pada parameter D nilai *error* dikurangi dengan nilai *error* pada waktu sebelumnya dan dikalikan dengan konstanta waktu T_d . Nilai K_p dikalikan dengan nilai T_d sendiri disebut dengan Konstanta *Derivative* atau K_d .

F. Genetic Algorithm

Genetic Algorithm merupakan suatu metode yang menggunakan seleksi alam yang merupakan bagian utama dari prinsip evolusi sebagai dasar pemikiran untuk menyelesaikan suatu permasalahan. Prinsip ini berdasarkan pemikiran yang dikemukakan oleh Charles Darwin, dimana tanpa menghiraukan prinsip dasar penurunan sifat, Darwin mengemukakan penggabungan kualitas induk pada generasi berikutnya, disamping itu bahwa individu yang mampu beradaptasi dengan lingkungannya akan mempunyai kesempatan hidup yang lebih besar [9].

G. Particle Swarm Optimization

Particle Swarm Optimization (PSO) merupakan salah satu algoritma yang digunakan untuk penalaan pada sistem kontrol. Teknik penalaan didasarkan pada penelusuran algoritma dan diawali dengan suatu populasi yang *random* yang disebut *particle* [10]. Algoritma PSO diperkenalkan oleh Kennedy dan Eberhart pada tahun 1995, prosesnya terinspirasi dari perilaku sosial sekumpulan serangga atau burung dalam suatu *swarm*.

H. Fungsi Objektif

Fungsi objektif, J , digunakan untuk mengukur performa atau ketahanan individu sebagai solusi suatu permasalahan. Individu yang sesuai memiliki nilai fungsi objektif yang paling rendah. Nilai ketahanan yang diperoleh

dari fungsi objektif digunakan pada tahap pertengahan untuk menentukan nilai ketahanan relatif individu. Fungsi *fitness*, $f=g(J)$, pada umumnya digunakan untuk merubah nilai fungsi objektif untuk mengukur nilai ketahanan relatif individu.

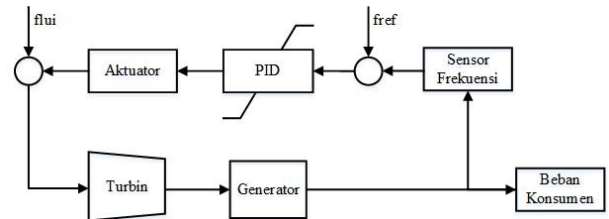
Nilai *fitness* adalah parameter optimal untuk menentukan individu terbaik yang akan dihasilkan. Parameter nilai *fitness* akan berbeda untuk setiap permasalahan optimisasi yang dihadapi. Sehingga solusi yang menurut sebuah masalah adalah kondisi optimal, bukan berarti nilai tersebut adalah solusi optimal untuk permasalahan yang lain.

III. METODELOGI PENELITIAN

Pemodelan dan simulasi *plant* PLTMH akan dibahas pada bab ini. Adapun hal yang akan dibahas pada bab ini antara lain *electro hydro servo system* yang pada kontrol frekuensi digunakan untuk mengatur kecepatan air, *hydrolic turbine* berfungsi mengubah energi potensial dari air menjadi energi putaran (mekanik) dan *controller* yang berupa PID untuk mengontrol *motor servo* mengatur aliran air. Permodelan yang digunakan menggunakan acuan penelitian yang dilakukan oleh Usman dan Abubakar [11].

A. Perancangan Sistem

Blok diagram Gambar 4 berikut merupakan blok diagram kontrol frekuensi PLTMH untuk simulasi yang dilakukan :

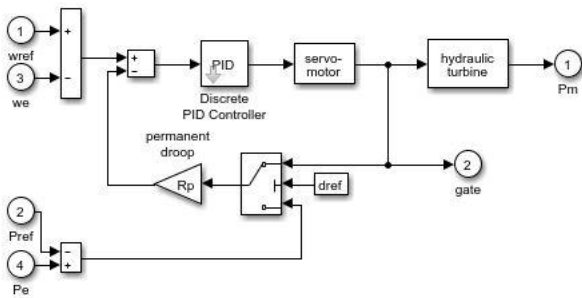


Gambar 4 Blok Diagram PLTMH dengan Kontrol Valve

Pada Gambar 4 dapat dilihat bahwa diagram blok PLTMH dengan kontrol *valve* untuk unit pembangkit listrik tenaga mikrohidro yang menghasilkan tenaga listrik. Kontrol *valve* dilakukan untuk mengatur putaran turbin (frekuensi) agar saat beban naik ataupun turun frekuensi relatif konstan. Untuk fungsinya tersebut, pengaturan kecepatan turbin berdasarkan sinyal umpan balik dari frekuensi. Frekuensi berbanding lurus dengan kecepatan rotasi turbin dan perubahan frekuensi pada generator di deteksi oleh sensor frekuensi, saat terdapat selisih antara frekuensi yang dihasilkan generator dan referensi frekuensi maka PID akan mengontrol motor servo untuk mengatur aliran air. Model ini terdiri dari *hydrolic turbine* dan *electro hydro servo* sebagai aktuator.

B. Pemodelan Governor

Ketika sistem turbin hidrolik dan motor hidro-listrik dimasukkan dalam sistem *governor*, model *governor* dapat dinyatakan seperti pada Gambar 5.

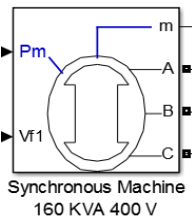


Gambar 5 Model Governor

Seperti dapat dilihat pada Gambar. 5, kontroler PID adalah pengendali dasar yang berlaku untuk sistem *governor* untuk menjamin frekuensi dalam frekuensi normal ketika ada beberapa perubahan beban selama kondisi beroperasi.

C. *Pemodelan Generator Sinkron*

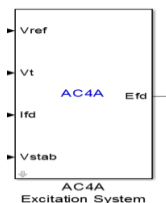
Blok generator *simulink* matlab yang akan digunakan pada sistem PLTMH ditampilkan pada Gambar 6 merupakan generator yang digunakan dalam analisa ini adalah generator sinkron 3 fasa.



Gambar 6 Model Generator Sinkron

D. *Pemodelan Sistem Eksitasi*

Pada simulasi matlab terdapat permodelan sistem eksitasi dengan tipe AC4A tinjauan untuk pemodelan eksitasi yang dirancang oleh IEEE *work group* pada refrensi “IEEE Recommended Practice for Excitation System Models for Power System Stability Studies.” IEEE Standard, Vol. 421, No. 5, 2005 (Revision of IEEE 521.5-1992)”, dan tersedia pada Matlab simulasi perangkat lunak dan di situs *MathWorks* dengan type eksitasi AC4A. Berikut ini adalah gambar blok dan model eksitasi *type* AC4A. Pada Gambar 7 adalah gambar blok dan model sistem eksitasi tipe AC4A.

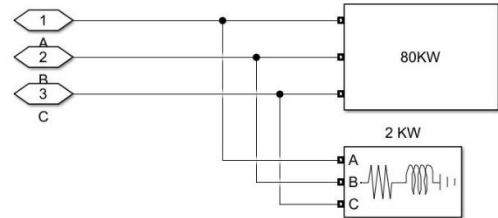


Gambar 7 Model Sistem Eksitasi

E. *Pemodelan Beban pada PLTMH*

Perancangan beban pada penelitian ini dibuat naik dan turun seperti beban pada PLTMH UMM 1. Pada perancangan beban menggunakan *circuit breaker* sehingga

beban akan berubah sesuai waktu yang diinginkan dan masing-masing beban akan dipararel. Perancangan beban resitif dan beban induktif dapat dilihat pada Gambar 8. *Breaker* akan berfungsi sebagai pemutus komponen atau peyambunng aliran listrik beban ke sistem. Sehingga nantinya dapat mengatur berapa besar nilai beban yang akan digunakan atau berapa besar nilai beban yang akan terhubung ke sistem yang akan menimbulkan naiknya nilai beban pada beberapa waktu dan juga dapat menimbulkan turunnya nilai beban pada beberapa waktu.



Gambar 8 Beban RL

F. *Perancangan kontrol PID-GA*

Kontroler yang digunakan pada pengerjaan penelitian ini adalah dengan menggunakan PID dengan parameternya dilakukan penalaan dengan menggunakan GA untuk mendapatkan kontroler yang optimal. Pada kasus ini, fungsi objektifnya adalah meminimalkan kesalahan antara nilai *setpoint* dengan keluaran aktual . Ukuran kromosom yang digunakan adalah 30 bit dengan masing-masing parameter bernilai 10 bit. Sehingga pada satu individu calon optimal terdapat tiga nilai yaitu Konstanta *Proportional* (K_p), Konstanta *Integral* (K_i), dan Konstanta *derivatif* (K_d).

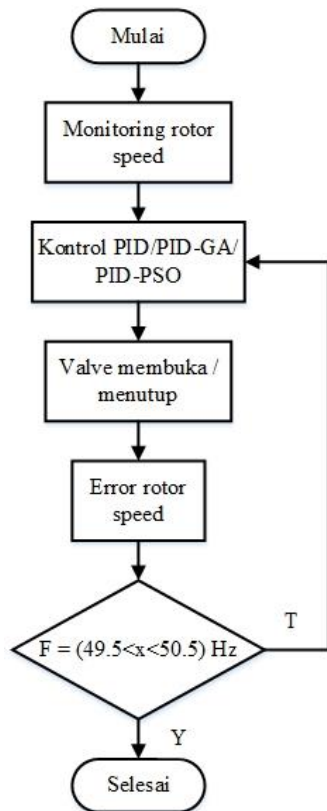
G. *Perancangan Kontrol PID-PSO*

Penggunaan PSO sebagai tala PID digunakan untuk mendapatkan nilai K_p , K_i dan K_d yang tepat. Untuk mendapatkan nilai *global best* pada PSO, digunakan perhitungan *Integral of Time Multiplied by Absolute Error* (ITAE) untuk menghitung nilai *error*. Persamaan 3.3 merupakan persamaan ITAE .

$$J = \int_0^{\infty} t|e(t)|dt \tag{3.3}$$

H. *Flowchart*

Gambar 9 merupakan *flowchart* sistem kontrol pengaturan aliran debit air dengan menggunakan kontroler PID untuk mengatur besaran *valve*, *valve* akan membuka atau menutup ketika terdapat *error* pada *rotor speed* yang mengakibatkan frekuensi tidak berada diantara 49,5 – 50,5 Hz.

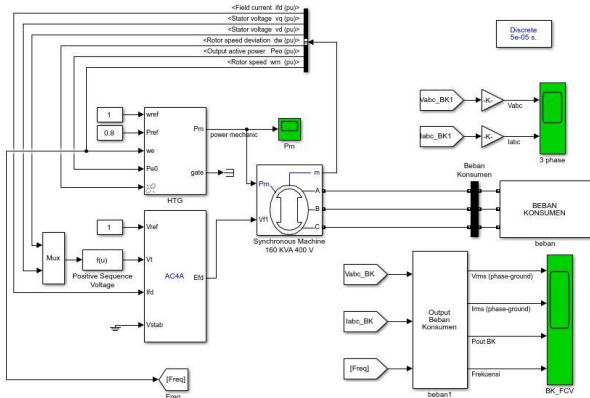


Gambar 9 Flowchart Alir Pengendalian Frekuensi

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini dijelaskan hasil simulasi kontrol frekuensi pada PLTMH. Pengujian pada simulasi dilakukan dengan menjalankan sistem PLTMH dengan kontrol PID, PID-GA, dan PID-PSO. Simulasi dilakukan pada aplikasi matlab R2018a dengan adanya beberapa perubahan beban antara lain 128 Kw, 118 Kw, dan 108 Kw.

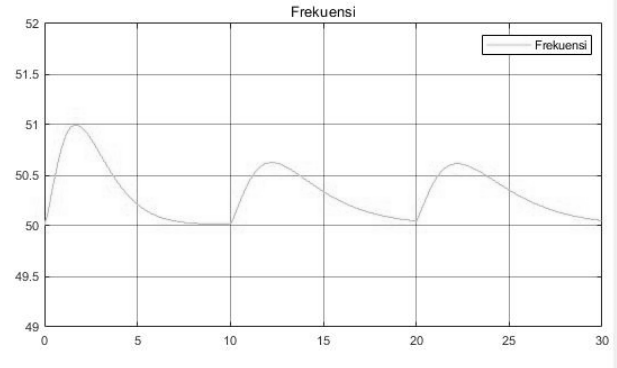
Gambar 10 merupakan pemodelan PLTMH yang sudah didesain telah dilengkapi dengan sistem eksitasi AC4A dan sistem *Flow Control Valve* (FCV). Pada pengujian yang dilakukan bertujuan untuk mengetahui kestabilan frekuensi saat menggunakan PID dengan metode GA dan PSO ketika terjadi perubahan *non-linear*.



Gambar 10 Pengujian Model PLTMH dengan Sistem Governor

A. Pengujian plant PLTMH dengan metode PID

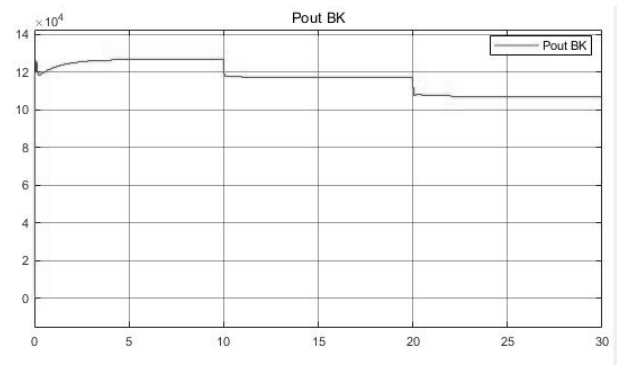
Pada pengujian plant PLTMH dengan metode PID penentuan Kp, Ki, dan Kd dilakukan secara trial and error dan dapat dilihat hasilnya pada Gambar 11 menunjukkan penurunan dan kenaikan nilai frekuensi setelah terjadi kenaikan dan penurunan nilai frekuensi akan kembali ke nilai nominal yaitu 50 Hz, yang terjadi karena *valve* memperbesar dan memperkecil bukaan saat terjadi perubahan beban dan pada Tabel 1 merupakan performa frekuensi saat menggunakan PID.



Gambar 11 Respon Frekuensi Sistem PLTMH dengan PID

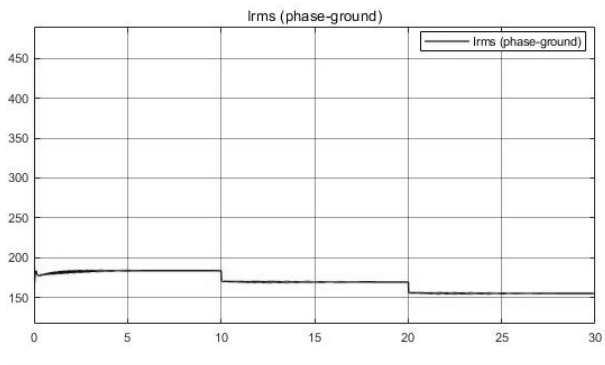
Tabel 1 Respon Frekuensi Menggunakan PID

Beban (Kw)	128	118	108
Settling time (s)	9.33	20	30
Overshoot max (Hz)	51	50.63	50.61
Overshoot min (Hz)	50	50.05	50.05
Error (%)	1	0.26	0.22

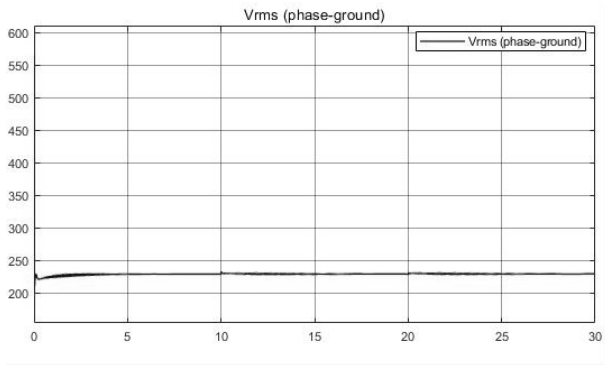


Gambar 12 Daya Beban Konsumen PLTMH dengan PID

Dapat dilihat dari hasil percobaan pengujian *plant* PLTMH menggunakan PID diatas frekuensi maksimum yang dihasilkan mencapai 51Hz dan frekuensi minimum mencapai 50Hz perubahan frekuensi tersebut disebabkan karena terjadi perubahan beban konsumen yang ditunjukkan pada Gambar 12. Dapat diketahui dari Gambar 11 dan Gambar 12 ketika nilai beban yang terhubung pada generator naik maka nilai frekuensi akan turun dan saat beban yang terhubung pada generator mengalami penurunan maka nilai frekuensi yang dihasilkan akan naik.



Gambar 13 Irms PLTMH dengan PID

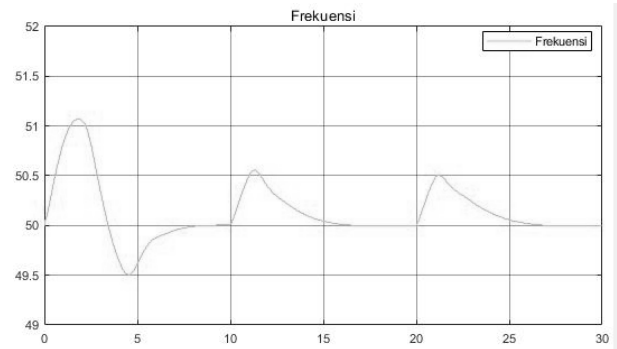


Gambar 14 Vrms PLTMH dengan PID

Pada Gambar 13 merupakan hasil tampilan *Irms* menggunakan PID . nilai *Irms* akan turun saat beban konsumen yang terhubung generator mengalami penurunan dan akan naik saat beban konsumen yang terhubung generator mengalami kenaikan. Sedangkan pada Gambar 14 yang merupakan hasil tampilan *Vrms* menggunakan PID dapat diketahui bahwa PID mampu menstabilkan tegangan *line to netral* mendekati nilai tegangan sebesar 220 volt.

B. Pengujian plant PLTMH dengan metode PID-GA

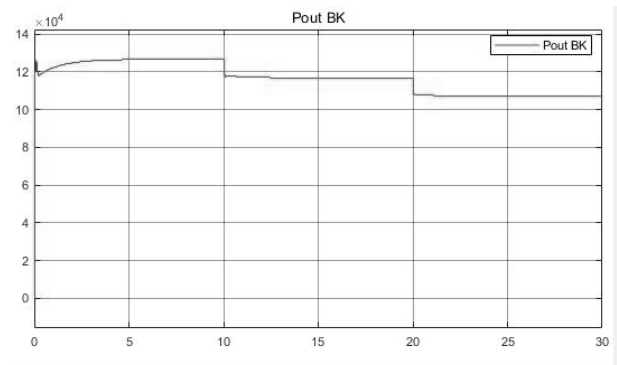
Pada pengujian ini bertujuan untuk mengetahui perbaikan kestabilan nilai frekuensi yang dihasilkan bila menggunakan metode PID-GA saat terjadi perubahan beban *non-linear*. Pada pengujian *plant* PLTMH diberi beban berubah-ubah dengan beban awal 128kW. Dan respon sistem yang terjadi pada *plant* PLTMH terlihat seperti Gambar 15 , sedangkan untuk performa frekuensi menggunakan PID-GA terdapat pada Tabel 2.



Gambar 15 Respon Frekuensi PLTMH dengan PID-GA

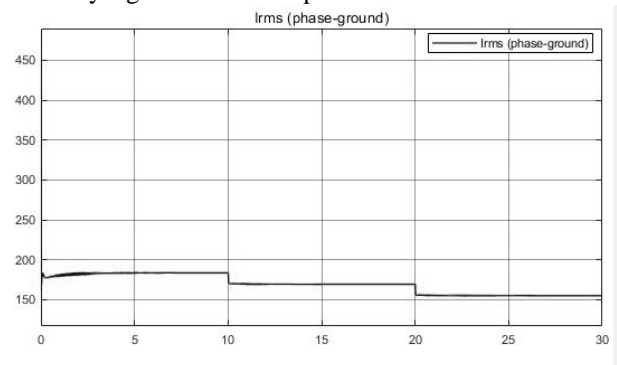
Tabel 2 Respon Frekuensi Menggunakan PID-GA

Beban (Kw)	128	118	108
Settling time (s)	8.49	17.01	27.23
Overshoot max (Hz)	51.07	50.56	50.5
Overshoot min (Hz)	49.51	50	50
Error (%)	1.14	0.26	0

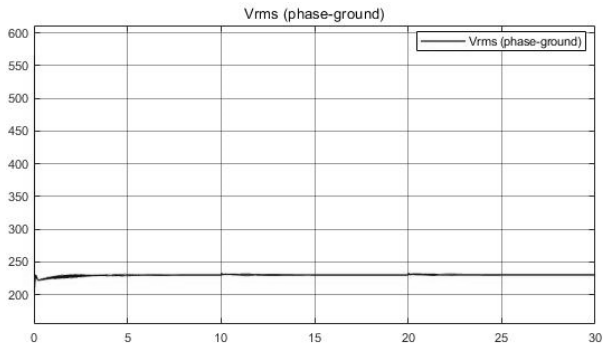


Gambar 16 Daya Beban Konsumen PLTMH dengan PID-GA

Pada Gambar 16 yang merupakan respon frekuensi saat terjadi penambahan dan penurunan beban konsumen dapat dilihat bahwa frekuensi maksimal mencapai 50.1 Hz dan frekuensi minimum mencapai 49.5 Hz, pada saat terjadi penurunan beban yaitu pada detik ke-10 frekuensi mengalami kenaikan yaitu mencapai 50,6 Hz dan kembali stabil pada detik ke-16 selanjutnya terjadi penurunan beban pada detik ke-20 dan terjadi kenaikan frekuensi mencapai 50.5 Hz yang kembali stabil pada detik ke 26.



Gambar 17 Irms PLTMH dengan PID-GA

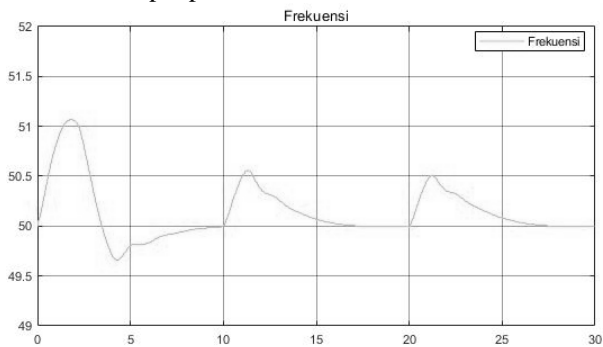


Gambar 18 Vrms PLTMH dengan PID-GA

Dapat dilihat pada Gambar 17 bahwa terjadi perubahan nilai *Irms* pada arus *phase to ground*, perubahan nilai *Irms* tersebut mengikuti besar perubahan beban pada sistem. Sedangkan tegangan *phase to ground* pada gambar 18 tetap stabil dengan tegangan *rms* 230V.

C. Pengujian plant PLTMH dengan metode PID-PSO

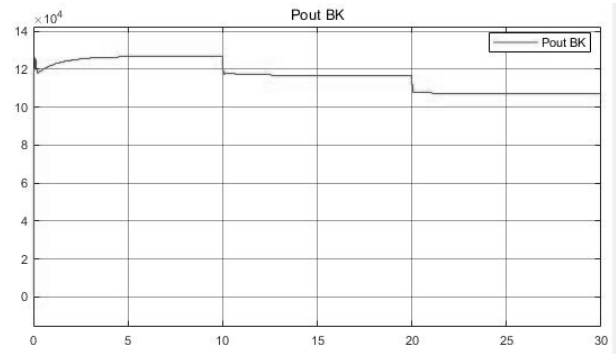
Pada pengujian kali ini menggunakan metode kontrol PID-PSO yang bertujuan untuk mengetahui kestabilan nilai frekuensi ketika terjadi perubahan beban yang *non-linier*. Pada pengujian yang dilakukan diberikan beban yang berubah-ubah dengan beban awal 128kW. Respon frekuensi sistem yang terjadi dalam *plant* PLTMH terlihat seperti Gambar 19, sedangkan untuk performa frekuensi terdapat pada tabel 3.



Gambar 19 Respon Frekuensi PLTMH dengan PID-PSO

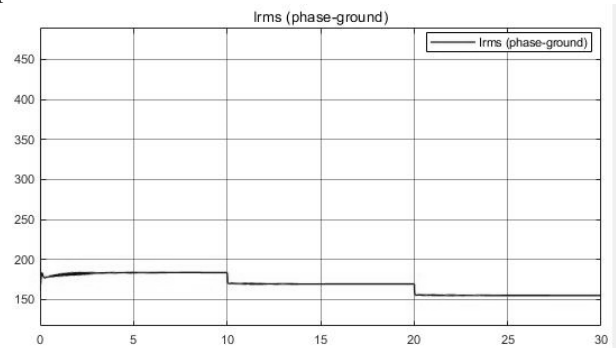
Tabel 3 Respon Frekuensi Menggunakan PID-PSO

Beban (Kw)	128	118	108
Settling time (s)	8.79	17.01	27.23
Overshoot max (Hz)	51.07	50.56	50.5
Overshoot min (Hz)	49.66	50	50
Error (%)	1.41	0.12	0

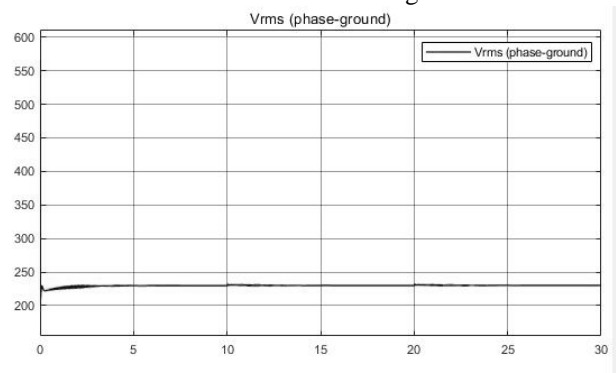


Gambar 20 Daya Beban Konsumen PLTMH dengan PID-PSO

Pada Gambar 20 yang merupakan respon frekuensi PLTMH menggunakan metode PID-PSO dapat dilihat bahwa frekuensi maksimum mencapai 51,1Hz dan frekuensi minimum mencapai 49,7Hz yang terjadi saat start percobaan selanjutnya pada detik ke-10 frekuensi kembali mengalami kenaikan mencapai 50,6Hz dan kembali stabil pada detik ke-16 ,frekuensi kembali naik saat detik ke-20 besarnya mencapai 50,5Hz dan stabil pada detik ke-27. dapat dilihat pada gambar 20 dan gambar 19 Perubahan frekuensi terjadi saat beban konsumen mengalami kenaikan ataupun penurunan



Gambar 21 Irms PLTMH dengan PID-PSO

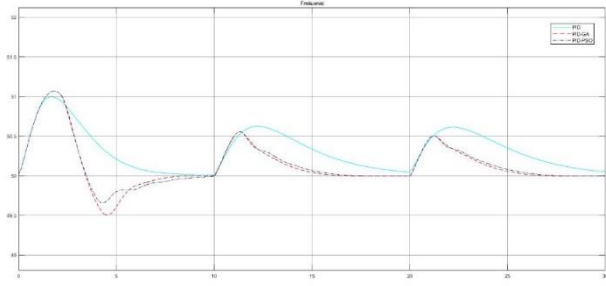


Gambar 22 Vrms PLTMH dengan PID-PSO

Pada percobaan menggunakan metode PID-PSO dapat dilihat pada Gambar 21 bahwa terjadi perubahan nilai

Irms, perubahan tersebut terjadi saat beban konsumen juga mengalami perubahan.

D. Perbandingan antara PID, PID-GA, dan PID-PSO



Gambar 23 Perbandingan Respon Frekuensi pada Sistem FCV Menggunakan PID, PID-GA, dan PID-PSO

Tabel 4 Perbandingan Respon Frekuensi pada Sistem FCV Menggunakan PID, PID-GA, dan PID-PSO

Metode Kontrol	PI	PI-D	PI-D-PS	PI-D-O	PI-D-GA	PI-D-PS	PI-D-O	PI-D-GA	PI-D-PS	PI-D-O
Beban (Kw)	128			118			108			
Settling Time (s)	9.33	8.49	8.79	20.01	17.01	17.01	30.01	27.22	27.23	
Overshoot max (Hz)	51.07	51.07	51.07	50.63	50.56	50.56	50.61	50.5	50.5	
Overshoot min (Hz)	50.51	49.51	49.66	50.05	50.05	50.05	50.05	50.05	50.05	
Error (%)	1.4	1.1	1.4	0.26	0.16	0.16	0.26	0	0	

Dari Gambar 23 dan Tabel 4 merupakan performa FCV menggunakan kontroler PID, PID-GA, dan PID-PSO dapat dilihat bahwa beban 128Kw PID mampu mengontrol frekuensi maksimal pada 51Hz dan frekuensi minimum pada 50Hz, *settling time* pada detik ke 9.33, sedangkan pada PID-GA frekuensi maksimal mencapai 51.07Hz sedangkan untuk frekuensi minimum mencapai 49.51Hz dan *settling* pada detik ke 8.49, selanjutnya pada PID-PSO mampu mengontrol frekuensi maksimal mencapai 51.07Hz dan frekuensi minimum mencapai 49.66Hz untuk *settling time* pada detik ke 8.79.

Pada beban 118Kw PID mampu mengontrol frekuensi maksimal mencapai 50.63 dengan *settling time* mencapai 20 detik, sedangkan dengan kontroler PID-GA frekuensi maksimal mencapai 50.56Hz dan *settling time* pada detik ke 17.01, dengan kontroler PID-PSO *settling time* pada detik ke 17.01 dan frekuensi maksimal mencapai 50.56Hz. Saat beban sebesar 108Kw frekuensi maksimal

pada kontroler PID mencapai 50.61Hz dan *settling time* pada detik ke 30, sedangkan pada PID-GA *settling time* pada detik ke 27.22 dan frekuensi maksimal mencapai 50.5Hz, pada PID-PSO frekuensi maksimal mencapai 50.5Hz dan *settling time* pada detik 27.23. berdasarkan perbandingan pada Tabel 4 dan Gambar 23 dapat diketahui bahwa *settling time* tercepat saat pada kontroler PID-GA, untuk *overshoot* dan *settling time* menggunakan PID-GA dan PID-PSO keduanya relatif sama.

V. Kesimpulan

Dari simulasi yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa pengaturan frekuensi pada PLTMH dengan PID berbasis GA dan PSO bahwa saat terjadi perubahan beban penalaan kontrol PID menggunakan GA maupun PSO terbukti dapat memperbaiki respon sistem. Selain itu penggunaan kontrol PID tanpa penalaan menghasilkan respon sistem dengan *settling time* yang lambat jika dibandingkan saat penalaan PID menggunakan GA maupun PSO dan untuk *settling time* paling cepat diperoleh dari penggunaan PID GA yaitu 8.49s saat beban 128 Kw, 17.01 saat beban 118 Kw dan 27.22s saat beban 108 Kw. Untuk *overshoot* dan *settling time* dari kontrol PID akibat penggunaan GA maupun PSO relatif sama.

Referensi

- [1.] Hanifa M.R., Rosma I.H., “ Optimasi Sistem Pengendalian Frekuensi Dengan Metode Kontrol Optimal *Linier Quadratic Regulator* Pada Pltu” Jom F TEKNIK Volume 5 No.1 April,2018
- [2.] Anggriani D.P, Effendie R.,“ Pengendalian Frekuensi dengan Menggunakan Kontrol *Fuzzy* Prediktif pada Simulator Plant Turbin – Generator pada PLTU ” JURNAL TEKNIK ITS Vol. 1, No. 1, Sept, 2012
- [3.] Muhammad Fahreza. Hamdani, Zuraidah Tharo “ Pemodelan Dan Pengendalian Frekuensi Sistem Tenaga Listrik Pada Simulator Pembangkit Listrik Tenaga Uap ” *Semnastek Uisu* ,2019
- [4.] Tuegeh, Maickel, Soeprijanto Soeprijanto, and Mauridhi H. Purnomo. "Modified improved particle swarm optimization for optimal generator scheduling." *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi (SNATI)*. 2009.
- [5.] Regar R., Jangid R., and Parikh K., "Load Frequency Control of Two Area System Using Genetic Algorithm." *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)* Vol. 6 Issue 04, April,2017
- [6.] Siswanto, Tri, et al. "Desain Optimal Load Frequency Control (LFC) Pada Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) Menggunakan Metode Particle Swarm Optimization (PSO)." *SENTIA* 2016 8.2,2016.
- [7.] Ogata, Katsuhiko. *Modern Control Engineering*..New Jersey : Prentice Hall.1997.

- [8.] Chipperfield, "Introduction to genetic algorithms," in *Genetic Algorithms in Engineering Systems*, Stevenage, *IEE Engineering Series*, pp. 1-41, 1997.
- [9.] Obitko, M. *Introduction to Genetic Algorithm*; Czech Technical University: Prague, Czech Republic, 1998.
- [10.] Setyo W, Erdyana, Rifan M., and Utomo T., "Perancangan Electronic Load Controller (Elc) Sebagai Penstabil Frekuensi Pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (Pltmh)." *Jurnal Mahasiswa TEUB* 2.5, 2014.
- [11.] Tuegeh, Maickel, Soeprijanto Soeprijanto, and Mauridhi H. Purnomo. "Modified improved particle swarm optimization for optimal generator scheduling." *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi (SNATI)*. 2009.
- [12.] Usman, A.A; & Abdulkadir, R.A. 2015. "Modelling and Simulation of Micro Hydro Power Using Matlab simulink". *International Journal of Advanced Technology in Engineering and Science*, 3.1
- [13.] HAS, Zulfatman, et al. Integrated Frequency Control of Microhydro Power Plant Based Flow Valve Control and Electronic Load Controller. In: *2018 IEEE Conference on Systems, Process and Control (ICSPC)*. IEEE, p. 244-249, 2018.
- [14.] Chen, Ying, Yong-jie Ma, and Wen-xia Yun. "Application of improved genetic algorithm in PID controller parameters optimization." *Telkonnika* 11.3 (2013): 1524.
- [15.] Siswanto, Tri, et al. "Desain Optimal Load Frequency Control (LFC) Pada Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) Menggunakan Metode Particle Swarm Optimization (PSO)." *SENTIA* 2016 8.2, 2016.