

# Perencanaan Desain *Single Tuned Passive Filter* Harmonisa Pada AC *Microgrid* Turbin Tenaga Angin

Rhezal Agung Ananto<sup>\*a)</sup>, Asfari Hariz Santoso<sup>a)</sup>, Rohmanita Duanaputri<sup>a)</sup>, Muhammad Fahmi Hakim<sup>a)</sup>

(Artikel diterima: Januari 2023, direvisi: Februari 2023)

**Abstract:** A microgrid usually consists of small-scale of thermal generation sources and other distributed energy resources (DER) such as photovoltaic, wind power, and fuel cells to serve its loads. In this paper microgrid AC system using wind turbines. Microgrid AC systems use an inverter which is a source of harmonics for need to convert to AC system Load . And the system will also get the source of harmonics when the system is connected to the non-linear load. wind turbines can generate harmonics also. So that it can degrade the quality of the power of the system. In addition the power factor, and voltage system is not good. So the system mitigate solution is using a passive filter tuned to the affected bus. The simulation results show that the design single tune passive filters can be effective and have a good performance in mitigating microgrid system.

**Keywords:** harmonics, microgrid, power quality, passive harmonics filter, wind turbin

## 1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi saat ini adalah adanya sistem mikro AC yang sistemnya menggunakan inverter. Inverter tersebut secara tidak langsung menghasilkan harmonisa yang dapat menurunkan kualitas daya. Jika ditambah dengan beban non linear juga akan memperburuk kualitas daya pada sistem mikro grid. Sehingga harus dilakukan mitigasi agar kualitas daya sistem dapat berjalan sesuai setandar yang ada.

Mikrogrid merupakan teknologi masa depan yang akan digunakan. Karena mikrogrid sebagian besar sumber energi primernya dalah sumber enrgi mathari, angin, fuel cell. Yang merupakna energi yang ramah lingkungan. Sehingga dimasa depan teknologi ini akan mensibtitusi sistem non mikrogrid karena teknologi yang tidak ramah lingkungan.

## 2. Mitigasi Harmonisa Pada Sistem AC Mikrogrid

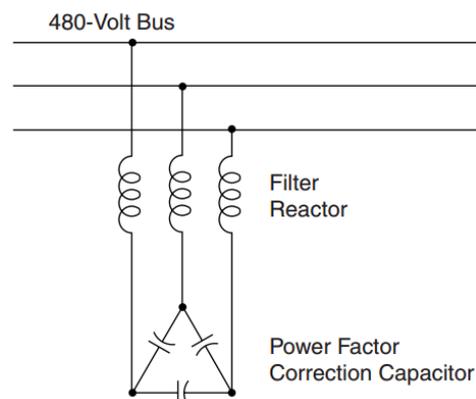
Sistem mikrogrid yang digunakan pada sistem ini yaitu sistem mikrogrid dan adanya pembangkit turbin tenaga angin. Pada sistem ini sistem tegangan beban menggunakan tegangan 0,4 KV. Pada grid menggunakan sistem tegangan dari 69/11kv. Pada turbin angin menggunakan 0,48 kv. Kedua sumber grid dan turbin angin dihubungkan terafo ke sistim beban masing masing memiliki daya 2 MVA dan 200 KVA. Sedangkan trafo pada grid menggunakan rating 10MVA.

Beban yang digunakan adalah beban lump dan beban motor dengan VSD. Dengan beban masing-masing 200 KVA dan 100KW. Sumber harmonisa berada pada VSD dan turbin angin. Sehingga untuk mitigasinya letak pasive filter harmonisa pada bus beban dan bus turbin angin.

Harmonisa pada sistem ini pada beban menggunakan filter passive harmonik ke-11 dan ke-5. Sedangkan pada sistem turbin angin menggunakan filter harmonik ke-13.

Sistem filter passive harmonisa adalah dengan adanya kapasitor dan induktor. Ketiganya dihubungkan dengan tiap line masing masing pada sistem.

Untuk mendapatkan performa filter agar mitigasi harmonisa harus menentukan kapsitor dan induktor yang digunakan. Sistem filter passiv harmonik dapat digambarkan sebagai berikut.



Gambar. 2.1. Desain

Pada sistem filter single tune ini menggunakan kapasitor sebagai power factor correction dan reaktor sebagai filter. Desaing kapasitro dan reaktor berbeda beda sesuai dengan kebutuhan daya dan harmonik yang diinginkan.

Perhitungan untuk menghitung kapasitro yang digunakan yaitu dengan :

$$\Delta Q (KVar) = (S \times \sin(\text{Arcos}(PF \text{ lama})) - S \times (\sin(\text{Arcos}(PF \text{ diinginkan})))$$

Kapasitor (C)

Karena 3fasa maka Q dibagi 3 untuk per fasa. Kemudian dibagi 3 lagi karena hubungan delta

$$kVAR = \frac{\Delta Q}{(3)(3)}$$

$$C = \frac{kVAR}{2 \pi f (V_{ph})^2}$$

Induktor (L)

Untuk perhitungan frekuensi tuning orde harmonisa dugnakan frekuensi tuning yang sedikit dikurangi dari frekuensi tuning sebenarnya. Pergeseran ini depergunakan untuk mengcover frekuensi harmonisa yang akan digunakan agar mendapatkan performa yang maksimal.

\*Korespondensi: [rhezal.agung@polinema.ac.id](mailto:rhezal.agung@polinema.ac.id)

a) Prodi Sistem Kelistrikan, Jurusan Teknik Elektro, Polinema.  
 Jalan Soekarno-Hatta No. 9 Malang 65141



$$R = \frac{X_L}{Q} = 1,515 \times 10^{-3} \text{ Ohm}$$

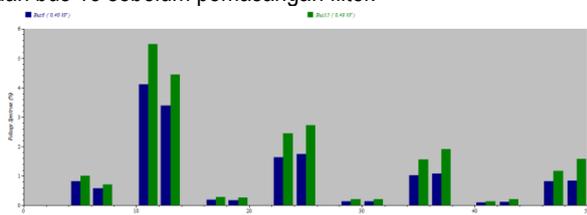
#### 4. Analisis

Hasil yang didapatkan sebelum dan setelah pemasangan harmonisa diperlihatkan pada tabel berikut ini ;

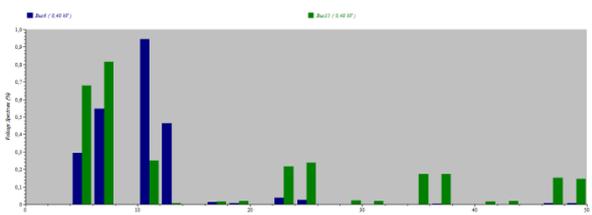
Tabel 4.1. Perbandingan sebelum sesudah

| Variabel Pemanding | Sebelum (%) | Sesudah (%) | Stand ar IEEE Thd-v |
|--------------------|-------------|-------------|---------------------|
| <b>Bus 6</b>       |             |             |                     |
| Thd-v t            | 6,56        | 1,23        | 5%                  |
| Thd-v i h-5        | 0,82        | 0,29        | 3%                  |
| Thd-v i h-11       | 4,10        | 0,94        | 3%                  |
| Tegangan           | 94,79       | 99,45       | -                   |
| <b>Bus 15</b>      |             |             |                     |
| Thd t              | 6,56        | 1,18        | 5%                  |
| Thd-v i h-13       | 4,43        | 0,25        | 3%                  |
| Tegangan           | 95,00       | 100,05      | -                   |

Dibawah ini adalah hasil plot spektrum Thd tegangan bus 6 dan bus 15 sebelum pemasangan filter.



Gambar 4.1. [Sebelum pemasangan filter]



Gambar 4.2. [Sesudah pemasangan filter]

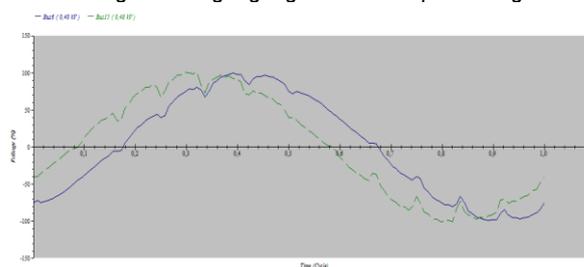
Dari hasil sepektrum menunjukkan bahwa setelah pemasangan filter harmonisa individual Thd tegangan semua berada dibawah 1%.

Dari hasil perhitungan diatas menunjukkan bahwa sesudah dan sebelum pemasangan single tune pasive filter harmonisa menunjukkan hasil dibawah dengan standar IEEE yaitu dibawah 3% untuk individual Thd dan dibawah 5% untuk Thd total.

Performa dari filter dapat menurunkan Thd total dan Thd individu terbesar. Filter ini juga dapat menaikkan terngangan dari sebelumnya diatas 1-3% untuk individu dan diatas 6 %

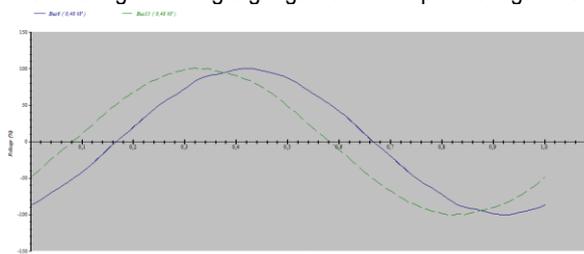
untuk thd total menjadi memenuhi standar masing masin dibawah 3% dan 5%. kenaikan tegangan pada bus yang dipasang rata-rata dapat menaikkan sebesar 5%.

Plot bentuk gelombang tegangan Sebelum pemasangan filter



Gambar 3.3. [Bus 6 (garis -) dan Bus 15 (garis ---)]

Plot bentuk gelombang tegangan Sesudah pemasangan filter



Gambar 3.4. [Bus 6 (garis -) dan Bus 15 (garis ---)]

Dari bentuk gelombang tegangan yang dihasilkan sebelum pemasangan filter menunjukkan gelombang sinusoidal yang tidak rata, banyak distorsi gangguan. Distorsi gangguan tersebut disebabkan oleh distorsi harmonik pada bus 6. Distorsi harmonik terbesar pada harmonik ke-11 dan harmonik ke-5. Sedangkan pada bus 15 distorsi harmonik terbesar terdapat pada harmonik ke-13.

Bentuk gelombang tegangan yang dihasilkan setelah pemasangan filter mununjukkan bahwa gelombang sinusoidal tidak terdistorsi . hasil ini menunjukkan bahwa filter harmonisa dapat bekerja dengan baik sesuai standar IEEE harmonisa. Perhitungan untuk menghitung standar Total distorsi harmonisa arus dengan menggunakan perhttungan aliran daya. Dan perhitungan arus hubung singkat.

Dalam perhitungan simulasi ini menghasilkan hasil perhitungan ditampilkan dalam tabel dibawah ini;

Tabel 4.2. bus 2 dan bus 15

| Perhitungan Variable | Bus 2    | Bus 15  |
|----------------------|----------|---------|
| $I_{sc}$             | 14350,0  | 8830,0  |
| $I_L$                | 1,7 A    | 182,7 A |
| $\frac{I_{sc}}{I_L}$ | 8441,176 | -       |
|                      | -        | 48,331  |

| Variabel Pemanding | Hasil perhitungan | Standar IEEE THD-i total |
|--------------------|-------------------|--------------------------|
| Thd-i total Bus 2  | 18,90 %           | 20 %                     |
| Thd-i total Bus 15 | 5,02 %            | 8%                       |

Dari standar bus 1 dan bus 15 menunjukkan bahwa masing masing total harmonic distortion arus memenuhi standar IEEE yaitu masing masing bernilai 18,90% dan 5,02%.

Hasil perhitungan individual cuend distortion arus ditampilkan dalam tabel berikut ;

Tabel 4.3. perbandingan bus 2 dan 15

| $h_n$ | Bus 2         |              | Bus 15       |              |
|-------|---------------|--------------|--------------|--------------|
|       | Thd-i Arus    | Standar IEEE | Thd-i Arus   | Standar IEEE |
| 1     | -             | -            | -            | -            |
| 2     | -             | -            | -            | -            |
| 3     | -             | -            | -            | -            |
| 4     | -             | -            | -            | -            |
| 5     | 8,4371<br>3 % | 15 %         | 3,78645<br>% | 7%           |
| 6     | -             | -            | -            | -            |
| 7     | 11,122<br>2 % | -            | 1,80646<br>% | -            |
| 8     | -             | -            | -            | -            |
| 9     | -             | -            | -            | -            |
| 10    | -             | -            | -            | -            |

Dari data diatas menunjukkan bahwa individual distorsi arus dari masing masing bus 2 dan 15 dibawah standar IEEE 15% dan 7%. Jadi sistem ini memnuhi mutu sistem tenaga listrik.

### 5. Kesimpulan

Dilihat dari analisis perhitungan yang telah dituliskan diatas. Dapat dilihat bahwa desain single tune filter harmonisa pada AC mikrogrid turbin angin dapat memitigasi harmonisa yang diakibatkan oleh sumber-sumber harmonisa yang ada pada sistem.

Filter ini dapat menaikkan tegangan bus yang sebelumnya turun sampai 5% dari keadaan normal. Dan filter ini juga dapat menaikkan tegangan bus sitem sampai dengan 5%. Sehingga tegangan bus sitem menjadi normal.

Performa filter ini dapat memitigasi Thd tegangan total pada bus 6 dan bus 15. Filter ini memitigasi harmonisa terbesar yang

ada pada bus dengan menggunakan 2 filter harmonik ke-11 dan ke-5 pada bus 6. Pada bus 15 filter ini menggunakan 1 filter harmonisa ke-13.

Pemilihan harmonisa diambil berdasarkan harmonisa Thd tegangan individual yang ada pada bus yang ingin di mitigasi.

Total distorsi harmonisa arus total dan individu pada sistem ini memenuhi standar mutu sistem tenaga listrik.

Hasilnya menunjukkan bahwa desain filter ini memiliki performa baik dalam memitigasi harmonisa sesuai dengan standar mutu sistem tenaga listrik harmonisa IEEE

### Daftar Pustaka

- [1] G.W. Chang., Y.R. Chang. and Y.D. Lee., and C.C. Wu., "A Study of Passive Harmonic Filter Planning for An AC Microgrid". IEEE publication 978-1-4673-9. 2016.
- [2] J. C. Das, "Passive Filters – Potentialities and Limitations", IEEE Transactions on Industry Applications, vol. 40, no. 1, (2004, Januari/Februari).
- [3] Chun-Lien Su and Ci-Jhang Hong." Design of Passive Harmonic Filters to Enhance Power Quality and Energy Efficiency in Ship Power Systems". IEEE 978-1-4673-5242-0/12 . 2013.
- [4] Roohi Sachan and Rohan Srivastava." Performance Analysis of Fixed ShuntPassive Filters for Harmonic Mitigation".IEEE 78-1-5090-2118-5/16 2016.
- [5] M. F. McGranaghan, J. H. Shaw, R. E. Owen, "Measuring Voltage and Current Harmonics on Distribution Systems," IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, Vol. 101, No. 7, July 1981.
- [6] Mouna Tali, Abdellatif Obbadi, Abdelkrim Elfajri And Youssef Errami." Passive Filter for Harmonics Mitigation In Standalone PV System for non Linear Load". IEEE 978-1-4799-7336-1/14 2014.
- [7] Y. S. Cho and H. Cha, "Single-tuned passive harmonic filter design considering variances of tuning and quality factor," Journal of International Council on Electrical Engineering, vol. 1, 2011, pp. 7-13.
- [8] M. Arya, I. Wardana, M. N. Hidayat, and R. A. Ananto, "Perencanaan Dan Analisis Pembangkit Listrik Hybrid PLTS 4x50 Wp dan PLTB Tipe Darrieus Kapasitas 100 Watt," Elposys: Jurnal Sistem Kelistrikan, vol. 9, no. 2, pp. 81–86, 2022,
- [9] M. M. Effendi, M. F. Hakim, and B. E. Prasetyo, "Analisis Aliran Daya dan Kualitas Daya Voltage Uprating 70 kV ke 150 kV Menggunakan Performance Index," Elposys: Jurnal Sistem Kelistrikan, vol. 8, no. 2, pp. 40–44, Jun. 2021,