

Analisis Ketidakstabilan Tegangan dan Frekuensi Pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Soko Kembang

Nurul Dyah Pratiwi¹; Isdiyato²

^{1,2}Jurusan Teknik Elektro (Universitas Negeri Semarang)

¹nuruldyahpratiwi8@gmail.com

²isdiyarto@mail.unnes.ac.id

ABSTRACT

Microhydro power plant (MPP) is a small-scale power plant that uses water energy. The process of energy change occurs in a device called a synchronous generator. when the synchronous generator is given an arbitrary load, then the voltage will change. This results cause voltage and frequency instability. This research was conducted to analyze the voltage and frequency instability in MPP. The research method used in this research is descriptive quantitative approach in the village of Soko Kembang, Petungkriyono District, Pekalongan Regency, Central Java. This study provides an overview and explanation of the problems regarding the voltage and frequency instability of Micro Hydro Power Plants. The results of this study are the highest and lowest voltage / frequency instability values, namely 235 volts / 51 Hz and 160 volts / 44 Hz, due to the influence of changes in load current, which can affect the rotational speed of the generator changes, resulting in unstable voltage and frequency generated by the generator, the rotational speed of the generator changes, resulting in unstable voltage and frequency generated by the generator. The solution is add water power to rotate the shaft of the turbine and generator to be tighter, so that it can reduce the value of the decrease in electric power by losses to the turbine and generator. Large electric power can increase voltage and frequency without having to adjust the load, and the need for improvement of the ELC system in order to get a more effective value of voltage and frequency stability.

Keywords: *Microhidro power plant, Voltage, Frequency*

ABSTRAK

Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) merupakan pembangkit listrik berskala kecil dengan menggunakan energi air. Proses perubahan energi terjadi pada sebuah alat bernama generator sinkron. ketika generator sinkron diberi beban yang berubah-ubah, maka besarnya tegangan akan berubah. Hal ini mengakibatkan ketidakstabilan tegangan dan frekuensi. Penelitian ini dilakukan guna menganalisis ketidakstabilan tegangan dan frekuensi pada PLTMH. Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah deskriptif dengan pendekatan kuantitatif di desa Soko Kembang Kecamatan Petungkriyono Kabupaten Pekalongan Jawa Tengah. Penelitian ini memberikan gambaran dan keterangan permasalahan tentang ketidakstabilan tegangan dan frekuensi Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro. Hasil penelitian ini adalah nilai ketidakstabilan tegangan/frekuensi tertinggi dan terendah, yaitu 235 volt/51 Hz dan 160 volt/44 Hz, karena pengaruh perubahan arus beban. Dimana dapat mempengaruhi kecepatan putaran generator berubah-ubah, yang mengakibatkan tegangan dan frekuensi yang dihasilkan generator tidak stabil. Solusinya yaitu menambahkan daya air guna memutar poros turbin dan generator menjadi lebih kencang, sehingga dapat memperkecil nilai penurunan daya listrik oleh rugi-rugi pada turbin dan generator. Daya listrik yang besar dapat menaikkan tegangan dan frekuensi tanpa harus mengatur beban, serta perlu adanya perbaikan sistem ELC guna mendapatkan nilai kestabilan tegangan dan frekuensi yang lebih efektif.

Kata kunci: *PLTMH, Tegangan, Frekuensi*

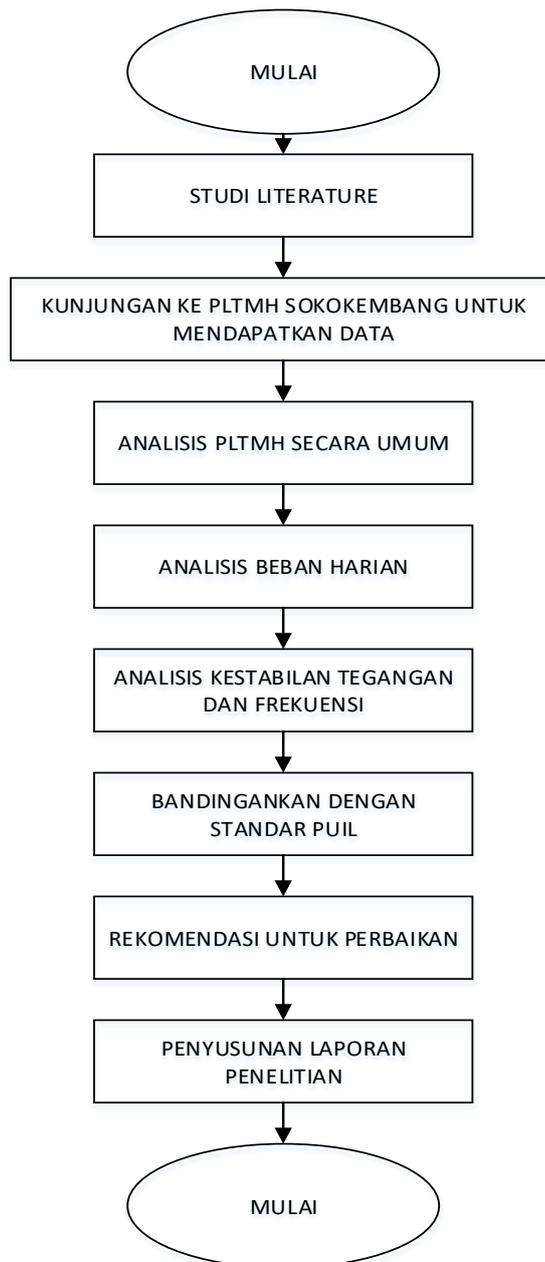
1. PENDAHULUAN

PLTMH dengan skala kecil dapat menggunakan generator sinkron karena harga yang lebih murah, konstruksinya kuat dan sederhana, mudah dalam pengoperasian, dan perawatan yang sangat mudah. Pada generator sinkron, yaitu kumparan stator berada pada tempatnya sedangkan kumparan rotor bersama-sama dengan kutub magnet diputar oleh tenaga mekanik. Prinsip kerja generator sinkron dapat dijelaskan secara sederhana bahwa rotor pada generator sinkron disuplai dengan arus DC yang kemudian akan menghasilkan fluks magnet, rotor yang digerakan oleh turbin akan menghasilkan kecepatan yang konstan, garis gaya magnet bergerak untuk menginduksikan kumparan pada stator, frekuensi yang akan dihasilkan dari tegangan generator bergantung pada kecepatan putaran rotor (Suad Ibrahim Shal, 2015:7). Dalam hal ini bila generator diberi beban yang berubah-ubah, maka besarnya tegangan akan berubah-ubah pula. Hal ini akan mengakibatkan ketidakstabilan pada tegangan dan frekuensi. Penelitian ini dilakukan guna menganalisis ketidakstabilan tegangan dan frekuensi pada PLTMH, penyebab terjadinya ketidakstabilan dan memberikan solusi agar tegangan dan frekuensi dalam keadaan stabil. Menurut pedoman teknis PLTMH (2008:10) daya PLTMH 10 kW sampai dengan 120 kW tegangan dan frekuensi terminal rekomendasi 415 Volt, 3 fasa, 50 Hz.

2. METODE/PERANCANGAN PENELITIAN

2.1. Metode Penelitian

Desain penelitian yang akan digunakan dalam penelitian ini yaitu tipe penelitian deskriptif dengan pendekatan kuantitatif. Menurut Sugiyono (2008:13) penelitian kuantitatif adalah Metode kuantitatif yaitu metode yang berdasarkan pada filsafat positivism, digunakan untuk meneliti pada populasi atau sample tertentu, teknik pengumpulan data sample pada umumnya dilakukan secara random, pengumpulan data menggunakan instrumen penelitian, analisis data bersifat statistic dengan tujuan untuk menguji hipotesis yang telah diterapkan. Penelitian deskriptif yaitu penelitian yang dilakukan untuk mengetahui nilai variabel mandiri, baik satu variabel atau lebih tanpa membuat perbandingan atau menghubungkan. Berdasarkan teori tersebut, penelitian deskriptif kuantitatif merupakan data yang diperoleh dari sampel populasi penelitian dianalisis sesuai dengan metode statistik yang digunakan. Penelitian deskriptif dalam penelitian ini dimaksudkan untuk memberikan gambaran dan keterangan-keterangan permasalahan tentang ketidakstabilan tegangan dan frekuensi Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (Studi Kaus: PLTMH Sokokembang Kabupaten Pekalongan).



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

2.2. Teknik Analisis Data

1. Debit Air

Debit air (Q) merupakan hasil perkalian luas penampang (A) dengan Kecepatan aliran rata-rata(V)

$$Q = V.A \tag{1}$$

2. Daya Air PLTMH

Daya air dapat diketahui bila nilai debit air dapat diketahui terlebih dahulu. Berikut merupakan persamaan dari daya air PLTMH

$$P_{air} = \rho k . H . Q \quad (2)$$

3. Daya Turbin PLTMH

Daya turbin dapat diketahui bila nilai dari debit air dapat diketahui terlebih dahulu. Berikut merupakan persamaan dari daya turbin PLTMH:

$$P_T = k . \eta . H . Q \quad (3)$$

4. Daya Generator PLTMH

Daya generator merupakan hasil perkalian antara daya turbin dengan efisiensi pada generator, berikut merupakan persamaan dari daya generator:

$$P_G = P_T \times \eta \quad (4)$$

5. Analisis Beban Harian

Beban harian atau beban konsumen PLTMH hanya meliputi beban konsumen yang berada di desa Sokokembang Kabupaten Pekalongan, meliputi rumah penduduk sejumlah 33 unit dan fasilitas dusun sebanyak 2 unit berupa 2 masjid. Analisa beban harian dilakukan pada beban puncak dan beban normal, beban puncak terjadi pada hari minggu atau hari libur lainnya, sedangkan beban normal terjadi pada hari-hari kerja (Mahalla *et al.*, 2013:88). Beban harian akan dilihat dan dicatat sesuai dengan tabel setiap 4 jam sekali, karena agar dapat mengetahui perubahan beban yang terjadi. Hal ini guna mendapat grafik beban konsumen pada sisi *main load* dan *ballast load*.

6. Analisis Ketidakstabilan Tegangan Dan Frekuensi

Analisis kestabilan tegangan dan frekuensi akan dilaksanakan selama 3 hari dan akan dilihat dan dicatat nilai tegangan dan frekuensi sesuai dengan tabel setiap 4 jam sekali, agar dapat mengetahui perubahan nilai tegangan dan frekuensi yang terjadi. Hal ini guna mendapat grafik nilai tegangan dan frekuensi. Nilai yang dicatat merupakan nilai tegangan dan frekuensi pada saat generator berbeban. Disini dapat dilihat pengaruh perubahan beban terhadap perubahan tegangan dan frekuensi.

Rumus perhitungan regulasi tegangan generator sinkron

Regulasi tegangan merupakan metode guna mengatur tegangan sinkron. pengaturan tegangan adalah tegangan terminal antara keadaan tanpa beban dengan generator berbeban. Keadaan ini memberikan gambaran batasan drop tegangan. Regulasi tegangan dapat diperoleh menggunakan persamaan berikut :

$$VR = \frac{E_o - V_t}{E_o} \times 100\% \quad (5)$$

Sebelum mendapatkan berapa besar regulasi tegangan (VR) maka terlebih dahulu menghitung besaran tegangan induksi dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$E_o = \sqrt{(V_t)^2 + (X_s I_A)^2} \quad (6)$$

Rumus perhitungan frekuensi generator sinkron

Frekuensi pada generator sinkron dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$f = \frac{np}{120}$$

(7)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Deskripsi Data

Data penelitian ini diperoleh dengan mengamati dan mengukur secara langsung pada Digital Load Controller (DLC) PLTMH Soko Kembang Kabutan Pekalongan.

Tabel 1. Data Penelitian Kecepatan Putaran, Arus Beban, Tegangan, Dan Frekuensi

HARI	JAM	Kecepatan Putaran (rpm)	MAIN LOAD (A)			BALLAST LOAD (A)			Tegangan (Volt)	Frekuensi (Hz)
			R	S	T	R	S	T		
KE 1	04:00	1458.49	4	2	6	0	0	0	205	48
	08:00	1526.37	2	4	2	0	0	0	225	50
	12:00	1424.55	4	6	6	0	0	0	195	47
	16:00	1356.66	5	6	6	0	0	0	175	45
	20:00	1322.72	6	8	5	0	0	0	160	44
	00:00	1390.6	5	6	4	0	0	0	185	46
KE 2	04:00	1526.37	2	2	2	2	2	4	225	50
	08:00	1526.37	2	2	2	4	6	6	225	50
	12:00	1526.37	2	2	2	4	4	6	225	50
	16:00	1560.31	6	2	2	4	4	5	235	51
	20:00	1492.43	6	7	5	4	4	6	215	49
	00:00	1492.43	5	6	6	4	4	5	215	49
KE 3	04:00	1526.37	4	6	4	2	2	2	225	50
	08:00	1526.37	4	6	4	2	2	2	225	50
	12:00	1560.31	2	2	2	4	4	5	235	51
	16:00	1526.37	4	4	5	2	2	2	225	50
	20:00	1322.72	6	5	6	1	0	1	160	44
	00:00	1322.72	6	5	6	1	0	1	160	44

3.2. Hasil Penelitian

1. Analisis ketidakstabilan Tegangan

Pada tabel 2 hasil perhitungan regulasi tegangan dapat dilihat nilai persentase jatuh tegangan dari tegangan yang dihasilkan generator sampai menuju konsumen. Perhitungan regulasi tegangan dilakukan pada setiap fasanya. Arus beban pada setiap fasa R, S, dan T berbeda-beda dan selalu berubah-ubah pada setiap waktunya. Berdasarkan tabel 2 dapat dilihat bahwa rugi tegangan yang tertinggi terjadi pada hari kedua dengan persentase yang sama, yaitu 10%. Sedangkan untuk rugi tegangan yang terendah terjadi pada hari pertama dengan presentase rugi tegangan sebesar 0,35%. Presentase jatuh tegangan ini dipengaruhi oleh arus beban yang tidak konstan dan nilai reaktansi sinkron. Arus beban mempengaruhi jatung tegangan, karena dapat dilihat pada rumus perhitungan regulasi tegangan mendapatkan berapa besar regulasi tegangan, maka terlebih dahulu menghitung besar tegangan induksi. Pada rumus perhitungan tegangan induksi generator berbeban terdapat nilai nilai arus beban dan nilai reaktansi sinkron. Nilai reaktansi sinkron terdapat pada data sheet generator sinkron. Pada tabel 2 besarnya nilai persentase rugi tegangan tertinggi maupun terendah pada PLTMH Soko Kembang yang berubah-ubah, dapat disimpulkan bahwa hal ini terjadi karena arus beban yang berubah-ubah dapat memengaruhi nilai tegangan yang dikeluarkan. Lebih kecil arus beban yang terjadi, maka

lebih kecil pula nilai persentase rugi tegangan, dan sebaliknya lebih besar arus beban yang terjadi, maka lebih besar pulai nilai presentase rugi tegangan.

Tabel 2. Hasil Persentase Regulasi Tegangan Pada Setiap Fasa Di PLTMH Soko Kembang

Pukul	Hari Pertama	Hari Kedua	Hari Ketiga
4:00	1.67%	1.40%	3.06%
	0.43%	1.40%	5.26%
	3.65%	3.06%	3.06%
8:00	0.35%	3.06%	3.06%
	1.40%	5.26%	5.26%
	0.35%	5.26%	3.06%
12:00	1.85%	3.06%	2.82%
	4.02%	3.06%	2.82%
	4.02%	5.26%	3.78%
16:00	3.94%	7.29%	3.06%
	4.92%	2.82%	3.06%
	4.92%	3.78%	4.10%
20:00	5.80%	8.53%	7.66%
	9.67%	10.06%	4.14%
	4.14%	10.06%	7.66%
0:00	3.14%	7.08%	7.66%
	4.43%	8.53%	4.14%
	2.05%	10.06%	7.66%

2. Analisis Ketidakstabilan Frekuensi

Berdasarkan tabel 3 pada hari pertama sampai dengan hari ketiga, dapat dilihat bahwa nilai pengukuran frekuensi tertinggi pada hari pertama yaitu 50Hz. Pada hari kedua yaitu 51 Hz. Pada hari ketiga yaitu 51 Hz. Dalam kurun waktu tiga hari tersebut nilai frekuensi tertinggi pada hari ke dua dan hari ketiga yaitu 51 Hz. Sedangkan untuk nilai frekuensi terendah dapat dilihat pada hari pertama yaitu 44 Hz. Pada hari kedua 49 Hz. Pada hari ketiga 44 Hz. Dalam kurun waktu tiga hari tersebut nilai frekuensi terendah pada hari pertama dan hari ketiga, yaitu 44 Hz. Besarnya nilai ketidakstabilan frekuensi tertinggi maupun terendah pada PLTMH Soko Kembang yang berubah-ubah dapat disimpulkan bahwa hal ini terjadi karena arus beban yang berubah-ubah mempengaruhi kecepatan putaran pada generator. Kecepatan generator berubah-ubah, maka akan mempengaruhi nilai frekuensi yang dihasilkan generator yang dihasilkan generator.

Tabel 3. Hasil Perhitungan Ketidakstabilan Frekuensi Di PLTMH Soko Kembang

HARI	JAM	KECEPATAN PUTARAN (rpm)	JUMLAH KUTUB GENERATOR	I Rata-rata (A)	FREKUENSI(Hz)
KE 1	04:00	1458.49	4	4.00	48.616
	08:00	1526.37	4	2.67	50.879
	12:00	1424.55	4	5.33	47.485
	16:00	1356.66	4	5.67	45.222
	20:00	1322.72	4	6.33	44.091
	00:00	1390.60	4	5.00	46.353
KE 2	04:00	1526.37	4	2.00	50.879
	08:00	1526.37	4	2.00	50.879
	12:00	1526.37	4	2.00	50.879
	16:00	1560.31	4	3.33	52.010
	20:00	1492.43	4	6.00	49.748
	00:00	1492.43	4	5.67	49.748
KE 3	04:00	1526.37	4	4.67	50.879
	08:00	1526.37	4	4.67	50.879
	12:00	1560.31	4	2.00	52.010
	16:00	1526.37	4	4.33	50.879
	20:00	1322.72	4	5.67	44.091
	00:00	1322.72	4	5.67	44.091

3. Solusi Mendapatkan Kestabilan Tegangan Dan Frekuensi.

Solusi untuk mendapatkan kestabilan tegangan dan frekuensi pada PLTMH Soko Kembang, yaitu dengan menambahkan daya air guna memutar poros turbin dan memutar generator menjadi lebih kencang sehingga dapat memperkecil nilai penurunan daya listrik yang diakibatkan oleh rugi-rugi pada turbin dan generator. Daya listrik yang besar dapat menaikkan tegangan dan frekuensi tanpa harus dengan mengatur beban. Serta perlu adanya perbaikan sistem ELC guna mendapatkan nilai kestabilan tegangan dan frekuensi yang lebih efektif. Erdyan Setyo W. ea al. (2014: 1) ELC berfungsi untuk menjaga kestabilan dan ketahanan sistem pembangkit akibat berbagai macam perubahan yang sering terjadi pada sisi beban. Perubahan beban utama mempengaruhi tegangan dan frekuensi output dari generator sinkron PLTMH Soko Kembang.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Daya Listrik Dan Daya Air Total PLTMH Soko Kembang Kabupaten Pekalongan

JAM	KECEPATAN PUTARAN (rpm)	FREKUENSI (Hz)	TEGANGAN (V)	Arus Beban Rata-rata (A)	Daya Listrik (Watt)	Daya Air (hp)
04:00	1458.49	48	205	4.00	1206	2.31
08:00	1526.37	50	225	2.67	882	1.69
12:00	1424.55	47	195	5.33	1529	2.92
16:00	1356.66	45	175	5.67	1458	2.79
20:00	1322.72	44	160	6.33	1490	2.85
00:00	1390.60	46	185	5.00	1360	2.60
04:00	1526.37	50	225	2.00	662	1.27
08:00	1526.37	50	225	2.00	662	1.27

12:00	1526.37	50	225	2.00	662	1.27
16:00	1560.31	51	235	3.33	1152	2.20
20:00	1492.43	49	215	6.00	1896	3.62
00:00	1492.43	49	215	5.67	1791	3.42
04:00	1526.37	50	225	4.67	1544	2.95
08:00	1526.37	50	225	4.67	1544	2.95
12:00	1560.31	51	235	2.00	691	1.32
16:00	1526.37	50	225	4.33	1434	2.74
20:00	1322.72	44	160	5.67	1333	2.55
00:00	1322.72	44	160	5.67	1333	2.55

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah diuraikan, maka dapat diambil simpulan sebagai berikut: Pedoman Teknis Standardisasi Peralatan dan Komponen PLTMH (2008:10) daya PLTMH 10 kW sampai dengan 120 kW tegangan dan frekuensi terminal rekomendasi 415 Volt, 3 fasa, 50 Hz. Pada penelitian ini nilai ketidakstabilan tegangan tertinggi dan terendah, yaitu 235 volt dan 160 volt. Sedangkan nilai ketidakstabilan frekuensi tertinggi dan terendah, yaitu 51 Hz dan 44 Hz. Ketidakstabilan tegangan dan frekuensi yang terjadi pada PLTMH Soko Kembang Kabupaten Pekalongan diakibatkan oleh pengaruh perubahan arus beban. Arus beban yang berubah-ubah dapat mempengaruhi kecepatan putaran generator. Kecepatan yang berubah-ubah akan mengakibatkan tegangan dan frekuensi yang dihasilkan generator tidak stabil dan Solusi agar mendapatkan nilai tegangan dan frekuensi stabil, yaitu dengan menambahkan daya air guna memutar poros turbin dan memutar generator menjadi lebih cepat sehingga dapat memperkecil nilai penurunan tegangan listrik yang diakibatkan oleh rugi-rugi pada turbin dan generator. Daya listrik yang besar dapat menaikkan tegangan dan frekuensi tanpa harus dengan mengatur beban, serta perlu adanya perbaikan sistem ELC guna mendapatkan nilai kestabilan tegangan dan frekuensi yang lebih efektif.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, ada beberapa saran yang dapat dipertimbangkan untuk penelitian selanjutnya, diantaranya yaitu: Dalam pengoperasian PLTMH perlu selalu diperhatikan nilai parameter agar tidak melebihi kemampuan pada generator sehingga kestabilan tegangan dan frekuensi yang dihasilkan generator dapat terjaga dan bertahan lama dalam pengoperasian dan sebaiknya untuk penelitian selanjutnya, jika nilai tegangan dan frekuensi dalam keadaan tidak stabil dapat melakukan perbaikan pada sistem kontrol PLTMH agar kestabilan tegangan dan frekuensi dapat terjaga.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bandri, Sepannur. 2013. Analisa Pengaruh Perubahan Beban Terhadap Karakteristik Genertor Sinkron (Aplikasi Pltg Pauh Limo Padang). Jurna Teknik Elektro 2 (1): 42-48
- [2] Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral RI. 2008. Pedoman Teknis Standardisasi Peralatan Dan Komponen Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro. Cetakan 1. Dinas Energi dan Sumber Daya Mineral. Jawa Tengah: Bagian Ketenagalistrikan.
- [3] Mahalla., Suharyanto., M. Isnaeni B.S. 2013. Evaluasi Kinerja IMAG pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Cokro Tulung Kabupaten Klaten. JNTETI 2(4):85-90.
- [4] Sugiyono. 2008. Metode Penelitian Pendiidikan Pendekan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D. Edisi Pertama. Cetakan Keempat. Bandung: Alfabeta.

- [5] W, Erdyan., Setyo. Rif'an, Mochammad. Dan Utomo, Teguh. 2014. Perancangan Electronic Load Controller (Elc) Sebagai Penstabil Frekuensi Pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (Pltmh). Universitas Brawijaya: 1-6.