

ANALISIS PERBANDINGAN RC FILTER DAN PI FILTER PADA SISTEM *CONTROLLER* TURBIN ANGIN *THE SKY DANCER* (TSD) 500 DI PT. LENTERA BUMI NUSANTARA

Noer Soedjarwanto ^{1*}, Saka Arif Aulia²

^{1,2}Jurusan Teknik Elektro, Universitas Lampung; Jl. Prof. Sumantri Brojonegoro No 1, Lampung

Riwayat artikel:

Received: 27 Februari 2024

Accepted: 30 Maret 2024

Published: 2 April 2024

Keywords:

Controller, Harmonik , PI filter

Correspondent Email:

noersoedjarwanto@gmail.com

Abstrak. Pada saat ini penggunaan energi baru terbarukan (EBT) di Indonesia mulai banyak digunakan. Salah satunya Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB). Pada sistem pembangkit listrik tenaga bayu skala mikro terdiri dari beberapa bagian, yaitu turbin angin (bilah), generator, *Controller*, data *logger*, baterai, dan juga inverter. Peran *Controller* pada sistem pembangkit listrik tenaga bayu cukup krusial, yaitu sebagai sistem proteksi, penyearah, pengontrol tegangan yang fluktuatif dari generator, arus, dan juga daya keluaran untuk disimpan di baterai. Pada sistem *Controller* turbin angin dibutuhkan tegangan yang ideal, energi listrik disalurkan dalam frekuensi tunggal yang konstan serta pada level tegangan yang juga konstan. Tetapi dengan perkembangan beban listrik yang semakin maju, terutama penggunaan beban-beban tak linier, akan menimbulkan harmonisa. Harmonisa menyebabkan terjadinya penyimpangan gelombang tegangan dan arus yang mempunyai pengaruh kurang baik terhadap komponen pada *controller* turbin angin. Filter merupakan sebuah rangkaian yang berfungsi untuk menstabilkan tegangan keluaran dari proses perubahan tegangan AC menjadi tegangan DC pada sistem *controller* turbin angin. Pada sistem *controller* TSD 500 sudah terpasang sebuah filter yaitu RC filter, tetapi masih ada metode filter yang lebih baik yaitu metode PI Filter . Pada RC filter menghasilkan *ripple* sebesar 0,011 % sedangkan PI filter menghasilkan *ripple* sebesar 0,003%.

Abstract. Currently, the use of new renewable energy (EBT) in Indonesia is starting to be widely used. One of them is the Wind Power Plant (PLTB). The micro-scale wind power generation system consists of several parts, namely wind turbines (blades), generators, controllers, data loggers, batteries, and inverters. The role of the controller in the wind power generation system is quite crucial, which includes a protection system, rectifier, controlling the fluctuating voltage from the generator, current, and also the output power to be stored in the battery. In the wind turbine controller system, an ideal voltage is needed, electrical energy is distributed in a constant single frequency and at a constant voltage level. But with the development of electrical loads that are increasingly advanced, especially the use of non-linear loads, will cause changes in the waveform. Harmonics cause irregularities in the voltage and current waves that have an unfavourable effect on the components in the wind turbine controller. Filter is a circuit that serves to stabilise the output voltage from the process of changing the AC voltage to DC voltage in the wind turbine controller system. In the TSD 500 controller system, a filter has been installed, namely the RC filter, but there is still a better filter method, namely the PI Filter method. The RC filter produces a ripple of 0.011% while the PI filter produces a ripple of 0.003%.

1. PENDAHULUAN

Potensi Energi Baru Terbarukan (EBT) yang dimiliki Indonesia cukup besar diantaranya, hydro sebesar 75 GW, Bioenergi 32.6 GW, surya 207.8 GW, angin 60.6 GW, dan samudera 17.9 GW [1]. Penggunaan EBT diyakini akan memberikan banyak manfaat, tidak hanya bagi lingkungan, namun juga untuk meningkatkan kesejahteraan manusia. Dengan besarnya potensi angin di Indonesia, maka dapat dimanfaatkan dengan berbagai hal. Contoh kebutuhan mendasar manusia, yaitu listrik. Maka dari itu potensi angin ini dapat dimanfaatkan sebagai pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) [2].

Controller merupakan salah satu komponen penting dalam proses Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB). *Controller* berperan sebagai alat konversi energi listrik dari AC menjadi DC dan pengatur sistem tegangan masukan yang fluktuatif dari generator untuk distabilkan sebelum disimpan ke baterai. Pada Sistem PLTB (Pembangkit Listrik Tenaga Bayu) di PT Lentera Bumi Nusantara menggunakan *Controller* TSD-500 [3]. *Controller* tersebut secara umum berperan sebagai pengkonversi tegangan listrik AC menjadi tegangan listrik DC dan juga sebagai penyetabil tegangan *output controller* (tegangan pengisian baterai). Proses-proses yang terdapat pada kontroler antara lain adalah pembacaan level tegangan keluaran generator, penyearahan gelombang AC tiga fasa, penyesuaian level tegangan dari *rectifier* dan memaksimalkan energi listrik yang dapat diekstrak dari energi angin [4].

Pada sistem *controller* turbin angin dibutuhkan tegangan yang ideal, energi listrik disalurkan dalam frekuensi tunggal yang konstan serta pada level tegangan yang juga konstan [5]. Tetapi dengan perkembangan beban listrik yang semakin maju, terutama penggunaan beban-beban tak linier, akan menimbulkan perubahan pada bentuk gelombangnya. Harmonik adalah salah satu dari beberapa permasalahan yang mempengaruhi kualitas daya listrik. Terjadinya penyimpangan gelombang tegangan dan arus akan mempengaruhi unjuk kerja sistem, dimana komponen elektronika akan mengalami gangguan diluar kondisi normal [6].

2. TINJAUAN PUSTAKA

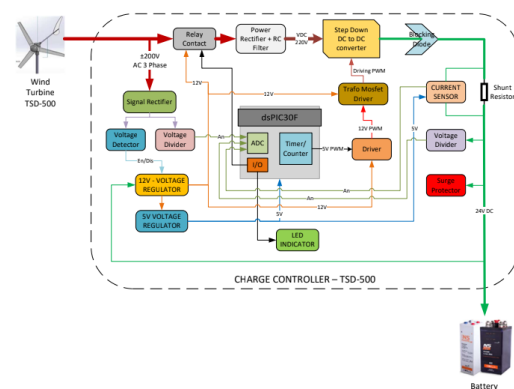
2.1. Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB)

Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) merupakan salah satu bentuk instalasi pembangkit listrik yang memanfaatkan energi kinetik angin untuk menghasilkan listrik. Proses ini dilakukan dengan menggunakan turbin angin atau kincir angin yang berputar karena terkena angin, dan energi kinetik yang dihasilkan akan diubah menjadi energi listrik melalui generator [7].

Kelebihan PLTB melibatkan aspek keberlanjutan, karena sumber daya angin tidak terbatas dan bersifat terbarukan. Selain itu, PLTB dapat ditempatkan di daerah-daerah terpencil atau pedalaman yang sulit dijangkau oleh infrastruktur listrik konvensional, membawa manfaat ekonomi dan sosial [8].

2.2. Sistem Control Turbin Angin

Putaran bilah membuat generator berputar dan menghasilkan tegangan AC 3 fasa yang mewakili vektor arah angin, yaitu u, v, dan w. Kemudian dialirkan menuju controller (teknologi pengamanan dan konversi energi) dan hasil keluaran dari controller ini berupa tegangan DC (telah dikonversi dari AC menjadi DC karena media penyimpanan energi dalam bentuk DC). Setelah itu, dialirkan kembali menuju data logger untuk dilakukan perekaman data dan selanjutnya disimpan ke dalam baterai/aki. Sebelum digunakan ke beban (peralatan listrik AC), energi yang telah disimpan ini harus dikonversi terlebih dahulu melalui inverter (tegangan DC menjadi AC) [9]. Secara keseluruhan system control turbin angin ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Sistem *Controller* Turbin Angin

2.3. Filter

Filter adalah suatu komponen atau sistem yang dirancang khusus untuk mengurangi atau menyaring gangguan harmonik dalam sebuah sistem kelistrikan. Harmonik adalah gelombang-gelombang periodik yang dapat merusak kualitas daya listrik dengan menyebabkan distorsi pada sinyal sinusoidal standar. Penggunaan filter harmonik menjadi penting dalam situasi di mana perangkat elektronik seperti motor listrik, converter frekuensi, atau beban non-linear lainnya dapat menciptakan harmonik yang merugikan [10]. Dalam praktiknya ada beberapa filter yang sering digunakan yaitu [11],

a. Low Pass Filter (LPF)

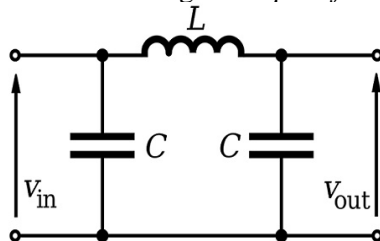
Low Pass Filter adalah filter yang berfungsi meneruskan sinyal input yang frekuensinya berada di bawah frekuensi tertentu, diatas frekuensi tersebut (frekuensi cut-off) sinyal akan diredam

b. High Pass Filter (HPF)

High Pass Filter merupakan sebuah rangkaian yang memungkinkan sinyal frekuensi tinggi, di atas frekuensi *cutoff* (f_c) untuk melewati filter, sementara ketika frekuensi lebih rendah datang kepada filter ini maka akan ditipiskan atau menghentikan frekuensi tersebut.

2.4. PI (π) Filter

PI Filter adalah jenis filter pasif yang mendapatkan namanya dari susunan tiga komponen penyusunnya yang berbentuk huruf Yunani PI (π). Filter PI dapat dirancang sebagai filter lolos rendah atau lolos tinggi, tergantung pada komponen yang digunakan. Filter *low-pass* yang digunakan untuk penyaringan catu daya dibentuk dari induktor secara seri antara input dan *output* dengan dua kapasitor, satu melintasi input dan yang lainnya melintasi *output*. Aplikasi utama filter PI dalam catu daya adalah untuk menghaluskan keluaran penyearah dengan bertindak sebagai *low-pass filter* [12].



Gambar 2. Rangkaian PI Filter

Rumus dari PI filter dapat ditulis sebagai berikut :

$$F_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (1)$$

Dimana :

F_c = Frekuensi *Cut-off* (Hz)

L = nilai induktor (Henry)

C = nilai kapasitor (Farad)

2.5. Power Simulator (PSIM)

PSIM adalah perangkat lunak simulasi yang dirancang khusus untuk elektronika daya, penggerak motor dan sistem konversi daya. Dengan kecepatan simulasi yang cepat PSIM menyediakan simulasi yang kuat untuk memenuhi kebutuhan simulasi dan pengembangan. PSIM terdiri dari *schematic program* PSIM, *simulation engine*, dan *waveform processing program* SIMVIEW.



Gambar 3. Software Power Simulator (PSIM)

3. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini dilakukan pensimulasian menggunakan software PSIM untuk memodelkan pembangkit listrik tenaga bayu (PLTB) PT. Lentera Bumi Nusantara. Dengan memodelkan 2 buah filter yang berbeda yaitu filter RC dan filter PI dan membandingkan kinerja terbaik dalam mereduksi ripple akibat beban non-linear dari pembangkit listrik tenaga bayu (PLTB)

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. The Sky Dancer 500 (TSD 500)

TSD 500 merupakan salah satu generator turbin angin yang diciptakan oleh founder P.T Lentera Bumi Nusantara yaitu bapak Ricky Elson . Generator ini menjadi salah satu generator yang sering digunakan sebagai objek penelitian di perusahaan tersebut . TSD 500 memiliki spesifikasi sebagai berikut :

Tabel 1. Spesifikasi *The Sky Dancer 500* (TSD 500)

System Name	TSD – 500
Turbine Type	HAWT
Maximum Output Power	500 WP
Start Up Wind Speed	2 m/s
Cut In Wind Speed	3 m/s
Survival Wind Speed	33 m/s
Generator Type	3 – phase permanent magnet (Cogging – less technology)
Blade Diameter	1.6 or 2 m
Number of Blades	3 blades
Blade Material	Pinewood
Maximum RPM	1000 RPM
Storage System	24 V
Weight of System	25 kg
Height of Pole	4 – 6 m
Manufactured by	NIDEC Japan Corp.

4.2. Simulasi dan Analisis

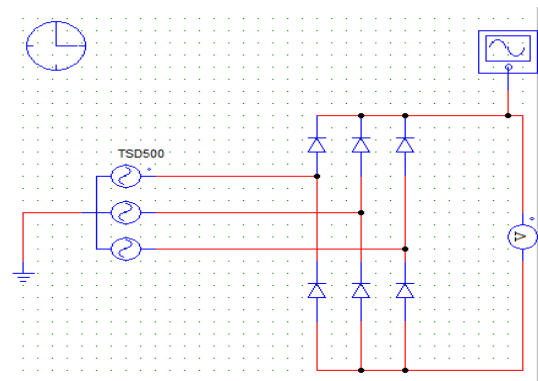
4.2.1. Simulasi Penentuan Frekuensi *Cut-Off*

Frekuensi cutt-of adalah frekuensi yang menjadi batas untuk melewati atau menghalangi sinyal masukan yang mempunyai frekuensi yang lebih tinggi maupun frekuensi yang lebih rendah dari frekuensi cut-off. Frekuensi cut-Off dari TSD 500 ini didapat dari simulasi dengan parameter yang sebelum nya didapat dari nilai kerja dari TSD 500 yaitu :

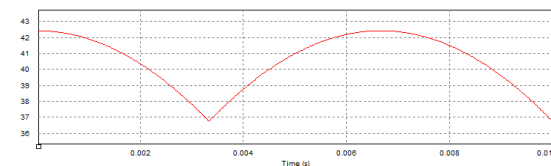
Tabel 2. Parameter Frekuensi Cut-Off

Frekuensi (Hz)	Tegangan (V)
25,33	30,11

Berikut ini adalah rangkaian simulasi untuk mendapatkan nilai *Cut-off* dari generator tersebut :

Gambar 4. Rangkaian Simulasi Frekuensi *Cut-Off* Generator

Berikut ini adalah hasil output gelombang dari simulasi :

Gambar 5. Gelombang Output Frekuensi *Cut-Off*

Dari gelombang hasil simulasi tersebut didapatkan periode gelombangnya yaitu :

$$T = 0,00666.42 \text{ s}$$

Maka didapatkan nilai frekuensi cut-off yaitu :

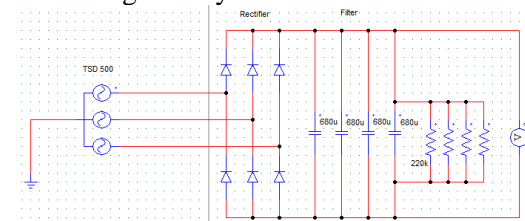
$$F = 1/T$$

$$F = 1/0,00666.42$$

$$F = 150,150 \text{ Hz}$$

4.2.2. Simulasi RC Filter

Rangkaian yang digunakan pada simulasi ini merupakan rangkaian yang sudah ada pada sistem *controller* TSD 500 , berikut ini adalah bentuk rangkaiannya :



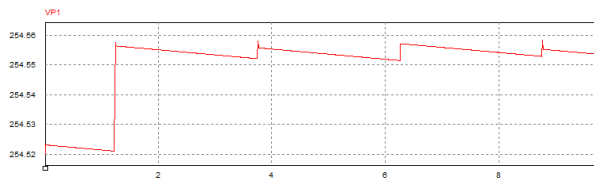
Gambar 6. Rangkaian RC Filter

Berikut ini adalah parameter input simulasi generator TSD 500 :

Display	
Name	TSD
V (line-line rms)	180
Frequency	133,33
Initial Angle (phase A)	0
Series Resistance	0
Series Inductance	0

Gambar 7. Parameter Input Simulasi

Hasil simulasi :



Gambar 8. Gelombang Output RC Filter

Hasil dari pengukuran filter RC diperlihatkan pada tabel 3.

Tabel 3. Tabel Hasil Pengukuran Gelombang Output RC Filter

Vmin (V)	Vmax (V)
254,52	254,52

Dari hasil pengukuran tersebut maka didapat nilai ripple tegangan yang dihasilkan adalah sebagai berikut :

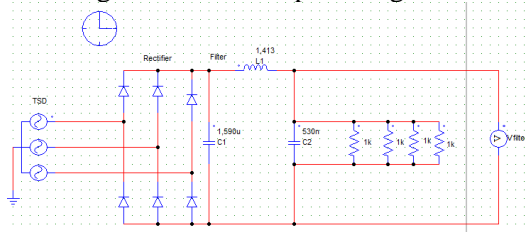
$$\text{Ripple} = \frac{V_{\max} - V_{\min}}{V_{\max}} \times 100\%$$

$$\text{Ripple} = \frac{254.55 - 254.52}{254.52} \times 100\%$$

$$\text{Ripple} = 0.011\%$$

4.2.3. Simulasi PI Filter

Berdasarkan parameter perhitungan nilai Cut-off diatas maka bentuk dan nilai komponen dari perancangan PI filter didapat sebagai berikut :



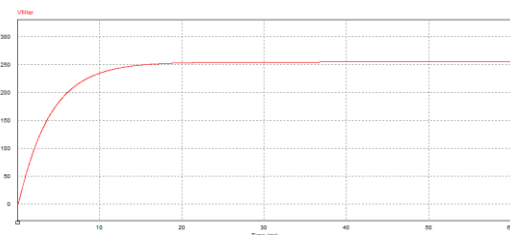
Gambar 9. Rangkaian PI Filter

Berikut ini adalah parameter input simulasi generator TSD 500 :

Display	
Name	TSD
V (line-line rms)	180
Frequency	133,33
Initial Angle (phase A)	0
Series Resistance	0
Series Inductance	0

Gambar 10. Parameter Input Simulasi

Hasil Simulasi :



Gambar 11. Gelombang Output PI Filter

Hasil dari pengukuran filter RC diperlihatkan pada tabel 4.

Tabel 4. Tabel Hasil Pengukuran Gelombang Output PI Filter

Vmin (V)	Vmax (V)
245,54	254,55

Dari hasil pengukuran tersebut maka didapat nilai ripple tegangan yang dihasilkan adalah sebagai berikut :

$$\text{Ripple} = \frac{V_{\max} - V_{\min}}{V_{\max}} \times 100\%$$

$$\text{Ripple} = \frac{254.55 - 245.54}{254.52} \times 100\%$$

$$\text{Ripple} = 0.003\%$$

5. KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dikaukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Penggunaan rangkain filter pada rangkaian controller TSD 500 berfungsi untuk menyetabilkan tegangan *output* setelah *rectifier*.
2. Berdasarkan simulasi RC filter menghasilkan ripple sebesar 0,011%, sedangkan PI filter menghasilkan ripple sebesar 0,003%

3. Berdasarkan hasil simulasi , PI filter lebih baik daripada RC filter yaitu menghasilkan nilai ripple yang lebih kecil.
4. Berdasarkan hasil perbandingan untuk filter awal TSD 500 lebih cocok menggunakan PI filter karena ripple yang dihasilkan lebih rendah dan daya yang dihasilkan tinggi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak terkait yang telah memberi dukungan terhadap penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kementerian Energi Dan Sumber Daya Mineral, Outlook Energi Indonesia 2019, Jakarta: Den (Dewan Energi Nasional), 2019.
- [2] R. N. Revi, Sudarti And Yushardi, "Analisis Potensi Energi Angin Di Tambak Untuk Menghasilkan Energi Listrik," *Journal Of Research And Education Chemistry (Jrec)*, Vol. 3, No. 2, Pp. 96-112, 2021.
- [3] L. Angga, Sutisna And F. M. S. N. , "Kontrol Sistem Charging Pembangkit Listrik Tenaga Bayu Pt. Lentera Bumi Nusantara Berbasis Internet Of Things (Iot)," *Journal Of Energy And Electrical Engineering (Jeee)*, Vol. 3, No. 1, Pp. 19-26, 2021.
- [4] A. A. A. Muhammad, P. H. Edy And M. Ii, "Kontrol Proportional Integral Derivative (Pid) Sebagai Penstabil Tegangan Pada Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid," *Journal Of Science And Technology*, Vol. 15, No. 3, Pp. 327-333, 2022.
- [5] C. P. Helmi And Endryansyah, "Optimalisasi Daya Pembangkit Listrik Tenaga Angin Menggunakan Maximum Power Point Tracker (Mppt) Dengan Metode Perturb And Observe (P&O)," Vol. 7, No. 2, Pp. 77-83, 2018.
- [6] S. Joslen, M. S. Ruth And S. Jamot, "Analisa Pengaruh Harmonisa Pada Pengoperasian Beban Listrik," *Jurnal Teknologi Energi Uda*, Vol. 9, No. 2, Pp. 88-97, 2020.
- [7] E. Prihatini, I. Yeni And Y. A. Muhammad, "Analysis Kinerja Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (Pltb) Sebagai Resource Reserve Pada Pembibitan Ayam Pedaging Berbasis Internet Of Things (Iot)," *Teknika* , Vol. 17, No. 2, P. 301-310, 2023.
- [8] J. F. Abidin, "Analisis Unjuk Kerja Harmonik Di Instalasi Listrik Industri Dan Upaya Penanggulangannya," *Jurnal Teknologi Elektro, Universitas Mercu Buana*, Vol. 6, No. 3, Pp. 176-186, 2015.
- [9] N. R. Fadilah, R. Mamat And N. Z. Inayah, "Perancangan Bilah Taper Pada Turbin Angin Sumbu Horizontal Design Of Taper In Horizontal Axis Wind Turbin," In *E-Proceeding Of Engineering*, Bandung, 2021.
- [10] R. M.Fawwaz, Khairudin, S. Noer And P. Nining, "Analisa Dampak Penggunaan Filter L-C-L Terhadap Kinerja Pengatur Kecepatan Motor Induksi," *Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan (Jitet)*, Vol. 10, No. 1, Pp. 1-7, 2022.
- [11] S. Noer, S. F. X. Arinto And A. Farhan, "Rancang Bangun Diode Clamped Multilevel Inverter 7 Tingkat Untuk Kontrol Dan Monitoring Motor Induksi Satu Fasa Berbasis Iot," *Jitet (Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan)*, Vol. 11, No. 1, Pp. 7-13, 2023.
- [12] S. Adi, O. Penangsang And D. C. Riawan, "Peredaman Resonansi Harmonisa Pada Sistem Kelistrikan Industri Menggunakan Filter Hybrid Dengan Konduktansi Variable," *Jurnal Teknik Its*, Vol. 4, No. 1, Pp. 181-186, 2015.