

# PENGGUNAAN FILTER AKTIF DENGAN PI CONTROLLER UNTUK MEREDAM HARMONISA PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SOLAR CELL

Diki Dwi apri Setiawan<sup>1\*</sup>, Istiyo Winarno<sup>2</sup>, Belly Yan Dewantara<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Program Studi Teknik Elektro, Universitas Hang Tuah Surabaya

\*Email : [dickysetiawan18@gmail.com](mailto:dickysetiawan18@gmail.com)

## Abstrak

Pada sistem tenaga listrik yang ideal, energi listrik ditransmisikan secara konstan baik frekuensi maupun arus. Karena peningkatan beban daya lebih kompleks, terutama beban non-linier, akan mengubah bentuk gelombang dan spektrum arus menjadi terdistorsi. Gelombang dan spektrum yang terdistorsi pada arus disebabkan interaksi antara sistem gelombang sinusoidal dengan komponen gelombang lain yang dikenal sebagai harmonik. Penelitian ini membahas tentang perubahan gelombang dan spektrum pada system PLTS dengan cara menggunakan filter aktif menggunakan control PI dengan menggunakan beban beban controlled rectifier dengan sudut penyalan  $35^{\circ}$  - $180^{\circ}$  sehingga akan terlihat bentuk cacat gelombang spektrum pada beban non-linear berdampak terhadap gangguan peralatan seperti terjadinya pemanasan berlebih meningkatkan rugi rugi dan membuat perangkat elektronikm cepat. Filter aktif menggunakan control PI didasarkan pada inverter satu fasa dengan empat switch control, inverter akan terhubung paralel dengan beban nonlinier. Dari uji coba menggunakan perangkat lunak simulasi Power Simulation (PSim), menampilkan hasil simulasi dengan spektrum dari gelombang yang merupakan penerapan dari rancangan filter aktif. Hasil simulasi menunjukkan adanya perbaikan gelombang, grafik spektrum dan THD dengan pemasangan filter aktif menggunakan control PI.

**Kata kunci:** Harmonisa, PLTS, THD, Filter aktif, Kontrol PI

## Abstract

In an ideal electric power system, electrical energy is transmitted constantly both frequency and current. Because increasing power loads are more complex, especially non-linear loads, it will change the waveform and current spectrum to be distorted. The distorted waves and spectra in the current are due to the interaction between the sinusoidal wave system and other wave components known as harmonics. This study discusses changes in waves and spectrum in the PV mini-grid system by using active filters using PI control using a controlled rectifier load load with an ignition angle of  $35^{\circ}$  - $180^{\circ}$  so that the spectrum wave defect shape will be seen in non-linear loads that have an impact on equipment disturbances such as overheating increases losses and makes electronic devices fast. Active filter using PI control is based on a single-phase inverter with four control switches, the inverter will be connected in parallel with nonlinear loads. From the trial using Power Simulation (PSIM) simulation software, it displays the simulation results with a spectrum of waves which is the application of active filter design. The simulation results show an improvement in waveform, spectrum graph and THD by installing active filters using PI control.

**Keywords:** Harmonics, PLTS, THD, active filter, PI control

## 1. Pendahuluan

Masalah energi masih menjadi topik utama di Indonesia, salah satunya merupakan perencanaan menggunakan energi alternatif yang ramah lingkungan dan tidak terbatas. Terdapat sumber energi alam yang bersih dan tidak berpolusi yang diantaranya adalah pemanfaatan energi matahari / solar cell [1]. Sayangnya solar cell dalam penggunaannya sebagai energi listrik masih belum bisa optimal, seperti masih adanya gangguan harmonisa pada sistem yang disebabkan oleh penggunaan beban [2].

Dalam sistem tenaga listrik munculnya harmonisa disebabkan oleh penggunaan beban-beban non-linier. Pada sistem tenaga listrik yang ideal energi yang disalurkan dalam tegangan yang konstan dan frekuensi konstan dengan bentuk gelombang sinusoidal [3]. Pada sistem kelistrikan banyaknya penggunaan beban non-linier dapat menimbulkan perubahan bentuk gelombang asli yang disebabkan oleh interaksi antara bentuk gelombang sinusoidal dengan gelombang lain sehingga dapat menyebabkan harmonisa.

Pada saat ini sebagian besar pemakaian beban listrik di masyarakat terutama di Indonesia hampir 90% memakai beban non-linier [4]. Beban non-linear inilah yang banyak menimbulkan permasalahan pada sistem kualitas daya mengingat banyak sekali beban yang berbasis elektronika daya yang dapat merusak barang elektronik dan menurunkan kualitas daya pada sistem kelistrikan.

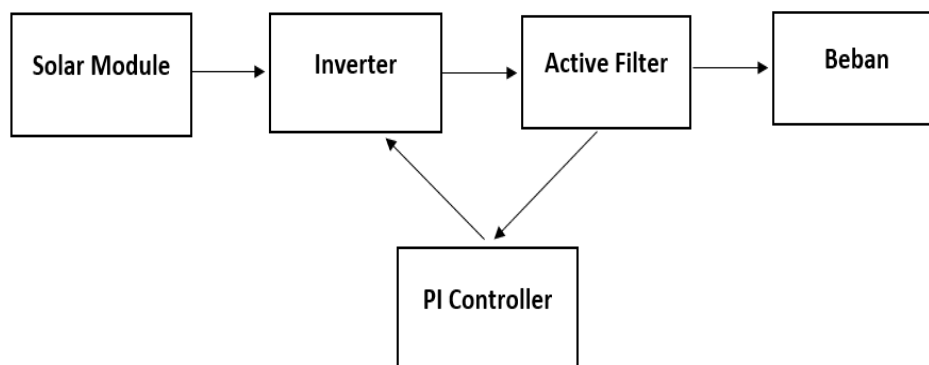
Pada penelitian ini banyak pengembangan eksperimen yang dilakukan sebelumnya. Salah satu teknologi yang telah dikembangkan adalah dengan memasang filter harmonisa pada jaringan. Filter harmonisa yang digunakan dapat berupa filter pasif [5]. Penggunaan filter pasif ini selain dapat untuk meredam harmonisa juga dapat memperbaiki faktor daya, disisi lain kelemahan filter pasif ini ialah arusnya yang sangat besar [6]. Mengacu pada perkembangan teknologi saat ini, penggunaan filter aktif dirasa lebih baik ketimbang menggunakan filter pasif.

Latar belakang penelitian yang telah dilakukan tersebut maka pada penelitian ini akan merancang suatu filter aktif dengan menggunakan PI controller untuk meminimalisasi harmonisa yang disebabkan oleh beban pada pembangkit listrik tenaga surya (solar cell) [7]. Diharapkan pada penelitian ini harmonisa yang ada pada beban non-linier dengan menggunakan sudut penyalaan  $35^{\circ}$ - $180^{\circ}$  bisa di minimalisir seminim mungkin sehingga gangguan – gangguan yang ada pada sistem PLTS tidak akan sampai merusak peralatan elektronik.

## 2. Metode Penelitian

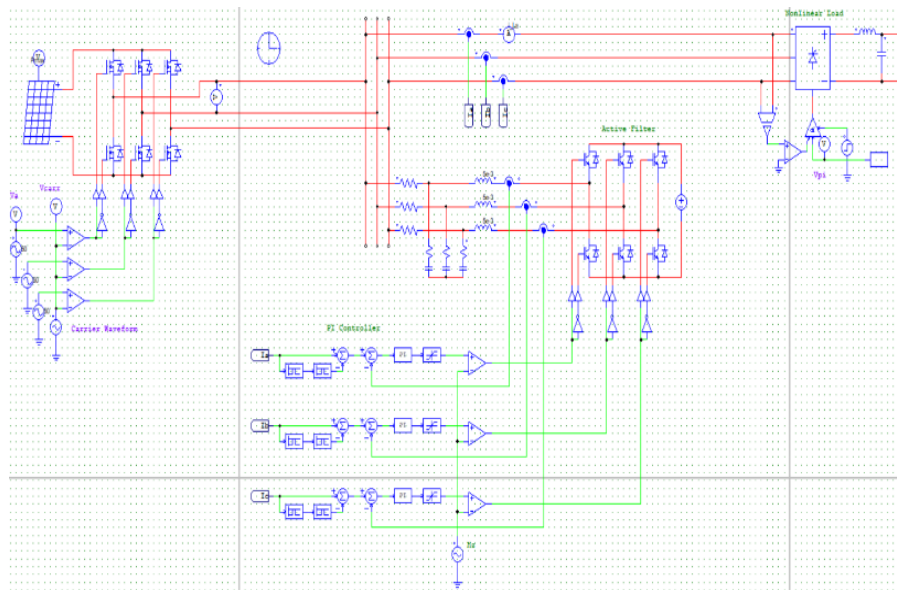
Dalam Metode dari penelitian ini adalah untuk menggunakan filter aktif dengan metode PI (Proportional Integral) pada sistem PLTS pada beban *controlled rectifier* dengan sudut penyalaan  $35^{\circ}$ - $180^{\circ}$ . Filter aktif yang dihubungkan dengan sumber tegangan beban untuk mengkompensasi harmonisa, Sedangkan PI Controller digunakan dalam rangkaian filter aktif untuk memper kecil sinyal error pada sumber tegangan beban terdapat harmonisa. Keluaran controller PI digunakan untuk mentrigger harmonisa [8].

Rangkaian perancangan Pada bagian sistem rangkaian, inverter yang berfungsi sebagai filter aktif diharapkan dapat mengkompensasi munculnya harmonisa pada sistem. Selain itu dengan kontrol PI yang sederhana dapat memperkecil nilai sinyal error yang disebabkan harmonisa [3]. Berikut ini adalah gambar keseluruhan rangkaian sistem dapat dilihat pada (Gambar 1).



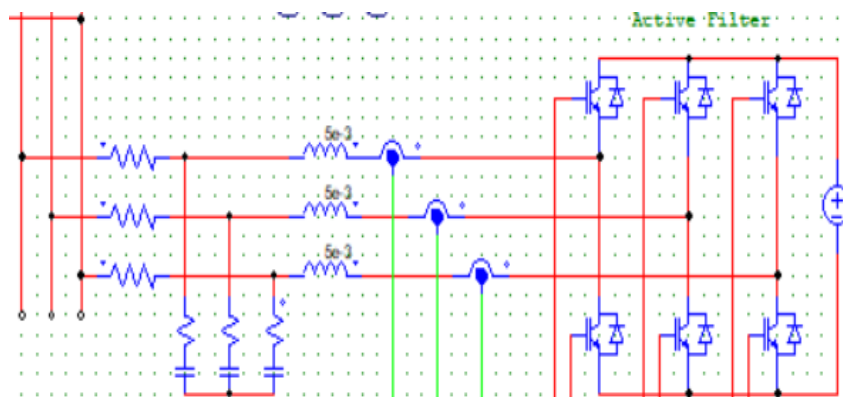
**Gambar 1.** Diagram blok penggunaan filter aktif untuk meredam harmonisa

Dari Gambar 1 menjelaskan tentang diagram blok sistem yang akan bekerja untuk memperbaiki gangguan - gangguan / harmonisa pada sistem *solar cell*. Dari gambar diagram blok tersebut dapat membuat simulasi sistem meliputi konsep yang telah dibuat sebelumnya. Sistem rangkaian pada gambar 1, inverter yang berfungsi sebagai filter aktif diharapkan dapat mengkompensasi munculnya harmonisa pada sistem. Selain itu dengan kontrol PI yang sederhana dapat memperkecil nilai sinyal error yang disebabkan harmonisa. Berikut ini adalah gambar keseluruhan rangkaian sistem dapat dilihat pada (Gambar 2) dibawah ini:



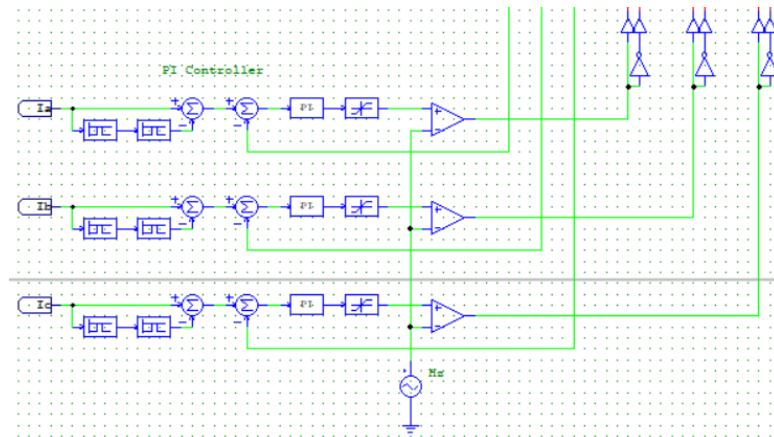
**Gambar 2.** Perancangan sistem filter aktif dengan pengontrol PI pada solar cell

Blok diagram (Gambar 2) menjelaskan yaitu dari solar panel menyerap sinar matahari dan mengubahnya menjadi arus DC, Setelah itu masuk ke inverter di inverter ini tegangan dc di ubah ke ac agar bisa digunakan, setelah dari inverter masuk ke filter aktif untuk mereduksi harmonisa yang akan masuk pada beban yang digunakan, lalu pengontrol PI pada filter yang sebagai pentrigger filter aktif yang akan masuk pada penggunaan beban. Pada simulasi ini beban yang digunakan merupakan beban *controlled rectifier* dengan sudut penyalaaan  $35^{\circ}$ - $180^{\circ}$ .



**Gambar 3.** Rangkaian dari filter aktif

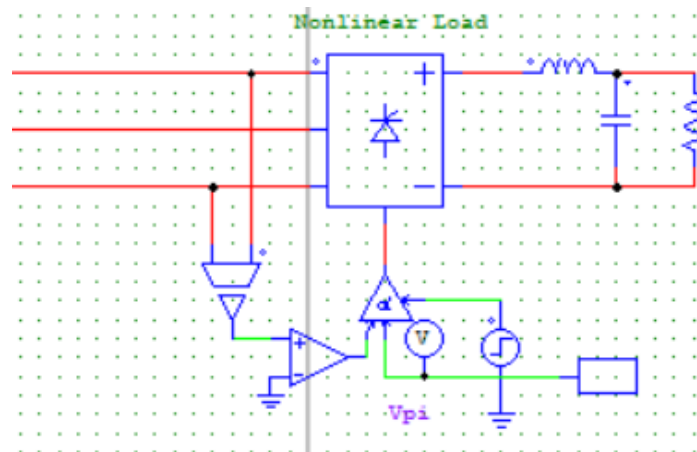
Seperti yang ditunjukkan pada (Gambar 3), Filter aktif merupakan tipe baru untuk peralatan filter eliminasi harmonisa dalam sistem tenaga. Filter ini disusun dari peralatan-peralatan elektronika daya. Komponen utama yang terdapat pada filter aktif adalah inveter dan rangkaian pengontrol. Inverter selain berfungsi sebagai konverter DC-AC, berfungsi juga sebagai salah satu penghasil harmonisa. Harmonisa dari inverter diatur sedemikian rupa dengan menggunakan rangkaian Kontrol elektronika seperti, PI, band pass filter, limiter dan komparator sehingga menghasilkan harmonisa yang besarnya sama dengan harmonisa beban.



**Gambar 4.** Rangkaian PI controller

Seperti pada (Gambar 4) Sebagai upaya mengurangi harmonisa diperlukan sebuah pengontrol pada filter aktif supaya dapat meminimalisir seminim mungkin harmonisa pada sistem agar dapat menekan THD pada arus, maka diperlukannya sebuah pentrigger dengan menggunakan kontrol PI.

Cara kerja sederhana dari rangkaian kontrol tersebut adalah arus harmonisa dari beban disensing dengan menggunakan sensor arus kemudian harmonisa tersebut masuk ke dalam band pass filter untuk dilakukan pengaturan orde harmonisa yang akan direduksi. Selanjutnya bentuk gelombang orde harmonisa akan diperbaiki dengan kontroler PI sehingga menghasilkan bentuk yang sesuai. Sebelum masuk ke dalam inverter, amplitudo gelombang harmonisa hasil pengaturan akan disesuaikan dengan menggunakan limiter. Pada inverter terdapat kapasitor yang dipasang parallel dengan sumber tegangan DC yang berfungsi untuk menghasilkan output yang stabil. [2]. Ouput inverter ditentukan juga oleh kecepatan pensaklaran dan kemampuan dari komponen elektronika. Komponen elektronika yang digunakan dalam inverter saat ini adalah IGBT, GTO atau transistor power.



**Gambar 5.** Rangkaian beban *controlled rectifier*

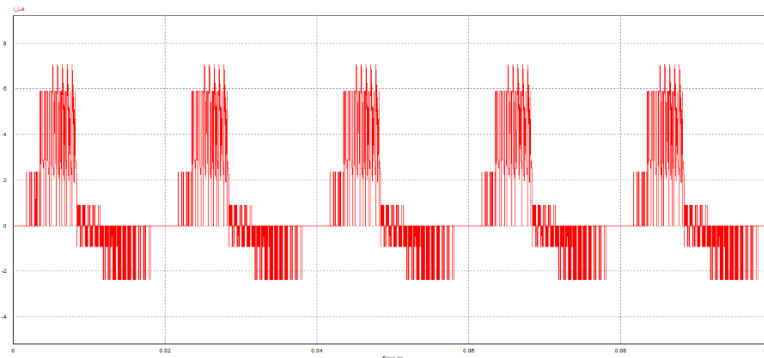
Sesuai dengan (Gambar 5) merupakan rangkaian beban non-linier dengan *controlled rectifier* dengan sudut penyalan pada PSIM dan sekaligus digunakan menjadi sumber harmonisa pada sistem PLTS.

### 3. Hasil dan Analisis

Mengenai hasil pengujian dan analisa data dari penggunaan filter aktif untuk mengurangu harmonisa dengan kontrol PI yang telah dibuat sebelumnya. Pengujian sistem ini bertujuan untuk memastikan agar sistem yang dibuat berfungsi dengan baik dan sesuai tujuan dan teori yang telah dipelajari sebelumnya. Pengujian ini terdiri dari hasil harmonisa sebelum dan sesudah digunakannya filter aktif dengan pengontrol PI. Setelah melakukan beberapa pengujian perbandingan sistem yang telah dibuat, data yang diperoleh akan di analisa untuk mengetahui proses kerja dari seluruh sistem yang dibuat.

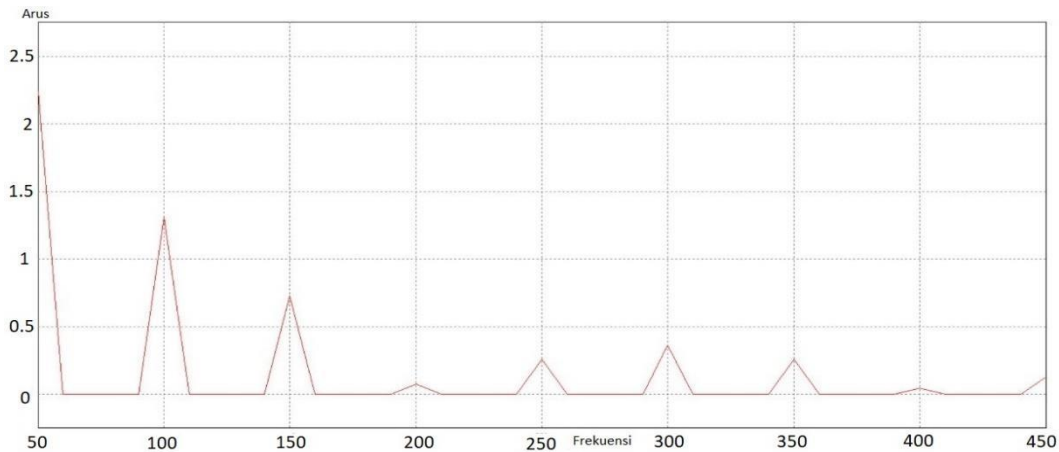
### 3.1. Hasil pengujian tanpa filter aktif dengan *control PI*

Dalam uji percobaan penelitian ini akan menggunakan beban *controlled rectifier* dengan sudut penyalaaan  $35^\circ$ . Berikut ini hasil dari simulasi tersebut:



**Gambar 6.** Bentuk gelombang dari beban dengan sudut penyalaaan  $35^\circ$

Pada (Gambar 6) menunjukan bentuk gelombang harmonisa pada sistem sehingga banyak menyebabkan *ripple* pada gelombang, dengan menggunakan percobaan pada beban *controlled rectifier* dengan sudut penyalaaan  $35^\circ$ .



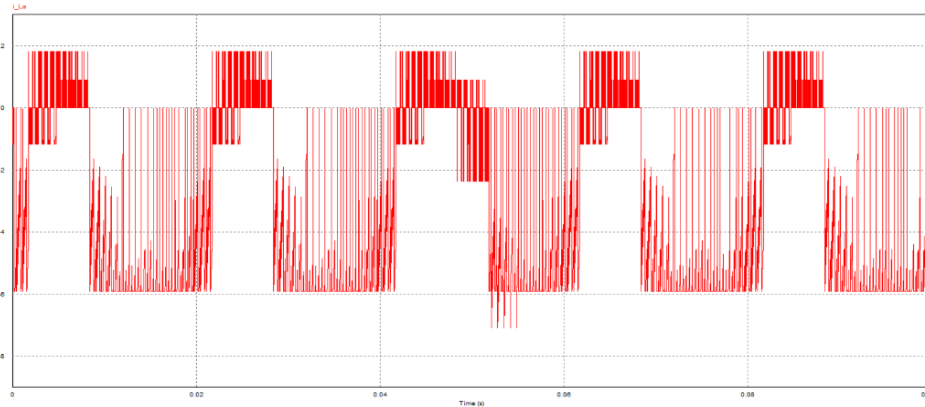
**Gambar 7.** Spektrum yang dihasilkan dengan sudut penyalaaan  $35^\circ$

Pada (Gambar 7) menunjukan bentuk grafik spektrum harmonisa pada sistem yang masih mempunyai nilai arus yang masih tinggi, dengan menggunakan beban *controlled rectifier* dengan sudut penyalaaan  $35^\circ$ . Dan pada tabel 1 ini merupakan hasil dari analisa amplitudo.

**Tabel 1** Hasil amplitudo pada sudut penyalaaan  $35^\circ$

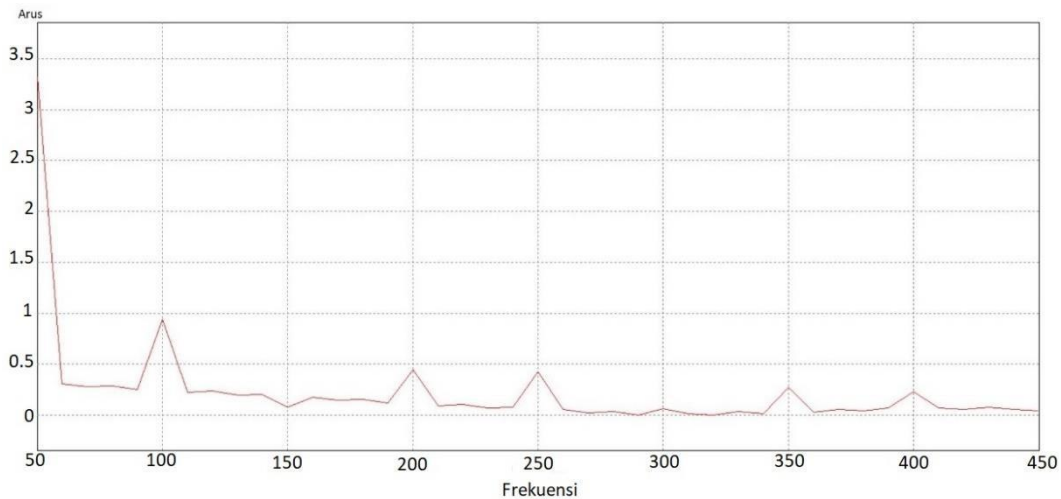
Frequency	Amplitudo
50.00	2.24
150.00	0.72
250.00	0.26
350.00	0.26
450.00	0.12

Dalam percobaan penelitian ini akan menggunakan beban *controlled rectifier* dengan sudut penyalaaan  $120^\circ$ . Berikut ini hasil dari simulasi tersebut:



**Gambar 8.** Bentuk gelombang dari beban dengan sudut penyalan  $120^\circ$

Pada (Gambar 8) di atas menunjukkan bentuk gelombang pada sistem yang masih banyak menyebabkan *ripple*, pada percobaan ini menggunakan beban *controlled rectifier* dengan sudut penyalan  $120^\circ$ .



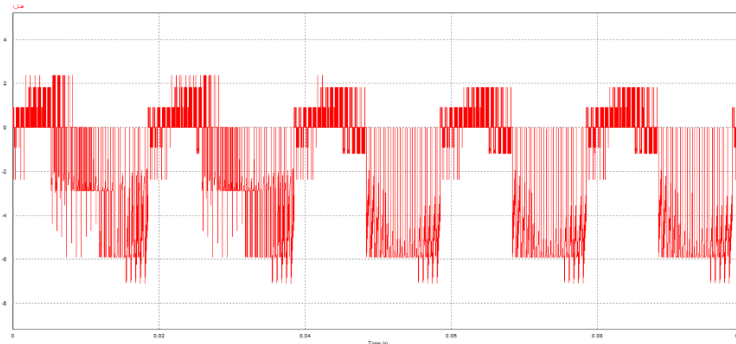
**Gambar 9.** Spektrum yang dihasilkan dengan sudut penyalan  $120^\circ$

Pada (Gambar 9) di atas menunjukkan bentuk grafik spektrum harmonisa pada sistem yang masih mempunyai nilai arus yang masih tinggi dan terdapat *ripple* pada spektrum, pada percobaan ini menggunakan beban *controlled rectifier* dengan sudut penyalan  $120^\circ$ . Dan pada tabel 2 dibawah ini merupakan hasil dari analisa amplitudo.

**Tabel 2** Hasil amplitudo dengan sudut penyalan  $120^\circ$

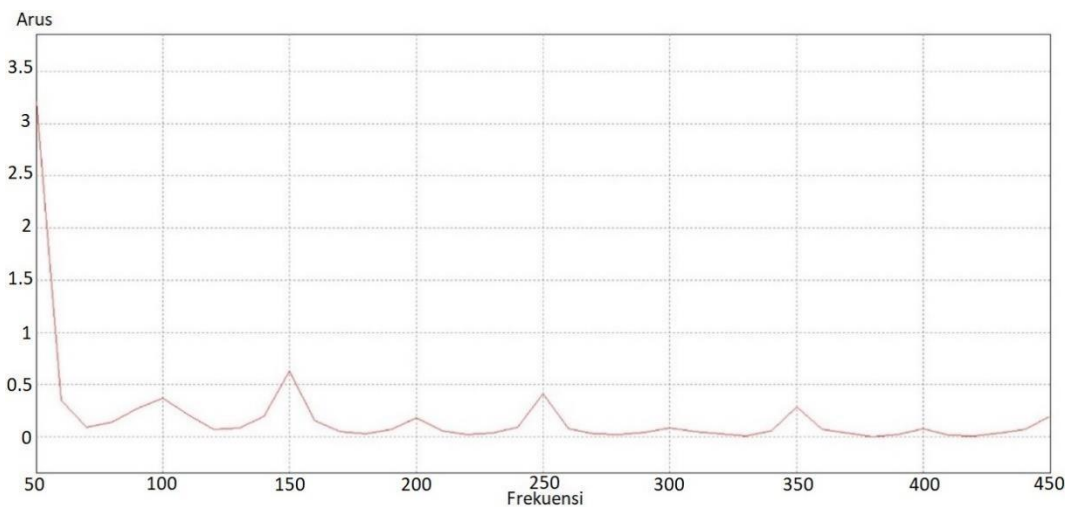
Frequency	Amplitudo
50.00	3.31
150.00	0.07
250.00	0.42
350.00	0.27
450.00	0.03

Dalam percobaan penelitian ini akan menggunakan beban *controlled rectifier* dengan sudut penyalan  $180^\circ$ . Berikut ini hasil dari simulasi tersebut:



**Gambar 10.** Bentuk gelombang dari beban dengan sudut penyalan  $180^\circ$

Pada (Gambar 10) di atas menunjukkan bentuk gelombang pada sistem yang masih banyak harmonisa sehingga menyebabkan *ripple*, pada percobaan ini menggunakan beban *controlled rectifier* dengan sudut penyalan  $180^\circ$ .



**Gambar 11.** Spektrum yang dihasilkan dengan sudut penyalan  $180^\circ$

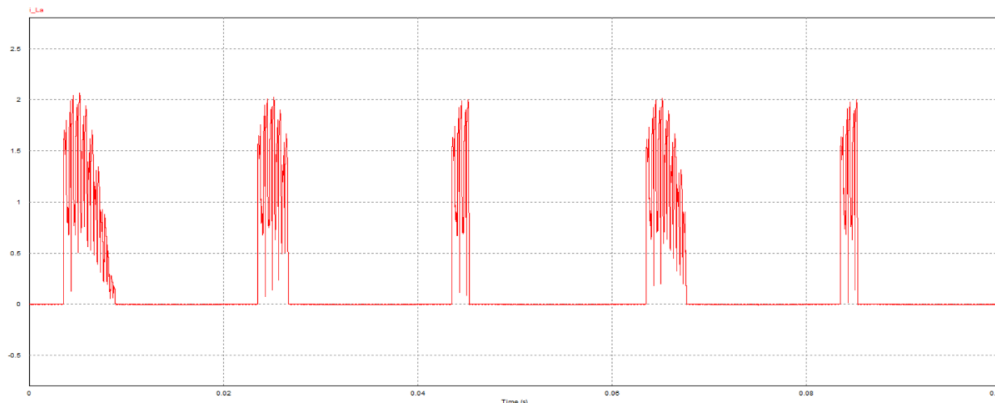
Pada (Gambar 11) menunjukkan bentuk grafik spektrum harmonisa pada sistem yang masih mempunyai nilai arus yang masih tinggi dan masih terdapat *ripple* pada arus, pada percobaan ini menggunakan beban *controlled rectifier* dengan sudut penyalan  $180^\circ$ . Dan pada tabel 3 dibawah ini merupakan hasil dari analisa amplitudo.

**Tabel 3** Hasil amplitude dengan sudut penyalan  $180^\circ$

Frequency	Amplitudo
50.00	3.21
150.00	0.62
250.00	0.41
350.00	0.28
450.00	0.19

**3.2. Hasil pengujian dengan filter aktif menggunakan kontrol PI**

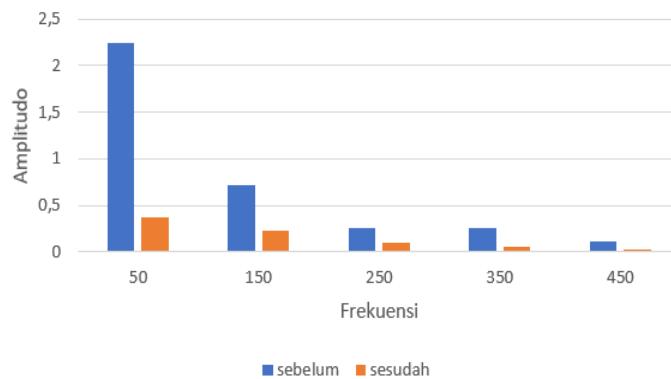
Dalam uji percobaan penelitian ini akan menggunakan beban *controlled rectifier* dengan sudut penyalaaan 35°. Berikut ini hasil dari simulasi tersebut:



**Gambar 12.** Bentuk gelombang dengan sudut penyalaaan 35°

Pada (Gambar 12) menunjukkan bentuk gelombang pada sistem yang telah dilakukannya filter sehingga berkurangnya gelombang *ripple* pada arus dan pada percobaan ini menggunakan beban *controlled rectifier* dengan sudut penyalaaan 35°.

Perbandingan Grafik spektrum Sebelum Dan Sesudah Penggunaan Filter Aktif



**Gambar 13.** Grafik spektrum sebelum dan sesudah pemasangan filter

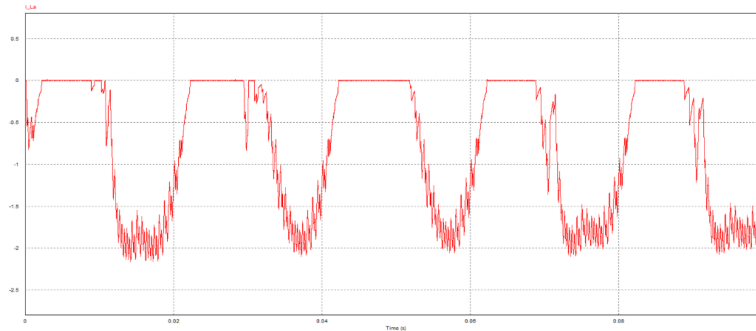
Pada (Gambar 13) merupakan bentuk grafik spektrum harmonisa pada sistem yang sudah terfilter dapat dilihat bahwa grafik perbandingan menunjukkan untuk nilai pada frekuensi 150 sampai 450 mengalami penurunan arus. pada percobaan ini menggunakan beban *controlled rectifier* dengan sudut penyalaaan 35°. Dan Tabel 4 ini merupakan hasil dari amplitudo:

**Tabel 4** Hasil amplitudo pada dengan sudut penyalaaan 35°

Frequency	Amplitudo	
	Sebelum	Sesudah
50.00	2.24	0.37
150.00	0.72	0.23
250.00	0.26	0.10
350.00	0.26	0.06
450.00	0.12	0.03

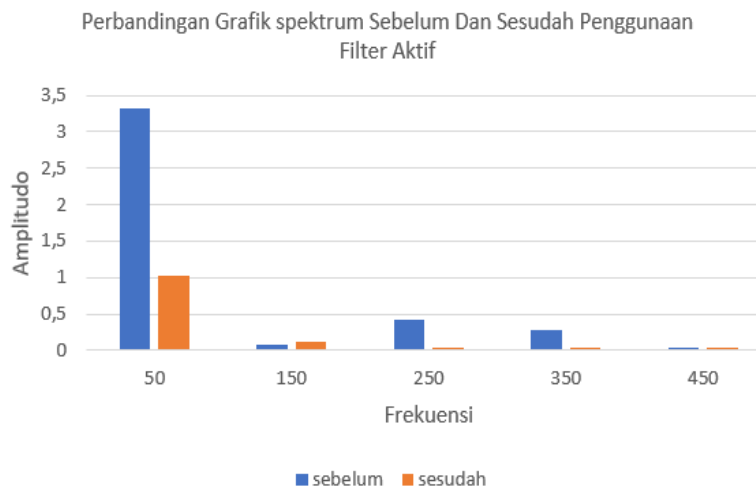
Dalam percobaan penelitian ini akan menggunakan beban *controlled rectifier* dengan sudut penyalaaan 120°. Berikut ini hasil dari simulasi tersebut:





**Gambar 14.** Bentuk gelombang dengan sudut penyalaaan 120°

Pada (Gambar 14) menunjukkan bentuk gelombang pada sistem yang telah dilakukannya filter sehingga dapat dilihat berkurangnya gelombang *ripple* pada arus dibandingkan sebelum penggunaan filter.



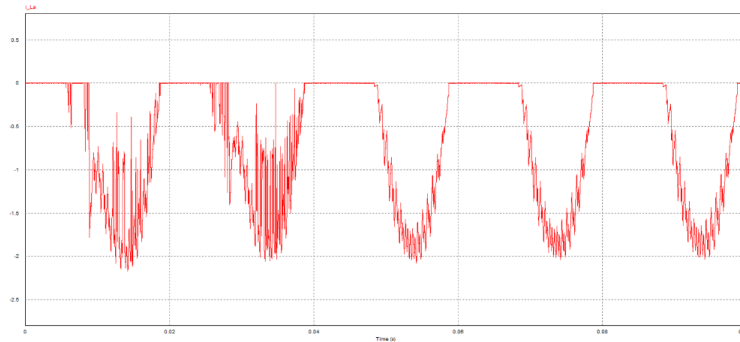
**Gambar 15.** Grafik spektrum sebelum dan sesudah pemasangan filter

Pada (Gambar 15) merupakan bentuk grafik spektrum harmonisa pada sistem yang sudah terfilter dapat dilihat bahwa grafik spektrum menunjukkan perbandingan antara sebelum dan sesudah penggunaan filter dapat dilihat bahwa pada frekuensi 50 yang sesudah penggunaan filter mengalami peningkatan dan untuk frekuensi 150 sampai 450 mulai mengalami penurunan arus jika dibandingkan dengan sebelum penggunaan filter. pada percobaan ini menggunakan beban *controlled rectifier* dengan sudut penyalaaan 120°. Dan Tabel 5 ini merupakan hasil dari amplitudo:

**Tabel 5** Hasil amplitudo pada beban *controlled rectifier* dengan sudut penyalaaan 120°

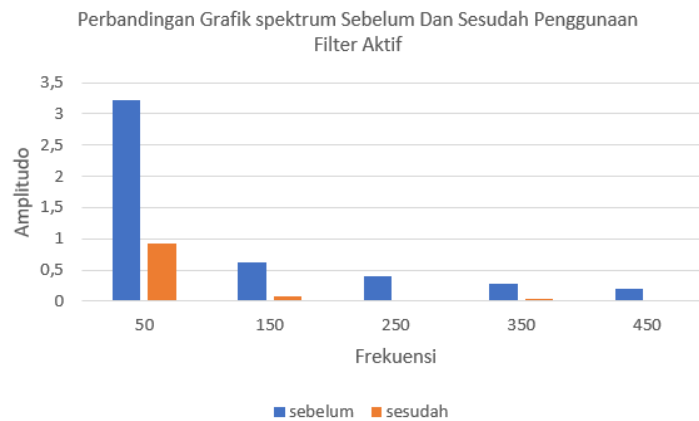
Frequency	Amplitudo	
	Sebelum	Sesudah
50.00	3.31	1.02
150.00	0.07	0.11
250.00	0.42	0.04
350.00	0.27	0.04
450.00	0.03	0.03

Dalam percobaan penelitian ini akan menggunakan beban *controlled rectifier* dengan sudut penyalaaan 180°. Berikut ini hasil dari simulasi tersebut:



**Gambar 16.** Bentuk gelombang dari sudut penyalan  $180^\circ$

Pada (Gambar 16) menunjukkan bentuk gelombang pada sistem yang telah dilakukannya filter sehingga dapat dilihat berkurangnya gelombang *ripple* pada sistem dibandingkan sebelum penggunaan filter walaupun masih ada *ripple* pada gelombang tersebut karena nilai sudut yang besar akan mempengaruhi bentuk gelombang, dan pada percobaan ini menggunakan beban *controlled rectifier* dengan sudut penyalan  $180^\circ$ .



**Gambar 17.** Grafik spektrum sebelum dan sesudah pemasangan filter

Pada (Gambar 17) merupakan bentuk grafik spektrum harmonisa pada sistem yang sudah terfilter dapat dilihat bahwa grafik spektrum menunjukkan perbandingan antara sebelum dan sesudah penggunaan filter dapat dilihat bahwa pada frekuensi 50 yang sesudah penggunaan filter mengalami peningkatan dan untuk frekuensi 150 sampai 450 mulai mengalami penurunan arus jika dibandingkan dengan sebelum penggunaan filter. pada percobaan ini menggunakan beban *controlled rectifier* dengan sudut penyalan  $180^\circ$ . Dan Tabel 6 ini merupakan hasil dari amplitudo:

**Tabel 6.** Hasil amplitudo pada beban *controlled rectifier* dengan sudut penyalan  $180^\circ$

Frequency	Amplitudo	
	Sebelum	Sesudah
50.00	3.21	0.92
150.00	0.62	0.07
250.00	0.41	0.01
350.00	0.28	0.04
450.00	0.19	0.01

### 3.3. Perbandingan Total Harmonic Distorsi (THD)

Pada (Tabel 7) dibawah merupakan perbandingan THD dari setiap percobaan dengan menggunakan beban *controlled rectifier* dengan sudut penyalan  $35^\circ$ - $180^\circ$ . Berikut ini tabel perbandingan sebelum dan sesudah penggunaan filter aktif dengan PI kontroler.

**Tabel 7** Perbandingan THD sebelum dan sesudah penggunaan filter

Sudut Penyalaaan	THD	
	Sebelum	Sesudah
35°	1,13	2,26
120°	1,58	1,16
180°	1,10	1,01

Berdasarkan (Tabel 7) Setelah dipasang filter aktif dengan kontrol PI nilai THD dengan sudut penyalaaan 35° mengalami kenaikan pada nilai THDnya, penyebab naiknya nilai THDnya dikarenakan mengalami gangguan arus berlebih dan juga gangguan harmonisa sebelumnya sudah tinggi sehingga sensor pada pengontrol PI tidak dapat mendeteksi harmonisa dan filter yang digunakanpun tidak dapat merespon gangguan pada sistem. Akan tetapi pada sudut penyalaaan 120° dan 180° mengalami penurunan nilai THD setelah penggunaan filter aktif dengan kontrol PI, hal ini menunjukkan bahwa pada sudut penyalaaan tersebut filter aktif dengan kontrol PI telah bekerja sebagaimana yang telah diharapkan pada penelitian ini.

#### 4. Kesimpulan

Dari berdasarkan hasil dan pembahasan penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa penggunaan filter aktif dengan kontrol PI pada PLTS membuktikan bahwa pada percobaan yang dilakukan dengan menggunakan beberapa beban *controlled rectifier* dengan sudut penyalaaan yang telah diteliti menyebabkan perubahan grafik amplitude dan menghasilkan *ripple* pada spektrum harmonisa, dengan ditambahkan filter aktif dengan kontrol PI maka grafik pada spektrum mengalami penurunan nilai arus dan juga nilai THD dari setiap percobaan yang dilakukan mengalami penurunan. Hal ini membuktikan pada penelitian penggunaan filter aktif dengan kontrol PI mampu mengurangi distorsi harmonisa pada sistem PLTS.

#### Daftar Pustaka

- [1] Yuwono, B. (2005) Optimalisasi Panel Sel Surya Dengan Menggunakan Sistem Pelacak Berbasis Mikrokontroler At89c51.
- [2] Rahmat, Hidayat (2018) Analisa Efek Penempatan Dan Kapasitas Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) Terhadap Total Harmonic Distortion (Thd) Pada Jaringan Distribusi 20 KV. Diploma thesis, Universitas Andalas.
- [3] ANDIKA, S. (2019) Rancang Bangun Filter Lcl Pada Sistem On Grid Pembangkit Listrik Tenaga Surya.
- [4] Anggoro Arso Pambudi (2016) ‘Rancang Bangun Filter Harmonik Untuk Perbaikan Kualitas Daya Pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya 320 WP’, *Journal of Knowledge Management*, 2(2), pp. 1–18. doi: 10.1016/j.cya.2015.11.011.
- [5] Rochibi, M. (2018) ‘Analisa Perancangan Filter Pasif Untuk Meredam Harmonisa Dan Perbaikan Faktor Daya Pada Beban Area Welding’, pp. 89–95.
- [6] Aries Gunawan, I., Rinas, I. and Arta Wijaya, I. (2015) ‘Analisis Distorsi Harmonisa Pada Penyulang Abang Karangasem Setelah Terpasangnya Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts)’, *Jurnal Ilmiah SPEKTRUM*, 2(3), pp. 130-135–135.
- [7] Juniawan, A. R. *et al.* (2014) ‘Perancangan Dan Simulasi Filter Aktif 3 Fasa Untuk Mereduksi Harmonisa Akibat Penggunaan Beban Non Linier’, *Electrans*, 13(2), pp. 99–106.
- [8] Odianto, T., Winardi, S. and Saputra, K. H. (2017) ‘Perencanaan Filter Aktif Tiga Fasa Menggunakan Kontrol Propotional Integral Derivative (PID) Untuk Mereduksi Harmonisa Pada Sistem Tenaga Listrik’, pp. 1–12.

