

Prosiding

SENKA

SEMINAR NASIONAL
KETENAGALISTRIKAN
& APLIKASINYA

2015

Seminar Nasional
Ketenagalistrikan dan Aplikasinya

SENKA 2015

19-20 Agustus 2015

Hotel Aston Primera Pasteur, Bandung



IEEE



Bekerja sama dengan:



**Telkom
University**



KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Dari tahun 2013 hingga 2022 mendatang, kebutuhan energi listrik diproyeksikan naik dari 189 TWh menjadi 386 TWh, naik rata-rata 8.4% per tahun. Untuk mengejar kenaikan konsumsi energi listrik tersebut, dibutuhkan tambahan kapasitas pembangkitan hingga 59,5 GW, atau rata-rata penambahan 6 GW per tahun. Statistik energi tersebut menunjukkan bahwa bangsa Indonesia sekarang sedang bergerak cepat. Pertumbuhan energi listrik secara tidak langsung merefleksikan pertumbuhan ekonomi, bisa kita bayangkan dengan konsumsi energi sebesar itu berapa banyak produktifitas yang akan kita hasilkan.

Tantangan utama dalam melakukan pelistrikan adalah pemerataan, dari 189 TWh konsumsi energi pada 144 TWh merupakan konsumsi energi listrik untuk daerah Jawa – Bali saja. Kualitas daya listrik dan availabilitas suplai juga menjadi isu yang harus kita cermati. Untuk mengatasi permasalahan-permasalahan tersebut para akademisi, industri, pemerintah dan seluruh elemen masyarakat yang berkepentingan harus bekerjasama dalam melakukan pembangunan sistem kelistrikan yang berkelanjutan dan merata di Indonesia. Sayangnya, semua pihak tersebut sering sekali bekerja sendiri-sendiri tanpa terlihat adanya koordinasi.

Seminar Nasional Teknik Ketenagalistrikan dan Aplikasinya (SENKA) 2015 merupakan seminar nasional yang diselenggarakan oleh Sekolah Teknik Elektro dan Informatika ITB, Persatuan Insinyur Indonesia (PII) dan IEEE bekerja sama dengan beberapa perguruan tinggi di Bandung dan sekitarnya, seperti Institut Teknologi Nasional (ITENAS), Politeknik Negeri Bandung (POLBAN), Sekolah Tinggi Teknologi Mandala, Telkom University, Universitas Jenderal Achmad Yani (UNJANI) dan Universitas Siliwangi. Dalam seminar ini, diharapkan kalangan akademisi, industri, dan pemerintah bisa bertukar informasi tentang kemajuan dan rencana pembangunan ketenagalistrikan di Indonesia. Pembicara dari berbagai kalangan bidang ketenagalistrikan diharapkan hadir dalam seminar ini. Selain pemakalah reguler, pembicara tamu dari Indonesia dan luar negeri dengan berbagai macam kepakaran dan pengalaman juga diundang dalam seminar ini. Berkaca dari kesuksesan penyelenggaraan seminar rutin dua-tahunan IEEE *Conference on Power Engineering and Renewable Energy* (ICPERE), SENKA diharapkan bisa menjadi ICPERE versi Indonesia, sama-sama bervisi untuk memajukan bidang ketenagalistrikan di Indonesia.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Dr. Pekik A. Dahono
Ketua Panitia

Ketua Panitia

Pekik Argo Dahono

Sekretaris

Agus Purwadi

Burhanuddin Halimi

Program Teknis

Arwindra Rizqiawan

Anung

Een Taryana

I Made Wiwit K.

Nana Heryana

Ngadiyanto

Nundang Busaeri

Syahrial

Panitia Pengarah**Ketua**

Yanuarsyah Haroen

Sekretaris

Suwarno

Anggota

Abdus Somad Arief

Adi Sufiadi Yusuf

Amir Rosidin

Andhika Prastawa

Arief Yahya

Gibson Hilman Sianipar

Ismail Yusuf

Iwa Garniwa

Mauridhi Heri Purnomo

Muhamad Ashari

Nanang Hariyanto

Ngapuli Sinisuka

Reynaldo Zoro

Rinaldi Dalimi

Rudijanto Handojo

Salama Manjang

Slamet Riyadi

Tumiran

Waluyo

Yuda Bakti Zainal

B2-2	A Study Case : Nuisance Trip on Induction Motors Equipped With Differential Protection Caused By Lack Of Grounding Method <i>Fidelis Galla Limbong</i>	140
B2-3	Lampu Swabalast Berbasis Teknologi Elektronika Daya: Keuntungan dan Kerugiannya <i>Nana Heryana</i>	143
B2-4	Perancangan Inverter Boost Tiga Fasa Berbasis Model Hibrida <i>Rukan Nasrullah Adha, Tri Desmana Rachmildha, Yanuarsyah Haroen</i>	151
B3-1	Perbaikan Kualitas Daya Dan Jatuh Tegangan Pembangkit Sistem Hibrid (Pltmh Dan Plts) Menggunakan Power Filter Inverter <i>Agung Wicaksono, Herri Gusmedi and Endah Komalasari</i>	157
B3-2	Rancang Bangun Prototipe Automatic Switch Coordination Untuk Pembangkit Hibrid <i>Edy Setyo Bayu Aji, Herri Gusmedi and Endah Komalasari</i>	162
B3-3	Pengembangan Trainer Sel Surya Portabel Menggunakan Metode Dynamic Rotation Berbasis Mikrokontroler <i>Adhi Bagus Pribadi, Tegar Wira Abdillah, Fauzy Satrio Wibowo dan Dr. Eng. Siti Sendari, S.T., M.T.</i>	167
B3-4	Penelitian dan Pengembangan Energi Angin Indonesia <i>Nanda Avianto Wicaksono</i>	173
B3-5	Assessment PQ pada Integrasi Solar PV Atas Atap Tanpa Battery <i>Hadi Suhana, Iman Faskayana</i>	179
B3-6	Desain Prototipe "Smart Roadways" dengan Photovoltaic dan Piezoelectric Berbasis PLC sebagai Potensi Energi Listrik Terbaharukan <i>Afif Widia Atmaja, Diaz Tri Nugroho, Desi Fajarwati</i>	188
B4-1	Diagnosa Online Dan Deteksi Kerusakan Motor Induksi Tiga Fasa Menggunakan Multi-Sensor <i>Dimas Anton Asfani, Davi Al Fansuri, Arif Musthofa, I Made Yulistya Negara, Wahyudi</i>	202
B4-2	Deteksi Kerusakan Insulasi Belitan Antar Fasa pada Motor Induksi Menggunakan Tes Surja <i>I Made Yulistya Negara, Daniar Fahmi, Tegar Suclifton, Dimas Anton Asfani</i>	209
B4-3	Reisolasi Belitan Rotor Generator <i>Sujadi, Indra Jaya, Edo Angga Radita</i>	217
B4-4	Rancang Bangun Sepeda Motor Elektrik Dengan Penggerak Motor Brushless Dc dan Pengaturan Kecepatan Secara Elektronik <i>Bagus Permana, Garnis Nurfadilla, Kennyssa Valencia and Zaenul Santoso</i>	224
B4-5	Perbandingan Reduksi Riak Arus Keluaran Inverter PWM Dua-Level dan Tiga-Level Dengan Metode Injeksi Harmonisa Ketiga <i>I Made Wiwit Kastawan and Muhammad Rizqi Mustofa</i>	231
B4-6	Verifikasi Analitik Persamaan Maximum Torque Per Ampere (MTPA) untuk Permanent Magnet Synchronous Motor (PMSM) <i>Nur Adhinugraha Heryanto*, Agus Purwadi, Nana Heryana, dan Arwindra Rizqiawan</i>	237

PERBAIKAN KUALITAS DAYA DAN JATUH TEGANGAN PEMBANGKIT SISTEM HIBRID (PLTMH DAN PLTS) MENGGUNAKAN ACTIVE FILTER INVERTER

Agung Wicaksono
Teknik Elektro
Universitas Lampung
Lampung, Indonesia
Agungwicaksono26@gmail.com

Herri Gusmedi
Teknik Elektro
Universitas Lampung
Lampung, Indonesia
herri.gusmedi@eng.unila.ac.id

Endah Komalasari
Teknik Elektro
Universitas Lampung
Lampung, Indonesia
endah.komalasari@eng.unila.ac.id

Abstrak - Permasalahan terbesar pada PLTMH yaitu tegangan jatuh dan harmonisa. Hal itu dikarenakan PLTMH sangat dipengaruhi oleh kecepatan debit air yang memutar turbin. PLTMH banyak digunakan pada daerah-daerah yang tidak dimasuki oleh jaringan distribusi PLN dikarenakan daerah-daerah tersebut terletak di pedalaman yang sulit dijangkau oleh kendaraan dan memiliki potensi sumberdaya alam. Permasalahan terbesar yang sering terjadi pada PLTMH yaitu harmonisa dan drop tegangan. Panjangnya saluran, resistansi saluran, debit air dan jumlah beban yang ditanggung oleh saluran tersebut mempengaruhi tegangan jatuh saluran. Tegangan yang fluktuatif dan frekuensi yang tidak stabil mempengaruhi kualitas daya pada jaringan PLTMH. Untuk menyelesaikan masalah pada jaringan PLTMH, maka diperlukan pembangkit hibrid yang dilengkapi dengan active filter inverter. Pembangkit hibrid disini yaitu hibrid antara PLTMH dan PLTS. Jaringan pembangkit hibrid yang dipasang active filter inverter dapat memperbaiki tegangan, dan meningkatkan kualitas daya dengan mengkompensasi harmonisa pada jaringan.

Kata kunci ; PLTMH, pembangkit hibrid, tegangan jatuh, harmonisa, active filter inverter

Abstract - The biggest problems in microhydro is drop voltage and harmonic. It is because microhydro highly influenced by the speed of discharge water turbine twisting . microhydro used in areas not forced by the company distribution network because of the regions situated in remote areas difficult to reach by a vehicle and has the potential of natural resources .The biggest problems that often occurs in microhydro namely harmonic and drop voltage .The length of the channel , the resistance of the channel , discharge of water and the number of the burden borne by the voltage that affected the fall . Fluctuating voltage and frequency of unstable affect the quality of resources on the network microhydro. To resolve problems on the network microhydro, then required system hybrid power plant equipped with active filter inverter . System Hybrid power plant here is between hybrids photovoltaic and microhydro. A network of system hybrid power plant fitted active inverter filter can improve.

Keywords ; microhydro, system hybrid power plant, drop voltage, harmonic, active filter inverter.

I. PENDAHULUAN

Harmonisa merupakan permasalahan terbesar yang terjadi pada jaringan TR (Tegangan Rendah) PLTMH di Dusun Margosari. Harmonisa pada PLTMH sangat bergantung dengan panjang penghantar, jenis beban, dan besar kecilnya debit air. Selain harmonisa, tegangan jatuh merupakan salah satu permasalahan terbesar di jaringan PLTMH Margosari. Tegangan di sistem jaringan PLTMH sangat dipengaruhi oleh debit air. Besar tegangan keluaran PLTMH di Dusun Margosari yaitu 159 volt. salah satu yang mempengaruhi tegangan keluaran PLTMH yaitu debit air. Debit air yang fluktuatif akan menyebabkan tegangan dan frekuensi pada PLTMH tidak stabil. Hal itu akan menyebabkan tegangan jatuh dan harmonisa pada jaringan. Untuk statandar total harmonisa listrik IEEE 519-1992 yaitu $\leq 5\%$. Salah satu penyebab terjadinya harmonisa yaitu adanya beban non linier.

Kasus pada penelitian ini adalah PLTMH yang berada di dusun Margosari. Berdasarkan pengukuran harmonisa tegangan yang ditimbulkan di jaringan PLTMH Dusun Margosari yaitu sebesar 24%. Berdasarkan pengukuran tegangan jatuh yang telah dilakukan, besar tegangan jatuh di jaringan PLTMH dusun margosari sebesar 30%. Pernah dilakukan penelitian untuk memperbaiki tegangan jatuh oleh herri gusmedi yang berjudul *Feasibility and Optimal Design of Micro-hydro and Photovoltaic Hibrid Sistem in Support to Energy Independent Village*. Dari penelitian Herri Gusmedi membuktikan bahwa instalasi sistem hibrid PV dapat meningkatkan kinerja jaringan dalam hal drop tegangan dan meningkatkan tegangan dari 9.5% sampai 31%. Metode yang digunakan adalah metode Newton-Rhepson dengan software ETAP. Pada penelitian ini metode yang akan digunakan adalah *active filter inverter*. Pada kasus ini, *active filter*

inverter digunakan untuk memperbaiki tegangan jatuh dan memperbaiki harmonisa.

A. Pembangkit Listrik Sistem Tenaga Hibrid

Pembangkit listrik sistem hibrid merupakan gabungan dari dua pembangkit atau lebih dengan sumber energi yang berbeda. Pembangkit hibrid sangat efektif dipakai di daerah-daerah yang memiliki sumber energy dari alam seperti air, angin, dan matahari. Kelebihan dari pembangkit hibrid yaitu ramah lingkungan, dan mudah untuk digunakan, Pembangkit hibrid dapat digunakan sebagai solusi untuk meningkatkan suplai daya di jaringan transmisi. Dari penelitian Herri Gusmedi membuktikan bahwa instalasi sistem hibrid PV dapat meningkatkan kinerja jaringan dalam hal drop tegangan dan meningkatkan tegangan dari 9.5% sampai 31%. Metode yang digunakan adalah metode Newton-Rhepson dengan software ETAP.

B. Kualitas Daya (Power Quality)

Kualitas daya yang buruk pada jaringan transmisi energi listrik dapat disebabkan oleh lonjakan perubahan tegangan, arus dan frekuensi. Kualitas daya yang akan menimbulkan kegagalan misoperasi pada peralatan. Kegagalan ini dapat merusak peralatan listrik baik dari sisi pengirim maupun sisi penerima. Untuk itu demi mengantisipasi kerugian yang dapat terjadi baik dari pihak PLN maupun masyarakat, pihak PLN harus mengupayakan sistem tenaga listrikan yang baik dengan memonitoring harmonisa pada jaringan transmisi. Banyak permasalahan pada sistem tenaga yang mempengaruhi kualitas daya transmisi yaitu *transient, short-duration variation, long-duration variation, voltage unbalance, waveform distortion, voltage fluctuation, dan power frequency variation.*

Beban-beban yang terdapat pada sistem tenaga listrik bukanlah bersifat resistif murni melainkan bersifat resistif-induktif. Beban resistif akan menyerap daya aktif, sedangkan beban induktif akan menyerap daya reaktif yang dihasilkan oleh pembangkit. Besarnya tegangan jatuh menyebabkan tegangan jatuh di saluran yang tidak sesuai dengan standar PLN sebesar +5% dan -10%. Salah satu cara untuk memperbaiki tegangan jatuh di saluran dengan penambahan kapasitor bank, penggantian saluran, dan penambahan tap transformator. Dalam melakukan perhitungan tegangan distribusi primer menggunakan persamaan :

$$\Delta V = IZ \dots\dots\dots [1]$$

Untuk menentukan besar jatuh tegangan sepanjang saluran dapat menggunakan rumus berikut :

$$\%V = \frac{V_S - V_R}{V_R} \times 100\% \dots\dots\dots [2]$$

Semakin besar impedansi di saluran maka tegangan jatuh pada saluran semakin besar.

Harmonisa merupakan fenomena dimana bentuk gelombang pada frekuensi-frekuensi tinggi merupakan kelipatan dari frekuensi dasarnya (50Hz) seperti (100Hz, 150Hz, 200Hz, dan seterusnya). Harmonisa terjadi diakibatkan oleh beban listrik non linier. Beban listrik non linier adalah beban listrik yang memiliki sifat menyimpang

dari hukum ohm. Dimana tegangan, arus, dan hambatan/ impedansi tidak sebanding, artinya respon tegangan yang diberikan pada beban tidak sebanding dengan arus beban yang muncul, seperti unit komputer, printer, scanner, disebut juga sebagai sumber harmonisa.

Tingkat harmonisa yang melewati standar dapat menyebabkan terjadinya peningkatan panas pada peralatan. Bahkan pada kondisi terburuk dapat terjadi gangguan (*hanging up*) bahkan kerusakan permanen pada beberapa peralatan elektronik yang sensitif termasuk komputer (*personal computer*). *Total Harmonic Distortion* (THD) merupakan nilai persentasi antara total kompen harmonisa dengan komponen fudemental. Semakin besar harmonisa pada jaringan maka akan menyebabkan semakin besar *losses* yang terjadi di sistem. Berdasarkan standar IEEE 519-1992, nilai THD suatu sistem diizinkan yaitu tidak boleh lebih dari 5% untuk THD_v. Untuk mencari nilai THD tegangan dan arus dapat sebagai berikut

$$THD_v = \frac{\sqrt{V_2^2 + V_3^2 + V_4^2 + V_5^2 + \dots + V_n^2}}{V_1} \dots\dots\dots [3]$$

Besar dan kecilnya THD dipengaruhi oleh jenis beban non linier pada sistem. Beban non linier merupakan beban yang menyebabkan besarnya THD dalam suatu sistem. Hal itu dikarenakan beban non linier memiliki rentang impedansi dari 0 sampai ∞, sehingga menyebabkan bentuk gelombang balik dari beban mengalami distorsi sesuai dengan frekuensi fundamentalnya.

II. METODE PENELITIAN

Active filter inverter adalah alat yang digunakan untuk merubah tegangan dari DC (*Direct Current*) menjadi AC (*Alternating Current*) yang dilengkapi dengan filter yang dapat mengkompensasi harmonisa yang ditimbulkan oleh inverter. *Active filter inverter* digunakan untuk memperbaiki tegangan jatuh dan mengkompensasi harmonisa yang dihasilkan di inverter. Filter disini menggunakan filter aktif yang terdiri dari rangkaian RC dan penguat op-amp. Active filter inverter dimodelkan menggunakan Etap dengan melakukan simulasi untuk PLTMH dan pembangkit listrik sistem hibrid. Tujuan dari simulasi yaitu untuk mendapatkan perbaikan tegangan, arus dan harmonisa saat pembangkit dengan sistem hibrid.

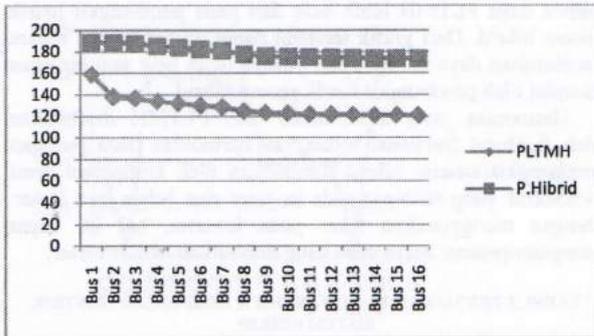
III. PEMBAHASAN

Keubuhan listrik di Dusun Margosari disuplai oleh PLTMH. Berdasarkan hasil pengukuran yang dilakukan tegangan keluaran PLTMH yaitu 159V. Panjang saluran di dusun Margosari yaitu 1.2 Km dan terdiri dari 16 bus. Pengukuran dilakukan di setiap bus Dusun Margosari untuk mendapatkan tegangan pada setiap bus. Tegangan setiap bus tersebut yang akan menjadi parameter pada simulasi Etap. Setelah dilakukan simulasi untuk PLTMH maka akan dilakukan simulasi untuk pembangkit sistem hibrid antara PLTS dan PLTMH. Hasil simulasi yang didapat pada tabel 1.

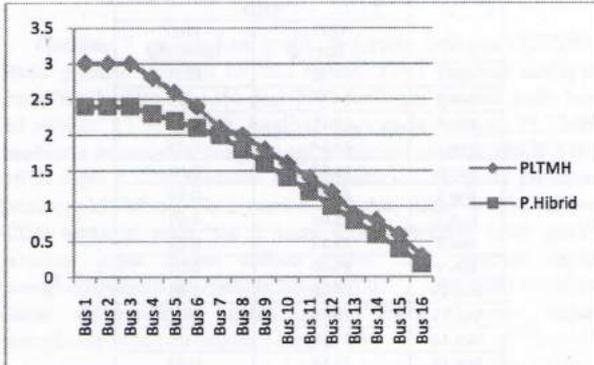
TABEL 1. DATA PERUBAHAN PROFIL TEGANGAN DAN ARUS PEMBANGKIT LISTRIK SISTEM HIBRID

Bus	Tegangan (V)			Arus (A)		
	PLT MH	P.Hibrid	Kenaikan V (%)	PLT MH	P.Hibrid	Penurunan I (%)
Bus 1	158.8	188.7	18.8	3	2.4	18.4
Bus 2	137.8	188.3	36.7	3.0	2.4	16
Bus 3	136.7	187.5	37.1	3.0	2.4	12.5
Bus 4	133.8	185.1	38.4	2.8	2.3	10.1
Bus 5	132	183.7	39.2	2.6	2.2	9.6
Bus 6	130.1	182	39.9	2.4	2.1	9
Bus 7	128.5	180.7	40.6	2.1	2	8.4
Bus 8	124.7	177.3	42.2	2	1.8	8.9
Bus 9	123.2	175.9	42.7	1.8	1.6	11.2
Bus 10	122.6	175.3	43	1.6	1.4	11.8
Bus 11	122	174.7	43.2	1.4	1.2	17.3
Bus 12	121.6	174.4	43.4	1.2	1	25.6
Bus 13	121.4	174.1	43.5	0.9	0.8	31
Bus 14	120.9	173.7	43.7	0.8	0.6	18.4
Bus 15	120.7	173.6	43.8	0.6	0.4	16.03
Bus 16	120.7	173.5	43.8	0.3	0.2	12.5

Tabel 1 merupakan perbandingan antara jaringan PLTMH dan pembangkit sistem hibrid. Dari tabel tersebut pada bus 1 tegangan meningkat setelah dipasang pembangkit sistem hibrid sebesar 18.84%. Dan arus yang berada di penghantar pada bus 1 menurun sebesar 18.57%. Pemasangan *active filter inverter* dapat menaikkan tegangan dan mengkompensasi tegangan jatuh pada jaringan sistem hibrid.

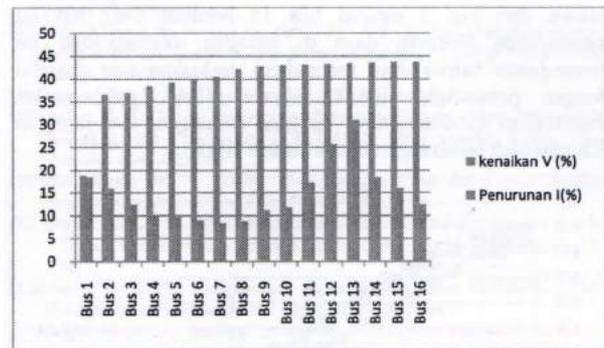


gambar.1. Tegangan jaringan PLTMH dan Pembangkit Listrik Sistem Hibrid



Gambar. 2. Arus jaingan PLTMH dan pembangkit listrik sistem hibrid

Gambar. 1 merupakan grafik perbandingan PLTMH dan pembangkit listrik sistem hibrid. Tegangan yang dihasilkan saat pembangkit sebelum dihibrid sebesar 158.77 volt dan setelah dihibrid sebesar 188.65 volt. tegangan PLTMH dan pembangkit listrik sistem hibrid tidak sesuai dengan standar tegangan nominal PLN yaitu 220 volt. Gambar 2 merupakan gambar perbandingan arus PLTMH dan pembangkit listrik sistem hibrid. Pada gambar tersebut terlihat bahwa arus yang dihasilkan pembangkit listrik sistem hibrid lebih kecil dibandingkan dengan arus yang dihasilkan PLTMH. Arus yang dihasilkan oleh PLTMH sebesar 3A sedangkan arus yang dihasilkan oleh pembangkit listrik sistem hibrid sebesar 2.41A.



Gambar.3. Kenaikan tegangan dan arus PLTMH dan pembangkit listrik

hibrid

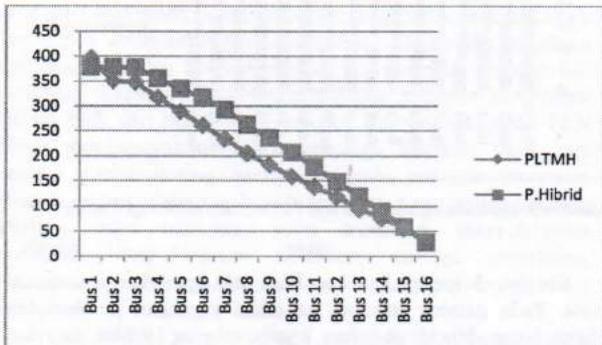
Gambar 3 merupakan kenaikan tegangan dan penurunan arus. Pada gambar tersebut kenaikan tegangan pembangkit listrik sistem hibrid pada bus 1 yaitu sebesar 18.84% dari bus 1 PLTMH yang semula 158.77V setelah di hibrid menjadi 188.86V. Dengan kenaikan tegangan tersebut dapat memperkecil tegangan jatuh pada jaringan. Besar tegangan jatuh sepanjang jaringan PLTMH sebesar 24% setelah dipasang power filter inverter pada pembangkit listrik sistem hibrid tegangan jatuh pada saluran menjadi 8.05%. penurunan arus yang melewati jaringan saat dipasang pembangkit listrik sistem hibrid sebesar 24.48%

TABEL.2. DAYA REAKTIF DAN DAYA AKTIF PADA PEMBANGKIT LISTRIK SISTEM HIBRID

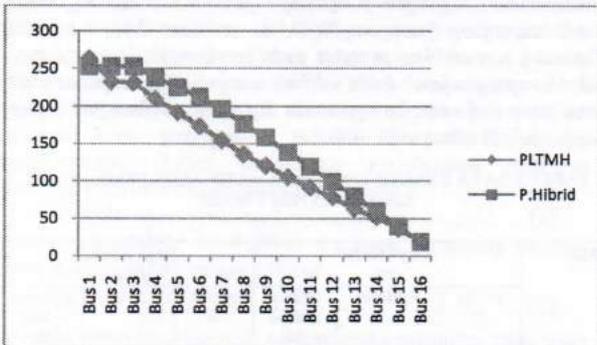
Bus	Daya Aktif (W)			Daya Reaktif (Var)		
	PLTM H	P.Hibrid	Effisien si daya (%)	PLTM H	P.Hibrid	Efficiens i daya (%)
Bus 1	396.3	378.3	-4.5	263	252.7	-3.9
Bus 2	350.3	377.7	7.8	232.7	252.7	8.6
Bus 3	348	377.3	8.4	231	252.7	9.4
Bus 4	316.7	355	12.1	210	237.7	13.2
Bus 5	288.3	335	16.2	191.3	224.7	17.4
Bus 6	260.7	317	21.6	173	212.3	22.7
Bus 7	233.3	292.3	25.3	154.3	196	27
Bus 8	204.3	262.3	28.4	135.3	176	30.05
Bus 9	182	235.7	29.5	120.7	158	30.9

Bus 10	159	207	30.2	105	138.7	32.1
Bus 11	137.7	178	29.3	91	119	30.8
Bus 12	117.7	148.7	26.3	78.7	99.3	26.3
Bus 13	94	119	26.6	62.4	79.7	27.7
Bus 14	75.7	89.7	18.5	50.7	60	18.4
Bus 15	55	58.7	6.7	36.7	39.33	7.3
Bus 16	29.3	28.7	-2.3	19.7	19	-3.4

Tabel 2 merupakan data hasil simulasi untuk daya aktif dan daya reaktif yang disuplai pembangkit listrik sistem hibrid pada setiap bus. dari tabel tersebut terdapat besar kualitas daya reaktif dan daya aktif pembangkit listrik sistem hibrid yang dibuat dalam bentuk persentase. Pada bus 1 dan bus 16 nilai efisiensi daya yaitu -4.71% dan -2.25%. nilai minus menunjukkan daya yang disuplai PLTMH lebih besar dari daya yang disuplai pembangkit sistem hibrid. Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa dari bus 2 sampai bus 15 bernilai plus, hal itu menunjukkan efisiensi daya di jaringan meningkat hal itu menunjukkan bahwa daya mengalami perbaikan saat disuplai dengan pembangkit listrik sistem hibrid. jadi, secara keseluruhan efisiensi daya jaringan meningkat saat jaringan disuplai oleh pembangkit listrik sistem hibrid



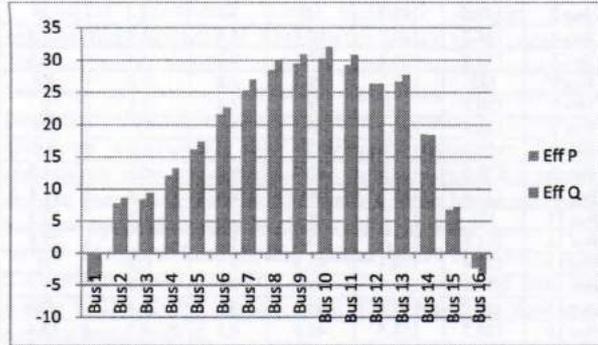
Gambar.4 .Daya aktif pada jaringan PLTMH dan pembangkit listrik sistem hibrid



Gambar.5 .Daya reaktif di jaringan PLTMH dan Pembangkit sistem hibrid

Gambar 4 merupakan grafik perbandingan untuk daya aktif PLTMH dengan pembangkit sistem hibrid dan gambar 5 merupakan grafik daya reaktif pada PLTMH dengan pembangkit listrik sistem hibrid. Pada gambar 4 dan 5 grafik PLTMH dan pembangkit listrik sistem hibrid mengalami penurunan secara linier pada setiap busnya. Penurunan itu

disebabkan oleh kebutuhan daya untuk beban di setiap bus disepanjang jaringan. Pada gambar 4 daya aktif yang disuplai PLMH sebesar 396.33 watt dan daya aktif yang disuplai pembangkit listrik sistem hibrid sebesar 378.33 watt.



Gambar.6 .Efisiensi daya reaktif dan daya aktif pada jaringan

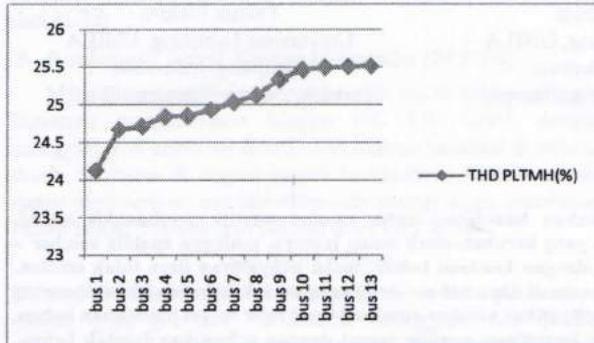
Gambar 6 merupakan grafik perbaikan daya untuk daya reaktif dan daya aktif di sistem jaringan pembangkit listrik sistem hibrid. Pada gambar tersebut terlihat bahwa peningkatan daya terbaik terletak pada bus 10. Pada bus 1 dan bus 16 grafik batang mengarah ke bawah, hal itu menunjukkan bahwa daya PLTMH lebih baik dari pada pembangkit listrik sistem hibrid. Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa secara keseluruhan daya untuk setiap busnya lebih baik saat jaringan disuplai oleh pembangkit listrik sistem hibrid.

Harmonisa yang ditimbulkan oleh PLTMH disebabkan oleh fluktuasi frekuensi sedangkan harmonisa pada jaringan pembangkit sistem hibrid disebabkan oleh komponen semi konduktor yang terdapat pada inverter dan beban non linier. Dengan menggunakan filter pada inverter, hal itu dapat mengkompensasi harmonisa yang ditimbulkan oleh inverter.

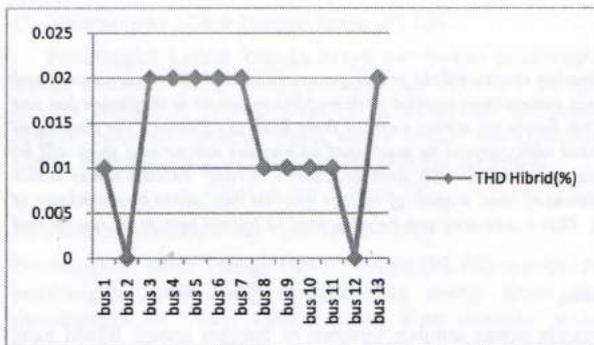
TABEL.3 PERBAIKAN KUALITAS DAYA PEMBANGKIT LISTRIK SISTEM HIBRID

Bus	Perbaikan THD	
	THD PLTMH (%)	THD Hibrid(%)
bus 1	24.13	0.01
bus 2	24.67	0
bus 3	24.71	0.02
bus 4	24.84	0.02
bus 5	24.85	0.02
bus 6	24.93	0.02
bus 7	25.03	0.02
bus 8	25.12	0.01
bus 9	25.33	0.01
bus 10	25.46	0.01
bus 11	25.49	0.01
bus 12	25.50	0
bus 13	25.51	0.02

Tabel 3 merupakan perbaikan kualitas daya pada pembangkit listrik sistem hibrid. Dari tabel tersebut terlihat perbandingan antara THD pada PLTMH dan THD pada sistem hibrid. Active filter inverter pada pembangkit hibrid dapat mengkompensasi THD yang dihasilkan oleh jaringan secara baik. Hal itu dikarenakan pada power filter inverter sudah dilengkapi dengan filter active yang bertujuan untuk mengkompensasi harmonisa keluaran power filter inverter untuk frekuensi kelipatan 50 Hz



Gambar.7. THD di jaringan PLTMH



Gambar.8. THD di jaringan pembangkit sistem hibrid

Gambar 7 merupakan grafik thd pada jaringan PLTMH. Pada gambar tersebut terlihat bahwa THD terbesar terdapat pada bus 1 yaitu 24.13% dan THD tertinggi terletak pada bus 13 sebesar 25.51%. Jadi, kualitas daya pada jaringan PLTMH memiliki harmonisa yang tinggi, melebihi standar IEEE 519-1992 yaitu $\leq 5\%$. Gambar 8 merupakan THD pada jaringan pembangkit hibrid. Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa THD tertinggi pada bus 5 yaitu sebesar 0.02%. Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa *active filter inverter* dapat mengkompensasi harmonisa hingga 0.02%. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa *active filter inverter* dapat mengkompensasi harmonisa hingga 0%.

KESIMPULAN

Pemasangan *power filter inverter* pada pembangkit hibrid di jaringan Margosari dapat menaikkan tegangan sebesar 18.84%. dan dengan pemasangan pembangkit hibrid pada jaringan Margosari dapat menurunkan arus yang mengalir pada penghantar sebesar 18.57%. Power filter mengkompensasi harmonisa hingga 0.01% dari yang semula sebesar 24.13% dan mengkompensasi tegangan jatuh dari 24% menjadi 8.04%

REFERENSI

- [1] Agusthinus S. Sampeallo, W. F. (2013). Analisis Jatuh Tegangan Pada Penyulang 20 kV Berdasarkan pada Perubahan Beban (Studi Kasus Penyulang Penfui dan Penyulang Oebobo PT. PLN Persero Rayon Kupang). *Jurnal Medan Elektro*.
- [2] C.Sankaran. (2001). *Power Quality*. New York.
- [3] ESDM, M. (2008). *Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 37*. Indonesia.
- [4] Herri Gusmedi, E. K. (2014). *Feasibility and Optimal Design of Micro-hydro and Photovoltaic Hybrid Sistem in Support to Energi Independent Village*. Bandar Lampung.
- [5] Indonesia, C. E. *Buku Panduan Energi Terbarukan*. Indonesia.
- [6] Jatmiko, H. A. (2012). Pemanfaatan Pemandian Umum Untuk Pembangkit Tenaga Listrik Mikrohidro (PLTMH) Menggunakan Kincir Tipe Overshot. *Jurnal Emitor*.
- [7] João Afonso, M. A. (2000). Shunt Active Filter for Power Quality Improvement. *International Conference UIE 2000*.
- [8] Liem Ek Bien, I. K. (2008). Perancangan sistem Hibrid Pembangkit Listrik Tenaga Surya Dengan Jala-Jala Listrik Untuk Rumah Diperkotaan. 37-56.
- [9] Raharjo, P. (2013). *Perancangan Sistem Hibrid Solar Cell-Baterai-PLN Menggunakan Program Mebel Logil Control*. Jember.
- [10] Rasyid, H. (2009). Analisis Reduksi Harmonisa Pada Penyearah Jembatan Tiga Fasa Tak Terkontrol Menggunakan Filter Aktif. *Jurnal EECCIS*.
- [11] Toufik, C. S. (2014). *International journal on electrical engineering and informatics*.
- [12] Zulfakar Athur Banartama, D. I. (2012). *Sistem Tenaga Listrik Tenaga Hibrid (PEMBANGKIT LISTRIK SISTEM HIBRID) Yang Dibuat Di Gedubes Austria*. Semarang: Universitas Diponegoro.