

ISBN : 978-602-6232-20-5.

PROSIDING

SEMINAR NASIONAL TEKNIK ELEKTRO

Topic :

Computer | Telecommunications | Control Systems And Robotics
Image Processing | System And Applications | Biomedical Engineering
Sensor And Instrumentation

MEETAS 2016

MODERN ELECTRICAL ENGINEERING TECHNOLOGY
AND ITS APPLICATION SEMINAR 2016
BANDUNG, 28 OKTOBER 2016



Penyelenggara :
Program Studi Teknik Elektro
Fakultas Teknik



DAFTAR ISI

Keynote Speakers:

- 1 Pencitraan Tomografi Seismik
Sri Widiyantoro
- 2 Cooperative Multi-Robot Technology and Applications
Bambang Riyanto
- 3 OMRON – Industrial Automation
Rocky Anthony

Makalah

No	Judul Makalah	hlm
1	Desain dan Realisasi Pemrosesan Citra dengan CMUcam4 untuk Meningkatkan Kinerja Visual Robosoccer <i>Asep Najmurokhman, Kusnandar, Bambang HSR Wibowo</i>	1
2	Komunikasi Bluetooth Untuk Akuisisi Data Sensor Dalam Menentukan Mapping Lapangan KRPAI Berkaki <i>Felix Alexander Gunawan, Muliady</i>	7
3	Analisa Error State pada Sistem Pengendali Anti Windup dan Sliding Mode Control dengan Sistem Observer Melalui Sejumlah Linear Matrix Inequality <i>Mirza Zoni¹, Cahayahati²</i>	14
4	Perancangan Algoritma Maze Solving menggunakan Goal Based Agent dan Reflex Agent with State Pada Arena KRPAI <i>Ricky Subagja, Erwani Merry Sartika</i>	19
5	Perancangan dan Realisasi Struktur Robot Berdasarkan Analisis Kestabilan pada Gait <i>Gema Albadi Irman, Muliady</i>	23
6	Implementasi Kalman Filter pada sensor IMU <i>Denny Kurniawan, Muliady</i>	28
7	Desain Switch Mode Power supply Jenis Push Pull Converter Sebagai Catu Kontroler <i>Stefanus Rizal Hidayat, Slamet Riyadi</i>	32
8	Desain Filter Pasif Untuk Mengurangi Total Harmonic Distortion Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Pada Aplikasi Khusus <i>Nurhalim, Firdaus</i>	37
9	Desain Inverter Dua Fasa Sebagai Pengendali Motor Hysteresis Berbasis dsPIC33FJ16GS502 <i>Matius Hendi Susilo, Slamet Riyadi</i>	42
10	Performance Air Gap On Geometry Magnetic Core <i>Andreas D. Simanjuntak, Herawati Yusuf</i>	47
11	Pengenalan Wajah Akibat Variasi Pencahayaan dengan Kernel Direct Discriminant Analysis (KDDA) <i>Andreas Oloan Sihotang, Riko Arlando Saragih</i>	52

No	Judul Makalah	hlm
12	Klasifikasi Huruf Tulisan Tangan Menggunakan Algoritma Pembelajaran Delta-Bar-Delta <i>Mario Herry Tambunan, Novie Theresia Br Pasaribu</i>	58
13	Pengenalan Citra Wajah dan Citra Pembuluh Darah dengan Local Directional Number Pattern <i>Daniel Setiadarunia, Riko Arlando Saragih, Bharna Benjamin</i>	61
14	Laju Kesalahan Bit Sistem Transmisi OFDM-BPSK Akibat Variasi Cyclic Prefix pada Guard Interval <i>Rahmad Hidayat</i>	65
15	Perancangan Jaringan Distribusi Fiber To The Home (FTTH) di Komplek Batununggal Indah Bandung <i>Wida Ningrat, Ratnadewi</i>	69
16	Perancangan dan Realisasi Sistem Akuisisi Data dan Pengambilan Gambar Melalui Gelombang Radio Frekuensi <i>Billy Hartanto, Heri Andrianto</i>	76
17	Perancangan dan Realisasi Sistem Pemilihan Suara Nirkabel dengan IP Statis <i>Adhitya Putra Pamungkas, Daniel Setiadarunia</i>	86
18	Aplikasi Haar-Like Features Untuk Penjejukan Wajah dan Objek Bukan Wajah Berbasis Raspberry Pi 2 <i>Dwi Dharma Senatriya, Aan Darmawan Hangkawidjaja</i>	91
19	Realisasi Face Tracker web cam Menggunakan Metode Haar-Like Feature <i>Steven Christian Santosa, Aan Darmawan Hangkawidjaja</i>	96
20	Prototipe Pengendali Perangkat Elektronik Rumah Tangga Berbasis ESP8266-12 Untuk Penerapan IoT <i>Benny, Aan Darmawan</i>	102
21	Perancangan Aplikasi Online Berbasis Web Pada Batik Rizki Tasikmalaya <i>Sri Lestari, R. Ait Novatiani, R. Adjeng Mariana F., Eldi</i>	107
22	Analisa Kelayakan Pengembangan Sistem Pemantauan Proyek Dan Penerima Manfaat <i>Yusuf Septiananda, Erick Paulus</i>	113
23	Movement Detection as NUI (Natural User Interface) Using C Programming Language <i>Jeffry, Agus Prijono, Yonatan Utama</i>	119
24	Pengujian Performa Kriptografi Data Teks DES dan 3DES Menggunakan Bahasa Pemrograman C++ <i>Roy Pramono Adhie, Denny Setiawan Wijaya, Johnny Immanuel B.C.</i>	124
25	Aplikasi Sistem Pembayaran Dengan Teknologi Smart Card Near Field Communication (NFC) <i>Roy Pramono Adhie, Leonardus Eric Febryanto</i>	131
26	Ketidakstabilan Frekuensi di Pusat Pengendali Beban Jawa Bali <i>Vincensius Nugroho Kristianto, Dr. Ir. Herawati Yusuf, MT</i>	137

Ketidakstabilan Frekuensi di Pusat Pengendali Beban Jawa Bali

Vincensius Nugroho Kristianto¹
Jurusan Teknik Elektro
Universitas Kristen Maranatha
Bandung, Indonesia

Dr. Ir. Herawati Yusuf, MT.²
Jurusan Teknik Elektro
Universitas Kristen Maranatha
Bandung, Indonesia

Abstrak – Kualitas energi listrik sangat ditentukan oleh kestabilan frekuensi. Nilai frekuensi yang ada sangat bervariasi dikarenakan oleh perbedaan jenis pembangkit energi listrik yang digunakan. Bervariasinya jenis pembangkit ini menyebabkan medan putar dari pembangkit menjadi bervariasi, sehingga menyebabkan frekuensi di Pengatur Beban Jawa Bali selalu berubah $\pm 5\%$. Akibat perbedaan frekuensi dari pembangkit ini menyebabkan Total Distorsi Harmonik. Total Distorsi Harmonik mempengaruhi perubahan frekuensi sehingga mempengaruhi kualitas suplai listrik pada pusat pengendali beban.

Keywords: Variasi Pembangkit, RPM, Frekuensi, Kualitas Energi Listrik

I. PENDAHULUAN

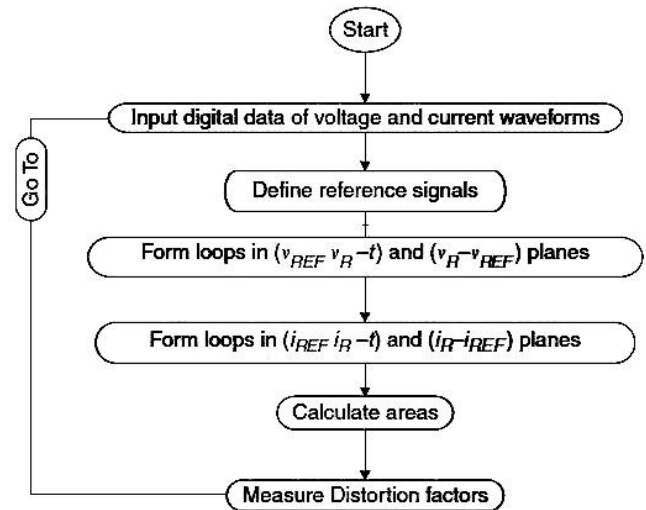
Pusat Pengendali Beban (P2B) sebagai pusat pengumpul dan pengendali energi listrik dari pembangkit energi listrik dari PLTA, PLTU, PLTG, PLTP [1,2,3,4], mempunyai kelemahan, yaitu sulitnya mengontrol frekuensi pembangkit energi listrik. Pembangkit memiliki kesulitan dalam menjaga putaran per menit (RPM) dari mesin generator yang digunakan, disebabkan oleh setiap pembangkit memiliki karakter mesin generator yang berbeda. Pada dasarnya, frekuensi semua pembangkit sudah dikendalikan berdasarkan putaran permenit mendekati 50 Hz.. Contohnya, PLTA dengan mudah mencapai dan mempertahankan 3000 RPM, akan tetapi akan sulit mengendalikan jumlah RPM dari PLTPB (Panas Bumi). Semua energi listrik yang dibangkitkan di pembangkit akan dikirimkan ke P2B, sehingga bermacam – macam variasi frekuensi masuk ke P2B.

Surajit Chattopadhyay membahas mengenai pengaruh perubahan frekuensi terhadap kualitas energi listrik [5], Ashwin Kumar Saboo membahas perubahan frekuensi akibat perubahan beban distribusi [6], Anne Mai Ersdal mengendalikan

frekuensi dengan model pendekatan [7]. Total Distorsi Harmonik mempengaruhi perubahan frekuensi sehingga mempengaruhi kualitas suplai listrik pada pusat pengendali beban [5].

II. TOTAL DISTORSI HARMONIK

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah pendekatan menggunakan perbaikan Total Distorsi Harmonik [5]. Total Distorsi Harmonik adalah jumlah total dari semua gangguan yang berharmonisasi dalam frekuensi tertentu dalam domain waktu.



Gambar 1. Flowchart Metode THD Frekuensi

Metode THD Frekuensi ini terdiri dari 2 tahap utama, yaitu menghitung THD Arus dan menghitung THD Tegangan. Masing – masing THD memiliki komponen – komponen yang harus dipenuhi, seperti data cacahan frekuensi, data tegangan nyata, data kontribusi harmonik, dan data kontribusi dasar.

Untuk komponen K_1

$$I_{refn} = \sin 2\pi f t \quad (1)$$

$$V_{refn} = \sin 2\pi f t \quad (2)$$

Untuk komponen K_2

$$I_{refn} = \cos 2\pi f t \quad (3)$$

$$V_{refn} = \cos 2\pi f t \quad (4)$$

Sehingga didapatkan untuk komponen THD Arus

$$1. K_1 \cdot A_{Rn}^{(iR-iREF)} = k_1 \cdot i_{Rn} \cdot \sin \alpha R \quad (5)$$

$$2. K_2 \cdot A_{Rn}^{(iREF(iR-t))} = k_2 \cdot i_{Rn} \cdot \cos \alpha R \quad (6)$$

Keterangan :

1. Total 1 pada Tabel 1 adalah

$$\sum_1^{11} (K_1 \cdot A_{Rn}^{(iR-iREF)})^2$$

2. Total 2 pada Tabel 2 adalah

$$\sum_1^{11} (K_2 \cdot A_{Rn}^{(iREF(iR-t))})^2$$

3. Total 3 pada Tabel 3 adalah

$$\sum_1^{11} (K_1 \cdot A_{Rn}^{(vR-vREF)})^2$$

4. Total 4 pada Tabel 4 adalah

$$\sum_1^{11} (K_2 \cdot A_{Rn}^{(vREF(vR-t))})^2$$

5. Nilai K_1 adalah 0.0318

6. Nilai K_2 adalah 31.4159

7. Nilai k_1 adalah 10

8. Nilai k_2 adalah 0.1

Tabel 1. Nilai Komponen ($K_1 \cdot A_{Rn}^{(iR-iREF)}$)²

o	nsi	Frekue	$K_1 \cdot A_{Rn}^{(iR-iREF)}$	$(K_1 \cdot A_{Rn}^{(iR-iREF)})^2$
1	1	49,5	- 234.050	5,477 $\cdot 10^{10}$
2	2	49,6	- 231.570	5,362 $\cdot 10^{10}$
3	3	49,7	- 229.400	5,262 $\cdot 10^{10}$
4	4	49,8	- 220.090	5,248 $\cdot 10^{10}$
5	5	49,9	- 227.230	5,163 $\cdot 10^{10}$
6	6	50,0	- 224.750	5,051 $\cdot 10^{10}$
7	7	50,1	- 222.270	4,940 $\cdot 10^{10}$

8	8	50,2	- 219.790	4,830 $\cdot 10^{10}$
9	9	50,3	- 217.310	4,722 $\cdot 10^{10}$
0	1	50,4	- 215.140	4,628 $\cdot 10^{10}$
1	1	50,5	- 210.180	4,417 $\cdot 10^{10}$
Total 1				55,1 $\cdot 10^{10}$

Dari data Tabel 1 didapatkan

$$K_1 \cdot A_{Rn}^{(iR-iREF)} \text{ Reference}$$

$$K_1 \cdot A_{Rn}^{(iR-iREF)} = k_1 \cdot i_{Rn} \cdot \sin (\alpha R_1)$$

$$= 31,4159 \cdot 310000 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$= \mathbf{6.886.462,737}$$

Tabel 2. Nilai Komponen ($K_2 \cdot A_{Rn}^{(iREF(iR-t))}$)²

o	nsi	Freku	$K_2 \cdot A_{Rn}^{(iREF(iR-t))}$	$(K_2 \cdot A_{Rn}^{(iREF(iR-t))})^2$
1	1	49,5	203.360	4,135 $\cdot 10^{10}$
2	2	49,6	205.840	4,237 $\cdot 10^{10}$
3	3	49,7	208.320	4,339 $\cdot 10^{10}$
4	4	49,8	210.800	4,443 $\cdot 10^{10}$
5	5	49,9	213.280	4,548 $\cdot 10^{10}$
6	6	50,0	215.760	4,655 $\cdot 10^{10}$
7	7	50,1	218.240	4,762 $\cdot 10^{10}$
8	8	50,2	220.720	4,871 $\cdot 10^{10}$
9	9	50,3	222.890	4,967 $\cdot 10^{10}$
0	1	50,4	225.370	5,079 $\cdot 10^{10}$
1	1	50,5	227.540	5,177 $\cdot 10^{10}$
Total 2				51,213 $\cdot 10^{10}$

Dari data Total 2, didapatkan $A_{Rn}^{(iREF(iR-t))}$

$$K_2 \cdot A_{Rn}^{(iREF(iR-t))} \text{ Reference}$$

$$K_2 \cdot A_{Rn}^{(iREF(iR-t))} = k_2 \cdot i_{Rn} \cdot \cos (\alpha R_1)$$

$$= 10 \cdot 310000 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$= 2.192.031,022$$

Sehingga didapatkan THD Arusnya adalah

$$THD_{R1} = \frac{\sqrt{\sum_{n=2,3,\dots} (I_{Rn})^2}}{I_{R1}}$$

$$= \frac{\sqrt{\sum_{n=2,3,\dots} \left[\left(K_1 A_{Rn}^{(iR-iREF)} \right)^2 + \left(K_2 A_{Rn}^{(iREF(iR-t))} \right)^2 \right]}}{\sqrt{\left[\left(K_1 A_{R1}^{(iR-iREF)} \right)^2 + \left(K_2 A_{R1}^{(iREF(iR-t))} \right)^2 \right]}} \quad (7)$$

$$= \frac{\sqrt{55,1 \cdot 10^{10} + 51,213 \cdot 10^{10}}}{7.226.894,215}$$

THD Arus = 0,1426

Untuk komponen THD Tegangan

$$K_1 \cdot A_{Rn}^{(vR - vREF)} = k_1 \cdot V_{Rn} \cdot \sin \alpha R$$

$$K_2 \cdot A_{Rn}^{(vREF (vR - t))} = k_2 \cdot V_{Rn} \cdot \cos \alpha R$$

Tabel 3. Nilai Komponen ($K_1 \cdot A_{Rn}^{(vR - vREF)}$)²

o	Tegangan (KV)	$K_1 \cdot A_{Rn}^{(vR - vREF)}$	$(K_1 \cdot A_{Rn}^{(vR - vREF)})^2$
	150	- 113.250	1,2825 . 10 ¹⁰
	180	- 134.460	1,8079 . 10 ¹⁰
	220	- 162.800	2,6503 . 10 ¹⁰
	255	- 188.445	3,5511 . 10 ¹⁰
	290	- 212.570	4,5186 . 10 ¹⁰
	325	- 235.625	5,5519 . 10 ¹⁰
	360	- 258.120	6,6625 . 10 ¹⁰
	395	- 280.055	7,8430 . 10 ¹⁰
	430	- 301.430	9,0860 . 10 ¹⁰
0	465	- 322.710	10,4141 . 10 ¹⁰
1	500	- 339.000	11,4921 . 10 ¹⁰
Total 3			64,86 . 10¹⁰

Dari data Tabel 3 didapatkan

$K_1 \cdot A_{Rn}^{(vR - vREF)}$ Reference

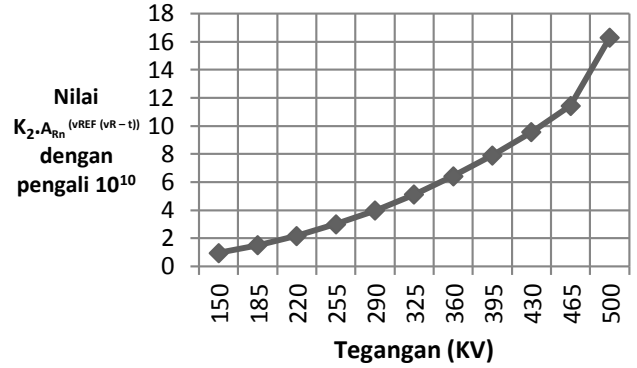
$$K_1 \cdot A_{Rn}^{(vR - vREF)} = k_1 \cdot V_{Rn} \cdot \sin (\alpha R_1)$$

$$= 31,4159 \cdot 220000 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$= 4.887.167,104$$

Tabel 4. Nilai Komponen ($K_2 \cdot A_{Rn}^{(vREF (vR - t))}$)²

o	Tegangan (KV)	$K_2 \cdot A_{Rn}^{(vREF (vR - t))}$	$(K_2 \cdot A_{Rn}^{(vREF (vR - t))})^2$
	150	98.400	0,9682 . 10 ¹⁰
	185	122.840	1,5089 . 10 ¹⁰
	220	147.840	2,1856 . 10 ¹⁰
	255	173.400	3,0067 . 10 ¹⁰
	290	199.520	3,9808 . 10 ¹⁰
	325	226.200	5,1166 . 10 ¹⁰
	360	253.440	6,4231 . 10 ¹⁰
	395	281.240	7,9095 . 10 ¹⁰
	430	309.170	9,5586 . 10 ¹⁰
0	465	338.055	11,4281 . 10 ¹⁰
1	500	403.700	16,2973 . 10 ¹⁰
Total 4			68.3834 . 10¹⁰



Grafik 1. Tabel Nilai K_2 dan Tegangan

Dari data B didapatkan

$K_2 \cdot A_{Rn}^{(vREF (vR - t))}$ Reference

$$K_2 \cdot A_{Rn}^{(vREF (vR - t))} = k_2 \cdot V_{Rn} \cdot \cos (\alpha R_1)$$

$$= 10 \cdot 220000 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$= 1.555.634,919$$

Sehingga didapatkan THD Tegangannya adalah

$$THD_{RV} = \frac{\sqrt{\sum_{m=2,3,\dots} (V_{Rm})^2}}{V_{R1}}$$

$$= \frac{\sqrt{\sum_{m=2,3,\dots} \left[\left(K_1 A_{Rm}^{(vR - vREF)} \right)^2 + \left(K_2 A_{Rm}^{(vREF (vR - t))} \right)^2 \right]}}{\sqrt{\left[\left(K_1 A_{R1}^{(vR - vREF)} \right)^2 + \left(K_2 A_{R1}^{(vREF (vR - t))} \right)^2 \right]}}$$

(8)

$$= \frac{\sqrt{64,86 \cdot 10^{10} + 68,3834 \cdot 10^{10}}}{5128742,536}$$

THD Tegangan = 0.2250

Total THD = THD Tegangan + THD Arus

$$= 0,2250 + 0,1426$$

$$= 0.351$$

Total THD (dalam %) = 0.351 x 100%

$$= 35,1 \%$$

Besar THD dalam frekuensi

Range Frekuensi Aktual di PLTU Paiton : (49,5 – 50,5) Hz

Interval Frekuensi Aktual di PLTU Paiton : = (50,5 – 49,5) Hz

$$= 1 \text{ Hz}$$

Besar Total THD dalam Frekuensi x 1 Hz = 35,1%

$$= 0,351 \text{ Hz}$$

Sehingga menghasilkan Range Frekuensi Baru :

Batas Bawah Aktual = 49,5 Hz
 Batas Bawah Baru = (49,56 + 0,351) Hz
 = **49,911 Hz**

Batas Atas Aktual = 50,68 Hz

Batas Atas Baru = (50,68 - 0,351) Hz = 50,329 Hz

Range Frekuensi Aktual : (49,5 - 50,5) Hz

Range Frekuensi Baru : (49,911-50,329)Hz

III. PENGARUH PUTARAN TERHADAP TOTAL DISTORSI HARMONIK

Hubungan antara kecepatan putaran atau RPM (Revolution Per Minute) dan frekuensi ada di persamaan matematis dibawah ini.

$$f = \frac{p n}{2} \quad (9)$$

Dimana p adalah jumlah kutub atau poros dan n adalah kecepatan putaran dalam RPM. Diambil data sebagai berikut. LIHAT TABEL 5

Tabel 5. Data Frekuensi

Frekuensi	Keterangan
49,5	Batas Bawah Range Frekuensi Aktual
50,5	Batas Atas Range Frekuensi Aktual
49,9	Batas Bawah Range Frekuensi Setelah Perbaikan
50,3	Batas Atas Range Frekuensi Setelah Perbaikan

Menghitung jumlah putaran generator turbin pada masing – masing level frekuensi diatas. Dianggap p = 2.

Tabel 6. Hubungan Frekuensi dan RPM

Frekuensi (Hz)	N (RPM)
49,5	2970
50,5	3030
49,9	2994
50,3	3018

Tentu saja, nilai yang kita inginkan adalah 3000 RPM karena menghasilkan tepat 50,0 Hz Frekuensi. Maka, nilai terdekat ke 3000 RPM ada di kecepatan putar (RPM) di level frekuensi 49,9 Hz hingga 50,3 Hz yang adalah range frekuensi baru setelah perbaikan.

IV. KUALITAS ENERGI LISTRIK

Pengaruh putaran terhadap THD menyebabkan perubahan frekuensi dengan memperbaiki dengan faktor K₁ dan K₂ seperti persamaan 5 dan 6.

Sebelum Diperbaiki

$$\theta_{R1} = \tan^{-1} \left(\frac{K_1 A_{R1}^{(iR-iREF)}}{K_2 A_{R1}^{(iREF iR-t)}} \right) \quad (10)$$

Frekuensi Lama : 50,5 Hz (Batas Atas)

Menghitung K₁. A_{R1}^(iR - iREF)

$$\begin{aligned} K_1 \cdot A_{R1}^{(iR - iREF)} &= I_{actual} \times \sin(\varphi t) \\ &= 310.000 \times (-0,678) \\ &= -210.180 \end{aligned}$$

Menghitung K₂. A_{R2}^{(iREF(iR - t))}

$$\begin{aligned} K_2 \cdot A_{R2}^{(iREF(iR - t))} &= I_{actual} \times \cos(\varphi t) \\ &= 310.000 \times (0,734) \\ &= 227.540 \end{aligned}$$

Menghitung A = $\frac{K_1 A_{R1}^{(iR - iREF)}}{K_2 A_{R2}^{(iREF(iR - t))}}$

$$\begin{aligned} &= \frac{-210.180}{227.540} \\ &= -0,923 \end{aligned}$$

Menghitung tan⁻¹ A

$$\begin{aligned} \theta r &= \tan^{-1} A \\ &= \tan^{-1} -0,923 \\ &= -42,728^\circ \end{aligned}$$

Menghitung Power Quality (cos φ)

$$\begin{aligned} \cos \varphi &= \cos(-42,728^\circ) \\ &= 0,73 \end{aligned}$$

Frekuensi Lama : 49,5 Hz (Batas Bawah)

1. Menghitung K₁. A_{R1}^(iR - iREF)

$$\begin{aligned} K_1 A_{R1}^{(iR - iREF)} &= I_{actual} \times \sin(\varphi t) \\ &= 310.000 \times (-0,755) \\ &= -234.050 \end{aligned}$$

2. Menghitung K₂. A_{R2}^{(iREF(iR - t))}

$$\begin{aligned} K_2 A_{R2}^{(iREF(iR - t))} &= I_{actual} \times \cos(\varphi t) \\ &= 310.000 \times (0,656) \\ &= 203.360 \end{aligned}$$

$$3. \text{ Menghitung } A = \frac{K1.A_{R1}^{(iR - iREF)}}{K2.A_{R2}^{(iREF(iR - t))}} \\ = \frac{-234.050}{203.360} \\ = -0,416$$

$$4. \text{ Menghitung } \tan^{-1} A \\ \theta r = \tan^{-1} A \\ = \tan^{-1}(-0,416^0) \\ = -49,013^0$$

Menghitung Power Quality (cos φ)

$$\cos \varphi = \cos (-49,013^0) \\ = 0,65$$

A. Sesudah Diperbaiki

Frekuensi Baru : 50,3 Hz (Batas Atas)

$$1. \text{ Menghitung } K1.A_{R1}^{(iR - iREF)} \\ K1.A_{R1}^{(iR - iREF)} = I_{\text{actual}} \times \sin (\varphi t) \\ = 310.000 \times (-0,701) \\ = -217.310$$

$$2. \text{ Menghitung } K2.A_{R2}^{(iREF(iR - t))} \\ K2.A_{R2}^{(iREF(iR - t))} = I_{\text{actual}} \times \cos (\varphi t) \\ = 310.000 \times (0,719) \\ = 222.890$$

$$3. \text{ Menghitung } A = \frac{K1.A_{R1}^{(iR - iREF)}}{K2.A_{R2}^{(iREF(iR - t))}} \\ = \frac{-217.310}{222.890} \\ = -0,9749^0$$

$$4. \text{ Menghitung } \tan^{-1} A \\ \theta r = \tan^{-1} A \\ = \tan^{-1}(-0,9749^0) \\ = -44,273^0$$

Menghitung Power Quality (cos φ)

$$\cos \varphi = \cos(-44,273^0) \\ = 0,72^0$$

Frekuensi Baru : 49,9 Hz (Batas Bawah)

$$1. \text{ Menghitung } K1.A_{R1}^{(iR - iREF)} \\ K1.A_{R1}^{(iR - iREF)} = I_{\text{actual}} \times \sin (\varphi t) \\ = 310.000 \times (-0,733) \\ = -227.230$$

$$2. \text{ Menghitung } K2.A_{R2}^{(iREF(iR - t))} \\ K2.A_{R2}^{(iREF(iR - t))} = I_{\text{actual}} \times \cos (\varphi t) \\ = 310.000 \times (0,688) \\ = 213.280$$

$$3. \text{ Menghitung } A = \frac{K1.A_{R1}^{(iR - iREF)}}{K2.A_{R2}^{(iREF(iR - t))}} \\ = \frac{-227.230}{213.280} \\ = -1,065^0$$

$$4. \text{ Menghitung } \tan^{-1} A \\ \theta r = \tan^{-1} A \\ = \tan^{-1}(-1,065^0) \\ = -46,82^0$$

Menghitung Power Quality (cos φ)

$$\cos \varphi = \cos -46,82 \\ = 0,68$$

Data range Cos Phi yang lama 0,65 hingga 0,73. Range Cos Phi yang baru 0,68 hingga 0,72. Hal ini berarti ada peningkatan 0,03 poin untuk batas bawah dan penurunan 0,01 poin untuk batas atas. Sehingga range Cos Phi mengecil dari 8% menjadi 4% saja menggunakan metode THD ini.

V. KESIMPULAN

Dalam perbaikan kualitas sistem transmisi, ada banyak metode yang dapat digunakan, dengan menggunakan metode THD ini, kita mendapatkan kesimpulan :

1. Dengan menggunakan metode THD, kita dapat menstabilkan frekuensi di suatu titik spesifik atau setidaknya mengecilkan *range* deviasi dari frekuensi aktual.
2. Metode THD berhasil mengecilkan *range* deviasi frekuensi di PLTU Paiton sebesar 35,1%. Secara realnya, mengecilkan *range* deviasi frekuensi dari (49,56 – 50,68) Hz menjadi (49,911 – 50,329) Hz.
3. Dengan menstabilkan frekuensi menggunakan metode THD, dapat memperpanjang usia guna dari alat turbin generator pembangkit.
4. Metode THD juga menaikkan nilai *Power Quality* dari 0,65 menjadi 0,68.
5. Dari P2B terbukti terjadi perubahan frekuensi akibat dari berbagai macam pembangkit berubah ± 5%. Meskipun sudah dikendalikan THD dan faktor lainnya.

PUSTAKA

- [1] Statistik 2011 PT PLN (Persero) P3B Jawa Bali
- [2] Statistik 2010 PT PLN (Persero) P3B Jawa Bali
- [3] Rencana Usaha Penyedia Tenaga Listrik PT PLN (Persero) 2010 – 2019
- [4] Rencana Usaha Penyedia Tenaga Listrik PT PLN (Persero) 2015 - 2024
- [5] Surajit Chattopadhyay, Madhuchhanda Mitra, Samarjit Sengupta. *Electric Power Quality*. 2013
- [6] Ashwin Kumar Saboo, Chitra V and Kanagapannya T.”*Load Frequency Control For a Distributed Grid System Involving Wind and Hydro Power Generation*”. International Conference on Power, Control and Embedded System, 2nd 2012
- [7] Anne Mai Ersdal, Ines M. Cecilio, David Fabozzi.....” *Applying Model Predictive Control to Power System Frequency Control.*” PES Innovative Smart Grid Technologies Europe (EGT Europe), 4th 2013 October 6-9 copenhagen.
- [8] Salhil, Issam. Doubabi, Said .2009. *Fuzzy controller for frequency regulation and water energy save on microhydro electrical power plants, controller for frequency regulation and water energy save on microhydro electrical power plants.* International Renewable Energy Congress. November 5-7, 2009 - Sousse Tunisia