

PEMODELAN SISTEM PENGONTROL FREKUENSI PADA PLTMH PTPN VI KAYU ARO

**Kartiria*¹, *Sitti Amalia*², *Rafika Andari*³, *Gatot Gumbara*⁴

Fakultas Teknik, Institut Teknologi Padang, Indonesia
kartiriasonata@gmail.com. *Corresponding author

Abstrak: Pemodelan Sistem Pengontrolan Frekuensi pada PLTMH PTPN Kayu Aro. Pada sistem PLTMH ini sering terjadi masalah terutama ketidakstabilan penyaluran yang disebabkan oleh perubahan beban. Sehingga menyebabkan frekuensi dalam sistem pembangkit tersebut tidak stabil yang dapat mengakibatkan peralatan listrik rusak. Oleh karena itu dalam penelitian ini mengoptimalkan kontrol frekuensi dengan menggunakan kontrol PID untuk mengatur *Load Frequency Control (FLC)*. Untuk mendapatkan parameter kontrol PID yang optimal digunakan metode Ziegler-Nichols. Sistem pembangkit tenaga mikro hidro dalam penelitian ini menggunakan generator induksi, servo dioperasikan sebagai governor dan beberapa komponen lainnya. Pembangkit ini dimodelkan dalam simulasi menggunakan program *matlab-simulink*. Hasil dari simulasi tersebut menunjukkan ketika sistem kontrol PID diberikan parameter $K_i=15,20$, $K_p=1,03$ dan $K_d=0,533$ sistem menghasilkan waktu respon frekuensi yang cepat dengan nilai *rise time* 2,002s sedangkan nilai *overshoot* 0,132%

Kata kunci: Load Frequency Control (LFC), Kontrol PID, PLTMH.

Abstract: Frequency Control System Modeling at PLTMH PTPN Kayu Aro . In this PLTMH system, problems often occur, especially distribution instability caused by changes in load. This causes the frequency in the generating system to be unstable which can result in damaged electrical equipment. Therefore, in this study, optimizing the frequency control by using PID control to adjust the Load Frequency Control (FLC). To obtain optimal PID control parameters, the Ziegler- Nichols method was used. The micro hydro power system in this study uses an induction generator, a servo operated as a governor and several other components. This generator is modeled in a simulation using the matlab-simulink program. The results of the simulation show that when the PID control system is given parameters $K_i=15.20$, $K_p=1.03$ and $K_d=0.533$, the system produces a fast frequency response time with a rise time value of 2.002s while the overshoot value is 0.132%.

Keywords: Load Frequency Control (LFC), Kontrol PID, PLTMH.

History & License of Article Publication:

Received: 15/11/2022 **Revision:** 20/11/2022 **Published:** 31/12/2022

DOI: <https://doi.org/10.37971/radial.v10i2.291>



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

PENDAHULUAN

PLTMH merupakan pembangkit listrik dalam skala yang relatif kecil yang menggunakan tenaga air sebagai tenaga penggerak seperti air terjun, irigasi dengan cara memanfaatkan tinggi terjunan dan jumlah debit air. Untuk PLTMH dengan skala kecil dapat menggunakan generator sinkron sebagai konversi energi mekanik ke energi listrik dengan harga yang relatif murah, konstruksinya yang kuat dan mudah dalam pengoperasian. Umumnya generator PLTMH yang berkapasitas puluhan Kilo Watt memerlukan peralatan

tambahan agar generatornya membangkitkan tegangan sesuai dengan ketentuan yang baku, yaitu tegangan 220 V (fase 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. (Pratiwi and Isdiyato, 2019) (Rohman, Negara and Supeno, 2017). Stabilitas adalah masalah utama dalam tenaga listrik dalam sistem operasi, karena kecepatan rata-rata untuk semua generator harus sama atau sinkron dalam kondisi konstan. Frekuensi dan tegangan generator mikrohidro sangat dipengaruhi oleh kecepatan putar generator (Robandi, 2009).

Pada PLTMH PTPN VI Kayu Aro mempunyai kapasitas pembangkit 900 kVA untuk menyuplai kebutuhan listrik pada pabrik teh yang berada di kabupaten Kerinci, Provinsi Jambi. Dari hasil tinjauan, penulis mendapatkan data nilai frekuensi yang kerap kali berubah-ubah dengan nilai frekuensi 49-53 Hz, frekuensi tersebut telah melebihi nilai standar frekuensi yang berlaku di Indonesia yaitu frekuensi 50 Hz (dengan variasi ISSN:2085-6989 antara 49,5-50,5 Hz) hal ini disebabkan karena beban dari generator sinkron pada PLTMH PTPN VI Kayu Aro berubah-ubah.(Anthony, 2018). Kecepatan putaran generator dipengaruhi oleh beban. Pada malam hari hampir sembilan puluh persen rumah mematikan lampu, sehingga berdampak pada penurunan tekanan pada mikrohidro. Ini membuat roda gerak berputar lebih cepat. Guna menekan dampak besaran listrik dan, jika terlalu tinggi, alat elektronik yang digunakan di rumah bisa rusak. Oleh karena itu sangat penting untuk mengatur frekuensi agar selalu pada wilayah kerja antara 49 Hz sampai 51 Hz (Syarifuddin Nojeng, 2019).

Jika beban generator berubah, maka akan mempengaruhi kecepatan rotor generator. Perubahan kecepatan rotor ini secara langsung akan mempengaruhi frekuensi yang dihasilkan generator. Jika frekuensi dibiarkan tidak stabil maka akan berdampak negative Pada sistem tersebut dan dapat merusak peralatan listrik yang ada pada pabrik teh tersebut seperti motor-motor listrik, komponen-komponen elektronik yang digunakan pada pabrik tersebut, (Anthony, 2018)

Untuk meminimalisir perubahan frekuensi akibat perubahan beban dibutuhkan sistem pengendalian yang bisa menjaga nilai frekuensi antara 49,5 Hz-50,5 Hz sesuai dengan standar secara otomatis yaitu dengan mengatur posisi *gate* sehingga aliran air yang masuk dapat disesuaikan dengan beban, ataupun menyesuaikan daya beban pada sistem dengan pembangkit untuk peredaman isolasi frekuensi yang terjadi. Maka dibutuhkan sebuah teknologi untuk mengoptimalkan kinerja dari unit pembangkit listrik tenaga mikrohidro, yaitu dengan mengaplikasikan *Load Frequency Control* (LFC). (Kurniwanto, Setijadi and Hery, 2005)

Sehingga pada penelitian ini akan dirancang suatu model pengontrolan frekuensi pada PLTMH PTPN VI Kayu Aro, model ini dirancang dengan menggunakan matlab simulink. Mekanisme ini dirancang dengan menggunakan *Proportional-Integral-*

Pemodelan system pengontrol frekuensi pada PLTMH PTPN VI Kayu Aro (**Kartiria**)

<https://stitek-binataruna.e-journal.id/radial/index>

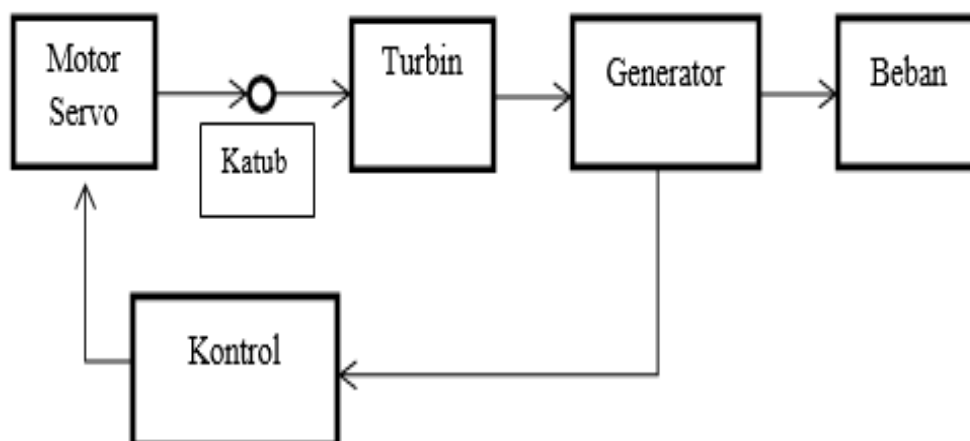
Derivative (PID) Controller. Penentuan parameter kontrol PID menggunakan metode *Zigler-Nichols* Metode ini memiliki kelebihan dibandingkan dengan metode klasik. Salah satu kelebihan tersebut adalah tidak ditekankannya penurunan model matematik komponen yang akan diatur (plant). Dengan harapan pengontrolan ini bisa menjaga frekuensi tetap stabil pada PLTMH PTPN VI tersebut.

METODE

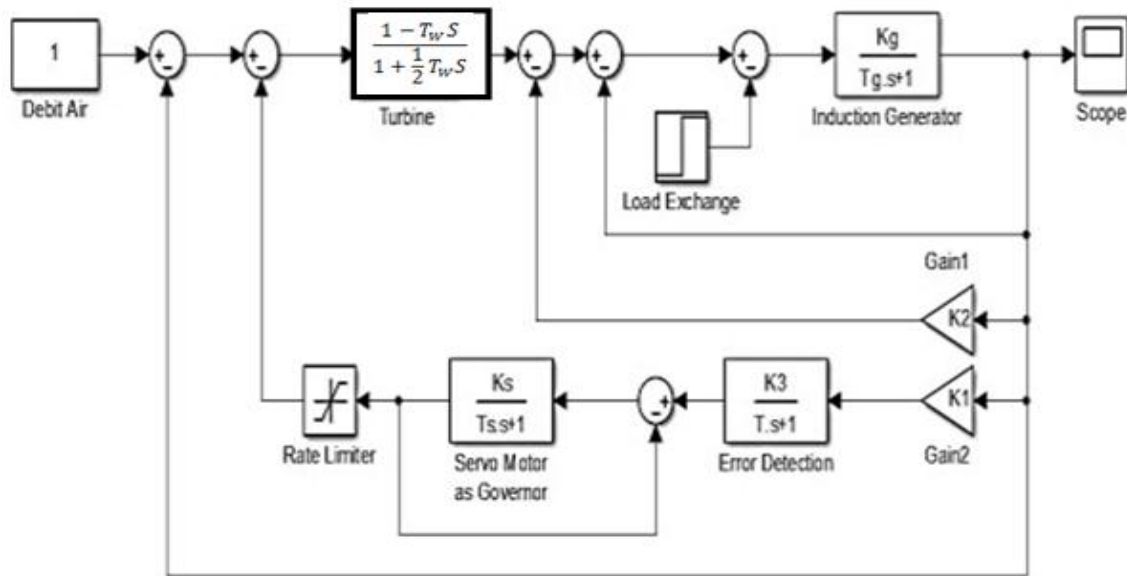
Pelaksanaan penelitian dimulai dengan tahapan pengumpulan data pembangkit listrik tenaga mikrohidro, setelah mendapatkan data-data yang dibutuhkan selanjutnya dilakukan pemodelan sistem pembangkit listrik tenaga mikrohidro beserta kontrol PID menggunakan software matlab simulink. Kemudian dirancanglah simulasi pemodelan sistem pembangkit listrik tenaga mikrohidro menggunakan kontrol PID, dari hasil pemodelan sistem tersebut dapat terlihat perbedaan nilai overshoot dan rise time pada hasil simulasi tersebut. Pada tahap ini pula dilakukan pencarian nilai konstanta K_p , K_i , dan K_d menggunakan metode zigler-nichols untuk mendapatkan sistem yang stabil pada pembangkit listrik tenaga mikrohidro.

Setelah dilakukannya simulasi pada model sistem pembangkit listrik tenaga mikrohidro menggunakan kontrol PID kemudian akan dibandingkan dengan cara melihat respon frekuensi dari masing-masing pembangkitan, setelah diperoleh parameter tersebut maka sistem yang disimulasikan bisa dibandingkan satu sama lain.

Dibawah ini merupakan gambar diagram blok sistem pembangkit listrik tenaga mikrohidro pada PLTMH PTPN VI Kayu Aro.



Gambar 1. Blok system pembangkit PLTMH PTPN VI Kayu Aro



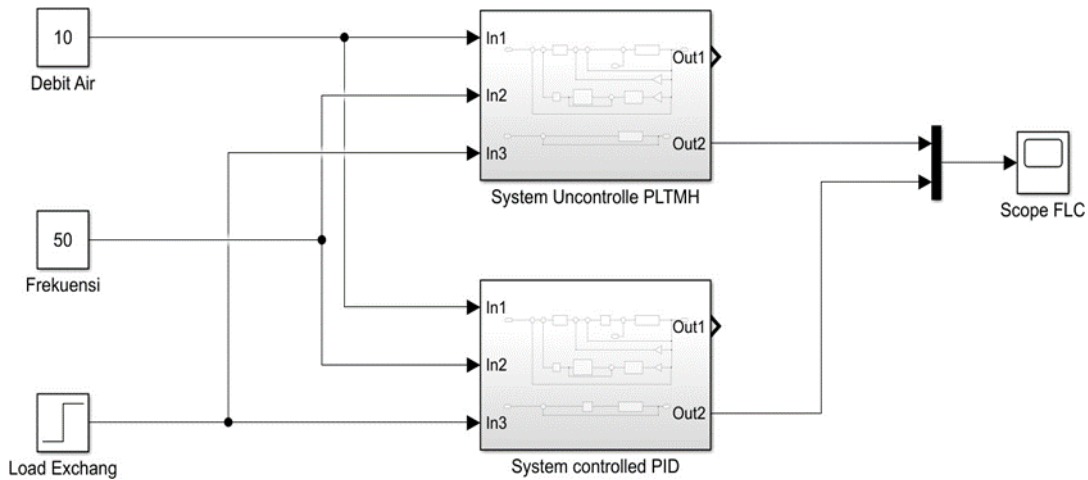
Gambar 2. Model subsistem pembangkit PLTMH PTPN VI Kayu Aro

HASIL DAN PEMBAHASAN

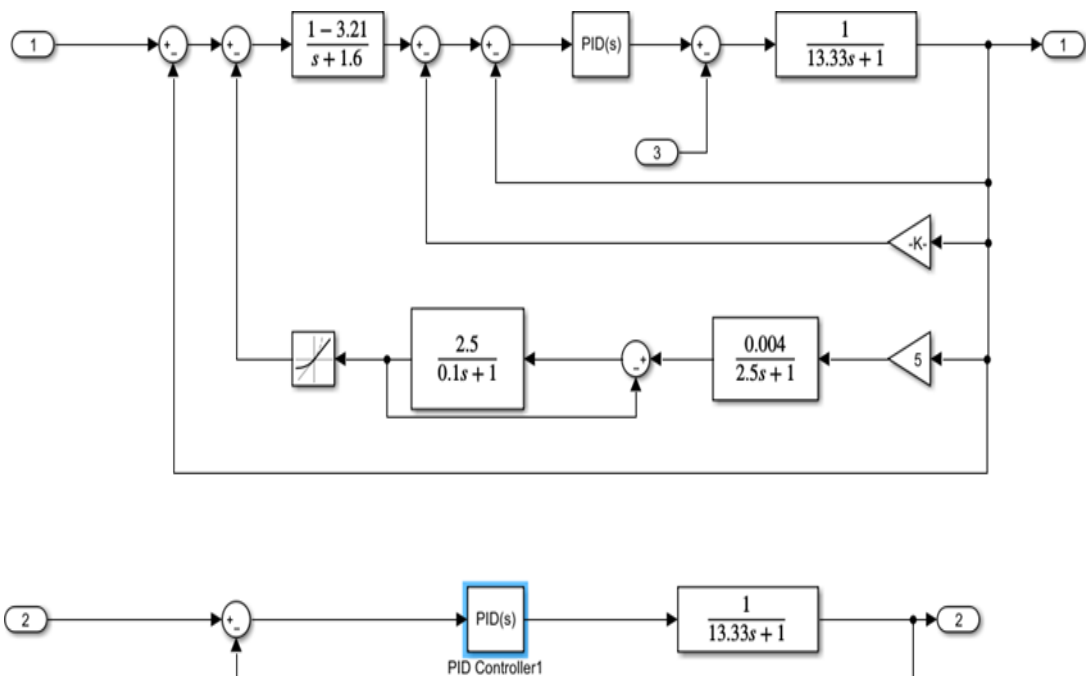
Pada gambar diagram blok sistem PLTMH diatas terdapat parameter-parameter yang menunjukkan masing-masing dari bagian pembangkit listrik tenaga mikro hidro. Dimulai dari bagian input sistem yang nilainya diperoleh dari besarnya debit air. Selanjutnya masuk pada blok turbin air yang memiliki parameter T_w pada turbin, energi air yang memutar turbin dikonversikan menjadi daya mekanis yang menjadi salah satu nilai masukan untuk generator. Dari blok pendeteksi eror sinyal akan diteruskan ke blok servo motor yang digunakan sebagai governor. Pada blok ini terdapat parameter K_s dan T_s . Adapun pada sisi output governor ada sinyal yang diumpun balikkan sebagai nilai masukan pada nilai governor tersebut. Juga output dari governor ini diteruskan ke rate limiter yang berfungsi untuk membatasi sinyal sinyal pada nilai saturasi paling tinggi dan paling rendah yang telah ditentukan. Dari keluaran rate limiter ini diteruskan sebagai masukan pada blok turbin air.

Simulasi Sistem PLTMH pada Matlab Simulink

Pada simulasi penelitian ini, running program dilakukan menggunakan software MATLAB 2018a. Untuk skema simulink dapat dilihat pada Gambar 3 dibawah ini, terdapat beberapa parameter-parameter disetiap blok. Masukan nilai-nilai parameter yang telah didapat pada tabel 3 kedalam blok diagram yang telah dibuat, untuk blok pada turbin masukan nilai paramete $T_b=1s$, selanjutnya pada blok generator masukan nilai parameter $K_g=1s$ dan nilai parameter $T_g=13,333s$,selanjutnya masukan Nilai parameter $K_1=5$ dan $K_2=8,52$. Kemudian masuk pada blok error detection dimana nilai parameter $K_3=0,004$ dan nilai parameter $T_s=0,1s$. Kemudian pada blok servo motor governor terdapat nilai parameter $K_s=2,5$ dan nilai parameter $T_s=0,1s$. Setelah semua nilai parameter pada blok dimasukan selanjutnya jalankan program simulink dengan menambahkan parameter kontrol PID seperti nilai K_p, K_i dan K_d kedalam sistem kontrol.



Gambar 3 Diagram Blok Sistem PLTMH Pada Matlab Simulink



Gambar 4 Diagram blok sistem PLTMH yang dilengkapi dengan kontrol PID

Dari gambar 4 diatas maka dapat dicari nilai parameter K_p, K_i dan K_d . $L = 3,75$

$$T = 44,5 - 3,75 = 40,75$$

Keterangan :

L = waktu tunda

T = konstanta waktu

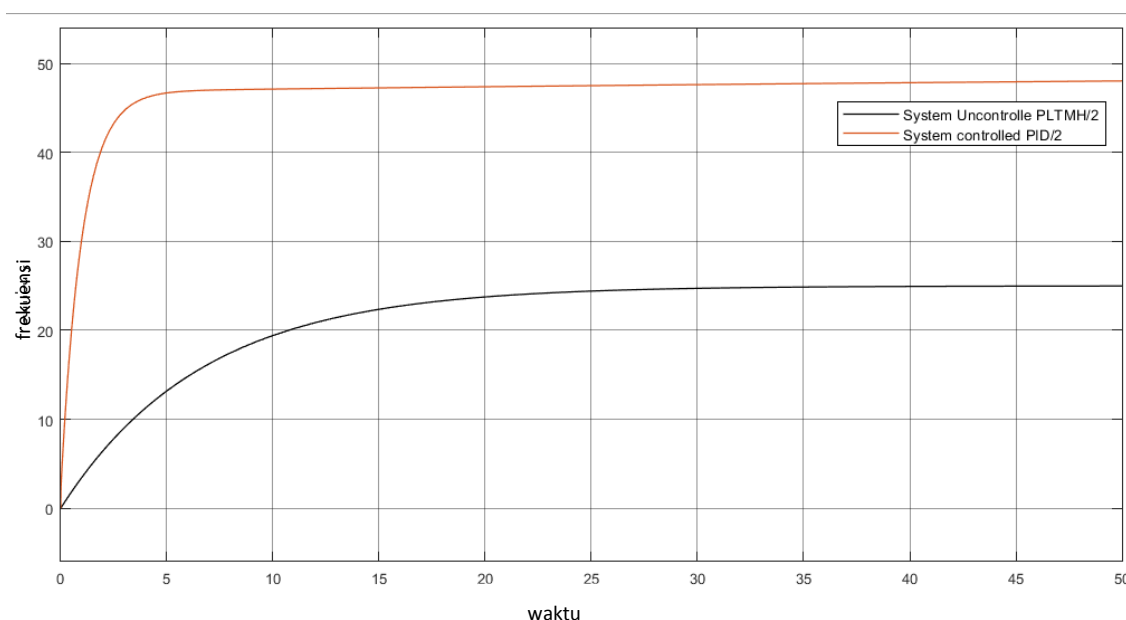
Menghitung nilai konstanta K_p, K_i dan K_d menggunakan tabek formula zigler nichols, maka :

$$\begin{aligned}
 K_p &= 1,2(T/L) & K_i &= 1/T_i & K_d &= 1/T_d \\
 &= 1,2(40,75/3,75) & &= 1/(2 \times 3,75) & &= 1/(0,5 \times 3,75) \\
 &= 1,2(10,866) & &= 1/(7,5) & &= 1/(1,875) \\
 &= 13,04 & &= 0,133 & &= 0,533
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan diatas didapat nilai dari masing-masing pengontrolan dengan nilai $K_p = 13,4$, $K_i = 0,133$ dan $K_d = 0,533$. Masukkan nilai parameter PID yang telah didapat kedalam blok diagram sistem yang telah dibuat sebelumnya.

Hasil Respon Frekuensi pada Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Percobaan pertama untuk menentukan nilai K_p

Dengan memasukkan nilai $K_p = 13,04$, $K_i = 0,133$ dan $K_d = 0,533$. Hasil respon ketika pembangkit listrik tenaga mikro hidro diberi perubahan beban pada waktu $t=25$ detik di dapatkan hasil grafik dibawah ini :



Gambar 5 Grafik respon frekuensi PLTMH

Tabel 1 Nilai hasil respon frekuensi PLTMH

| Tanpa kontrol PID | | Menggunakan kontrol PID | |
|-------------------|--------------|-------------------------|--------------|
| Rise time(s) | Overshoot(%) | Rise time(s) | Overshoot(%) |
| 14,323 | - | 2,271 | -0,357 |

Pada tabel 1 diatas terlihat bahwa sistem tanpa kontrol memiliki nilai rise time yang besar yaitu 14,323 sedangkan nilai overshootnya tidak ada, sedangkan nilai rise time yang menggunakan kontrol PID dapat diperkecil hingga 2,271s sedangkan overshoot nya sangat kecil yaitu -0,357% namun respon sistem ini belum mencapai di angka 50 Hz terlihat pada gambar 5 Hasil respon frekuensi PLTMH di atas. Simulasi dilakukan dengan menukar

nilai parameter Kp sebanyak sepuluh kali sesuai dengan tabel 2 dibawah ini :

Tabel 2 Nilai Parameter Kp, Ki dan Kd

| No | Parameter | Nilai | | | | | | | | | |
|----|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | Kp | 13,04 | 13,20 | 13,40 | 13,60 | 13,80 | 14,00 | 14,20 | 14,40 | 15,00 | 15,20 |
| 2 | Ki | 0,133 | 0,133 | 0,133 | 0,133 | 0,133 | 0,133 | 0,133 | 0,133 | 0,133 | 0,133 |
| 3 | Kd | 0,533 | 0,533 | 0,533 | 0,533 | 0,533 | 0,533 | 0,533 | 0,533 | 0,533 | 0,533 |

Berdasarkan tabel diatas simulasi dilakukan sepuluh kali dengan mengubah-ubah nilai parameter Kp guna untuk mendapatkan nilai parameter yang optimal, maka didapat nilai parameter Kp yang optimal pada simulasi ke sepuluh yaitu 15,20.

Tabel 3 Nilai hasil respon frekuensi PLTMH

| Tanpa kontrol PID | | Menggunakan kontrol PID | |
|-------------------|--------------|-------------------------|--------------|
| Rise time(s) | Overshoot(%) | Rise time(s) | Overshoot(%) |
| 14,310 | - | 2,009 | -1,001 |

Dari tabel diatas terlihat bahwa pada percobaan kesepuluh ini dengan memasukan nilai parameter Kp = 15,20, Ki = 0,133, dan Kd = 0,533 hasilnya dapat mempercepat waktu rise time dari 2,271s menjadi 2,009s sedangkan untuk overshoot nya berhasil di perkecil hingga - 1,001. Tapi pada grafik belum menunjukkan di angka 50Hz sesuai dengan yang diinginkan.

Percobaan kedua untuk menentukan nilai Ki

Kemudian dilakukan percobaan selanjutnya untuk mencari nilai Ki yang optimal, simulasi ini dilakukan sepuluh kali dengan mengubah-ubah parameter Ki agar mendapatkan parameter yang optimal. Adapun nilai parameter Ki yang diubah-ubah terlihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 4 Nilai Parameter Kp, Ki dan Kd

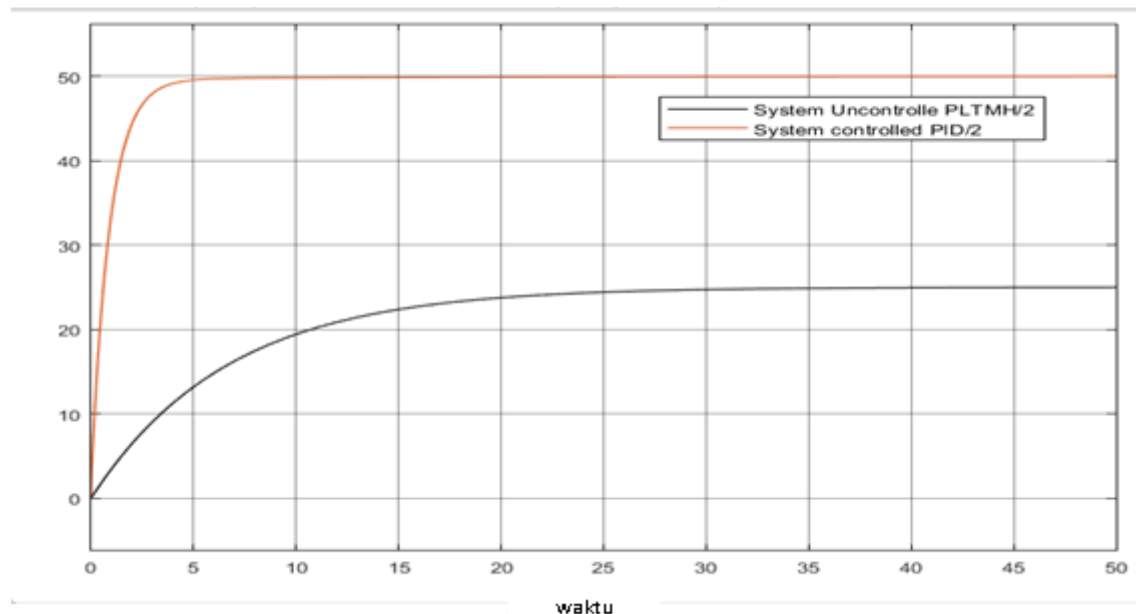
| No | Parameter | Nilai | | | | | | | | | |
|----|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | Kp | 15,20 | 15,20 | 15,20 | 15,20 | 15,20 | 15,20 | 15,20 | 15,20 | 15,20 | 15,20 |
| 2 | Ki | 0,133 | 0,23 | 0,63 | 1,03 | 1,43 | 1,83 | 2,03 | 2,23 | 2,63 | 3,00 |
| 3 | Kd | 0,533 | 0,533 | 0,533 | 0,533 | 0,533 | 0,533 | 0,533 | 0,533 | 0,533 | 0,533 |

Tabel 5 Nilai hasil respon frekuensi PLTMH

| Tanpa kontrol PID | | Menggunakan kontrol PID | |
|-------------------|--------------|-------------------------|--------------|
| Rise time(s) | Overshoot(%) | Rise time(s) | Overshoot(%) |
| 14,310 | - | 2,009 | -1,001 |

Untuk simulasi kesepuluh memberikan nilai parameter Kp = 15,20, Ki = 3,00 dan Kd = 0,533. Berdasarkan tabel perubahan nilai Ki di atas dari sepuluh kali percobaan di dapat

nilai K_i yang optimal pada percobaan ke empat dengan nilai $K_i = 1,03s$, maka grafik respon sistem frekuensi pada simulasi terlihat seperti pada gambar dibawah ini.



Gambar 6 grafik respon frekuensi pada PLTMH

Percobaan ketiga untuk menentukan nilai K_d

Kemudian dilakukan percobaan selanjutnya untuk mencari nilai K_d yang optimal, simulasi ini dilakukan sepuluh kali dengan mengubah-ubah parameter K_d agar mendapatkan parameter yang optimal. Adapun nilai parameter K_d yang diubah-ubah terlihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 6 Nilai Parameter K_p , K_i dan K_d

| No | Parameter | Nilai | | | | | | | | | |
|----|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | K_p | 15,20 | 15,20 | 15,20 | 15,20 | 15,20 | 15,20 | 15,20 | 15,20 | 15,20 | 15,20 |
| 2 | K_i | 1,03 | 1,03 | 1,03 | 1,03 | 1,03 | 1,03 | 1,03 | 1,03 | 1,03 | 1,03 |
| 3 | K_d | 0,533 | 1,63 | 2,73 | 3,83 | 4,93 | 5,03 | 6,13 | 7,23 | 8,33 | 9,43 |

Tabel 7 Nilai respon frekuensi pada PLTMH

| Tanpa kontrol PID | | Menggunakan kontrol PID | |
|-------------------|--------------|-------------------------|--------------|
| Rise time(s) | Overshoot(%) | Rise time(s) | Overshoot(%) |
| 14,318 | - | 2,736 | 0,312 |

Dari tabel diatas terlihat nilai rise time meningkat menjadi 2,736s dibanding dari percobaan pertama yaitu sebesar 2,004s, sedangkan nilai overshoot nya 0,312%. Nilai ini meningkat dikarenakan ada penambahan nilai parameter K_d pada sepuluh kali percobaan yang telah dilakukan.

KESIMPULAN

Dari hasil simulasi yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa pengendalian dengan menggunakan metode Ziegler Nichols didapatkan nilai $K_p=13,04$, $K_i=0,133$ dan $K_d=0,533$, dari nilai parameter tersebut didapat hasil respon frekuensi yang belum stabil karena grafik respon belum menyentuh angka 50Hz, sedangkan untuk nilai rise time nya adalah 2,271s dan untuk nilai overshootnya -0,537%, kemudian dilakukan pencarian nilai parameter K_p, K_i dan K_d dengan metode *trial and error*, percobaan ini dilakukan masing-masing sepuluh kali percobaan dari setiap parameter PID, maka didapat nilai parameter yang optimal yaitu dengan nilai $K_p = 15,20$, $K_i = 1,03$ dan $K_d = 0,533$. Dari parameter tersebut didapat nilai rise time yaitu 2,002s sedangkan untuk nilai overshoot nya yaitu 0,132% terlihat bahwa nilai rise time berhasil di percepat dari 2,271s menjadi 2,004s. Dan untuk frekuensi pada grafik respon sistem terlihat telah mencapai 50Hz. Ketika PLTMH diberikan perubahan tanpa mengguna kontrol PID PLTMH cenderung lambat untuk kembali dalam keadaan stabil. Sedangkan ketika pembangkit listrik tenaga mikro hidro menggunakan kontrol PID respon frekuensinya cenderung cepat untuk kembali dalam keadaan stabil dibuktikan dengan nilai rise time tanpa kontrol 14,323s dan ketika memakai kontrol PID nilai rise time nya sebesar 2,004s sedangkan ketika tidak memakai kontrol sistem tidak memiliki overshoot namun sistem tidak bisa mencapai nilai frekuensi yang diinginkan sedangkan yang menggunakan kontrol PID memiliki overshoot 0,151% namun sistem bisa mencapai nilai stabil lebih cepat dibanding sitem tanpa kontrol PID.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, M. (2004) 'Pembelajaran Perancangan Sistem Kontrol Pid Dengan Software Matlab', *Jurnal Edukasi Elektro*, 1(1), p. 2.
- Isnaeni, M. B. S. (2013) 'Evaluasi Kinerja IMAG pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Cokro Tulung Kabupaten Klaten', *JNTETI: Jurnal Nasional Teknik Elektro dan Teknologi Informasi UGM*, 2(4), pp. 3–8.
- Kurniwanto, A., Setijadi, E. and Hery, M. (2005) 'Metode Ant Colony Optimization (ACO)', pp. 79–84.
- Syarifuddin Nojeng, S. R. (2019). Design of the Electronic Load Controller Using Micro Controller Based Zero Crossing Detector For Pico-Hydro Power Plant. *Electrical and Electronics Engineering: An International Journal (ELELIJ)*, 1-7.
- Mustarin, T. (2015) 'Desain Optimal Load Frequency Control (LFC) dengan Superconducting Magnetic Energy Storage (SMES) pada Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro Menggunakan Metode Firefly Algorithm', p. 84. Available at: <http://repository.its.ac.id/52255/>.
- Pratiwi, N. D. and Isdiyato, I. (2019) 'Analisis Ketidakstabilan Tegangan dan Frekuensi Pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Soko Kembang', *Energi & Kelistrikan*, 11(2), pp. 129–137. doi: 10.33322/energi.v11i2.864.
- Robandi, I. (2009). *Modern power system control : desain, analisis, dan solusi kontrol tenaga listrik / Imam Robandi*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Rohman, A., Negara, M. A. P. and Supeno, B. (2017) 'Sistem Pengaturan Laju Aliran Air pada Plant Water Treatment Skala Rumah Tangga dengan Kontrol Fuzzy-Pid', *Berkala Sainstek*, 5(1), p. 29. doi: 10.19184/bst.v5i1.5371.
- Machrus Ali, M. R. (2018). Optimal Design Capacitive Energy Storage (CES) for Load Frequency Control in Micro Hydro Power Plant Using Flower Pollination Pemodelan system pengontrol frekuensi pada PLTMH PTPN VI Kayu Aro (**Kartiria**) <https://stitek-binataruna.e-journal.id/radial/index>

- Algorithm. 2018 *Electrical Power, Electronics, Communications, Controls and Informatics Seminar (EECCIS)*. Malang: IEEE.
- ‘Transient Phenomena in Electrical Power Systems’ (1965) *Transient Phenomena in Electrical Power Systems*. doi: 10.1016/c2013-0-08253-9.
- Utomo, T. (no date) ‘Perancangan electronic load controller (elc) sebagai penstabil frekuensi pada pembangkit listrik tenaga mikrohidro (pltmh)’, pp. 0–5.