

PENGUJIAN ALAT UKUR DAYA DIJITAL MENGUNAKAN PIRANTI STANDAR YOKOGAWA CA71

Hari Prijanto^{*)}

ABSTRAK

PENGUJIAN ALAT UKUR DAYA DIJITAL MENGGUNAKAN PIRANTI STANDAR YOKOGAWA CA71. Alat ukur daya digital dikembangkan untuk memenuhi prinsip diversity terhadap keandalan suatu sistem/komponen. Alat pengukur analog yang digunakan untuk mengukur daya reaktor ketika reaktor sedang beroperasi tidak mampu menunjukkan perubahan daya secara tepat. Dengan menggunakan alat digital ini, daya reaktor dalam bentuk analog (0-100%) dapat diubah ke tegangan DC 0-30 Volt sebagai representasi daya reaktor 0-30 MW. Makalah ini membahas pengujian alat ukur digital sebelum dioperasikan dengan tujuan untuk memeriksa apakah keandalan alat dapat dijamin. Dari kegiatan ini diperoleh beberapa parameter seperti linieritas dalam bentuk $Y=2.4X$, ketelitian pengukuran 98.46646% dan kesalahan pengukuran sebesar 1.533575% dapat ditentukan. Disimpulkan bahwa alat ukur digital andal untuk dipergunakan.

Kata kunci : pengujian ,alat ukur daya digital

ABSTRACT

TESTING MEASURING DEVICES OF DIGITAL RESOURCES USING STANDAR TOOLS YOKOGAWA CA71. Digital power measuring device is developed to fulfill a diversity principle of system reliability. Analog meter currently used to measured reactor power during reactor operation wasn't able to demonstrate an exact value of reactor power. Using this device analog power (0-100%) my be converted to DC voltage 0-30 Volt, as a representative of reactor power of 0-30 MW. This paper discusses a pre-operation testing to examine whether its performance is properly ensure. From this activities several parameter such as linearity equation of $Y=2.4X$, measurement precision of 98.46646% and measurement error of 1.533575% can be determined. It can be concluded that digital power measuring device is reliable.

Keywords : testing, digital power

^{*)} Fungsioanl Pranata Nuklir, PRSG-BATAN

1. PENDAHULUAN

Untuk mengamati perubahan daya reaktor pada saat kegiatan *loading/unloading* di teras reaktor, operator mengandalkan bunyi pada motor batang kendali sebagai tanda adanya perubahan pada daya reaktor, tetapi tidak mengetahui secara pasti berapa besar perubahan daya tersebut. Apabila perubahan daya ini naik secara drastis, maka akan mengakibatkan reaktor *scram*. Oleh karena itu diperlukan suatu perangkat yang dapat menampilkan besaran daya reaktor dalam bentuk angka (*digital*) dan mudah dilihat oleh operator, sehingga diharapkan dapat mendukung kegiatan pengoperasian reaktor.

Perangkat ini bekerja dengan cara mengubah daya analog (0-100%) ke tegangan 0-30 VDC yang merupakan representasi dari daya 0-30 Mega Watt. Tegangan 0-30 VDC berasal dari tegangan keluaran rangkaian *operational amplifier* (gambar 1) terhadap arus masukan 0-12.5 mA (tabel 1). Untuk menjaga agar perangkat meter daya digital berfungsi baik, maka dilakukan kegiatan uji fungsi. Uji fungsi dilakukan dengan memberikan arus masukan yang berasal dari perangkat sumber arus YOKOGAWA tipe CA71 dan mengamati perubahan daya. Kemudian dilakukan perhitungan linieritas, kesalahan pengukuran dan ketelitian pengukuran^[1].

2. TEORI

Untuk merubah besaran arus ke tegangan diperlukan sebuah resistor yang besarnya dapat ditentukan dengan persamaan :

$$R = \frac{V}{I} \quad (1)$$

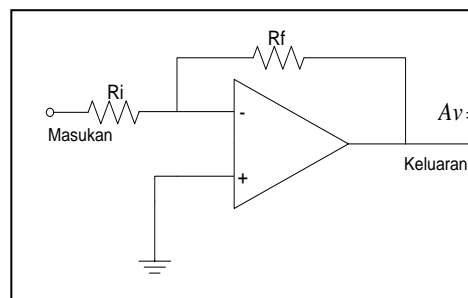
Dimana :

R = Nilai Tahanan/Resistor (*Ohm*)

V = Nilai Tegangan (*Volt*)

I = Nilai Arus (*Ampere*)

Karena tegangan yang dapat diubah maksimum 2 volt (berasal dari tegangan jatuh pada *diode zener* modul distribusi arus), maka untuk mencapai 30 volt diperlukan rangkaian Op-Amp (*Operational Amplifier*) yang berfungsi sebagai penguat tegangan seperti terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Rangkaian inverting amplifier

Dari gambar 1 tersebut di atas, penguatan tegangan A_v memenuhi persamaan sebagai berikut :

$$A_v = -\frac{R_f}{R_i} \quad (2)$$

Dimana :

A_v = Penguatan Tegangan (*Volt*)

V_i = Tegangan Input (*Volt*)

R_f = Tahanan Balik (*Ohm*)

R_i = Tahanan Input (*Ohm*)

Tanda minus (-) menunjukkan bahwa rangkaian Op-Amp merupakan konfigurasi membalik, tanda ini dapat diabaikan dalam perhitungan. Misalkan, $R_i=10K$ dan $R_f=100K$, maka $A_v=10$. Tegangan masukan 0.01V akan menghasilkan tegangan keluaran 0.1V.

Untuk mengetahui kinerja perangkat meter daya digital ini, maka dilakukan

perhitungan linieritas, kesalahan pengukuran dan ketelitian pengukuran dengan menggunakan persamaan :

2.1. Persamaan Garis Linier

$$y = mx + n$$

dimana :

$$m = \frac{N \sum(xy) - \sum x \cdot \sum y}{N \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

$$n = \frac{\sum x^2 \sum y - \sum x \sum(xy)}{N \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

2.2. Ketelitian Pengukuran

$$(\%) = 100\% - \text{Kesalahan Pengukuran}$$

2.3. Kesalahan Pengukuran

$$(\%) = \frac{\Delta m}{m \cdot x} \cdot 100\%$$

dimana :

$$\Delta m = sy \sqrt{\frac{N}{N \sum x^2 - (\sum x)^2}}$$

$$sy^2 = \frac{1}{N-2} \left[\sum y^2 - \frac{\sum x^2 (\sum y)^2 - 2 \sum x \sum(xy) \sum y + N (\sum xy)^2}{N \sum x^2 - (\sum x)^2} \right]$$

3. TATA KERJA

Pelaksanaan kegiatan ini meliputi beberapa tahap kegiatan, antara lain :

- Penyiapan alat dan bahan
- Pengambilan data

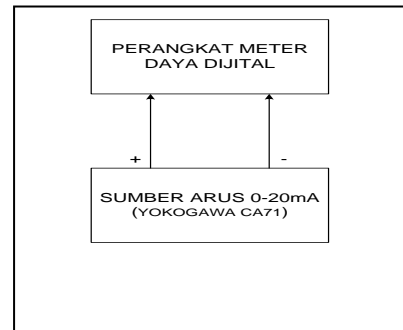
3.1. Penyiapan Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang diperlukan adalah sebagai berikut :

1. Sumber arus YOKOGAWA tipe CA71^[2].
- (3) 2. Kabel penghubung.
3. Alat tulis.
4. Obeng minus (-) kecil.

Pada tahap ini, urutan langkah pengambilan data adalah sebagai berikut :

1. Membuat sambungan peralatan seperti pada Gambar 2.
2. Mengatur kenaikan arus masukan dan mencatat perubahan daya.



(4) **Gambar 2.** Diagram pengambilan data

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang diperoleh dari tahapan pengambilan data yaitu variabel arus dan daya aktual dimasukkan dalam table 1. Variabel arus dan daya aktual tersebut kemudian dicari korelasinya dengan menggunakan persamaan regresi linier.

Tabel 1. Data hasil pengukuran perangkat meter daya digital terhadap sumber arus DC 0-20 mA

No.	ARUS (mA) (x)	DAYA AKTUAL (MW)		x ²	y ₁ ²	y ₂ ²	x.y ₁	x.y ₂
		SEBELUM ADJUSTMENT	SETELAH ADJUSTMENT					
		(y ₁)	(y ₂)					
1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1.25	3.0	3.0	1.5625	9	9	3.75	3.75
3	2.50	6.0	6.0	6.25	36	36	15	15
4	3.75	9.0	9.0	14.0625	81	81	33.75	33.75
5	5.00	12.0	12.0	25	144	144	60	60
6	6.25	15.0	15.0	39.0625	225	225	93.75	93.75
7	7.50	18.0	18.0	56.25	324	324	135	135
8	8.75	21.0	21.0	76.5625	441	441	183.75	183.75
9	10.00	24.0	24.0	100	576	576	240	240
10	11.25	27.0	27.0	126.5625	729	729	303.75	303.75
11	12.50	29.9	30.0	156.25	894.01	900	373.75	375
Σ	68.75	164.9	165	601.5625	3459.01	3465	1442.5	1443.75

Sebelum *Adjustment*
 persamaan garis : $y_1 = mx_1 + n_1$

$$m_{x_1} = \frac{N \sum(xy_1) - \sum x \cdot \sum y_1}{N \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

$$n_1 = \frac{\sum x^2 \sum y_1 - \sum x \sum(xy_1)}{N \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

$$m_{x_1} = \left\{ \frac{(11 \times 1442.5) - (68.75 \times 164.9)}{(11 \times 601.5625) - (68.75)^2} \right\} = 2.396364$$

$$n_1 = \left\{ \frac{(601.5625 \times 164.9) - (68.75 \times 1442.5)}{(11 \times 601.5625) - (68.75)^2} \right\} = 0.0136636$$

maka persamaan garis regresi sebelum *adjustment* adalah : $y_1 = 2.396364x + 0.0136636$

Kesalahan pengukuran sebelum *adjustment* :

$$\% = \frac{\Delta m_1}{m_{x_1}} \times 100\%$$

dimana :

$$\Delta m_1 = sy_1 \sqrt{\frac{N}{N \sum x^2 - (\sum x)^2}}$$

$$sy_1^2 = \frac{1}{N-2} \left[\sum y_1^2 - \frac{\sum x^2 (\sum y_1)^2 - 2 \sum x \sum(xy_1) \sum y_1 + N (\sum xy_1)^2}{N \sum x^2 - (\sum x)^2} \right]$$

$$sy_1^2 = \frac{1}{11-2} \left[3459.01 - \frac{601.5625(164.9)^2 - (2 \times 68.75 \times 1442.5 \times 164.9) + 11(1442.5)^2}{(11 \times 601.5625) - (68.75)^2} \right]$$

$$sy_1^2 = 2690.336111$$

$$sy_1 = 51.86845$$

$$\Delta m_1 = sy_1 \sqrt{\frac{N}{N \sum x^2 - (\sum x)^2}}$$

$$\Delta m_1 = 51.86845 \sqrt{\frac{11}{(11 \times 601.5625) - (68.75)^2}}$$

$$\Delta m_1 = 3.956370135$$

maka kesalahan pengukuran sebelum *adjustment* :

$$= \frac{\Delta m_1}{m_{x_1}} = \frac{3.956370135}{2.396364} = 1.650989 \%$$

Ketelitian pengukuran sebelum *adjustment* :
 = 100 % - 1.650989 % = **98,34901 %**

Setelah *Adjustment*

Persamaan garis : $y_2 = m.x_2 + n_2$

$$m_{x_2} = \frac{N \sum (xy_2) - \sum x \cdot \sum y_2}{N \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

$$n_2 = \frac{\sum x^2 \sum y_2 - \sum x \sum (xy_2)}{N \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

$$m_{x_2} = \left\{ \frac{(1 \times 144375) - (68.75 \times 165)}{(1 \times 601.5625) - (68.75)^2} \right\} = 2.40$$

$$n_2 = \left\{ \frac{(601.5625 \times 165) - (68.75 \times 144375)}{(1 \times 601.5625) - (68.75)^2} \right\} = 0$$

maka persamaan garis regresi setelah *ajusment* adalah : $y_2 = 2.40x$

Kesalahan pengukuran sesudah *adjustment* :

$$\% = \frac{\Delta m_2}{m_{x_2}} \times 100\%$$

dimana :

$$\Delta m_2 = sy_2 \sqrt{\frac{N}{N \sum x^2 - (\sum x)^2}}$$

$$sy_2^2 = \frac{1}{N-2} \left[\sum y_2^2 - \frac{\sum x^2 (\sum y_2)^2 - 2 \sum x \sum (xy_2) \sum y_2 + N (\sum xy_2)^2}{N \sum x^2 - (\sum x)^2} \right]$$

$$sy_2^2 = \frac{1}{11-2} \left\{ 3465 - \frac{601.5625(165)^2 - (2 \times 68.75 \times 144375 \times 165) + 1 \times (144375)^2}{(1 \times 601.5625) - (68.75)^2} \right\}$$

$$sy_2^2 = 2328.333333$$

$$sy_2 = 48.25281$$

$$\Delta m_2 = sy_2 \sqrt{\frac{N}{N \sum x^2 - (\sum x)^2}}$$

$$\Delta m_2 = 48.25281 \sqrt{\frac{11}{(1 \times 601.5625) - (68.75)^2}}$$

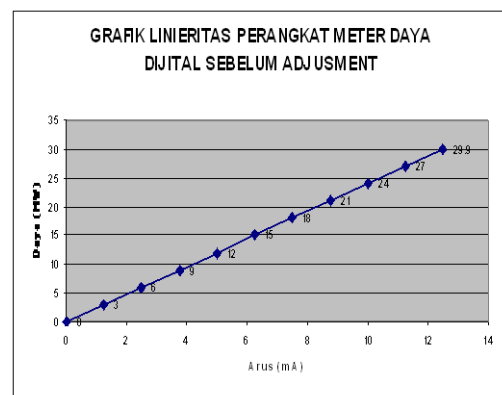
$$\Delta m_2 = 3.680579664$$

maka kesalahan pengukuran setelah *adjustment* :

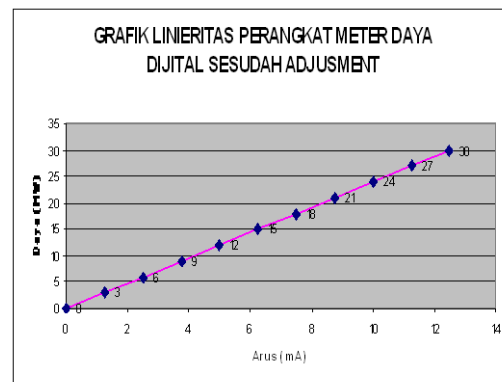
$$= \frac{\Delta m_2}{m_{x_2}} = \frac{3.680579664}{2.4} = 1.533575\%$$

Ketelitian pengukuran sesudah *adjustment* :
= 100 % - 1.650989 % = **98,46646%**

Untuk mengetahui garis linieritas sebelum dan sesudah *adjustment*, maka dibuat grafik seperti pada gambar 3 dan 4



Gambar 3. Grafik linieritas perangkat meter daya digital sebelum *ajusment*



Gambar 4. Grafik linieritas perangkat meter daya digital sesudah *adjustment*

5. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah dilakukan uji fungsi dengan memberikan arus masukan 0-20 mA dan melakukan perhitungan linieritas serta ketelitian pengukuran, maka didapat :

Sebelum *adjustment*

Persamaan garis linier : $y_1 = 2.396364x + 0.0136636$
Kesalahan pengukuran : **1.650989 %**
Ketelitian pengukuran : **98,46646 %**

Sesudah *adjustment*:

Persamaan garis linier : $Y_2 = 2.4x$
Kesalahan pengukuran : **1.533575 %**
Ketelitian pengukuran : **98,46646 %**

Dengan hasil uji fungsi dan perhitungan tersebut diatas, maka dapat dinyatakan bahwa perangkat meter daya digital masih berfungsi dengan baik.

6. KESIMPULAN

Dari kegiatan ini dapat disimpulkan bahwa :

1. Diperlukan uji fungsi perangkat meter daya digital untuk mengetahui kinerja perangkat tersebut dengan memberikan arus masukan 0-12.5 mA dan dilakukan perhitungan linieritas serta ketelitian pengukuran.
2. Sebelum *adjustment*, diperoleh kesalahan pengukuran sebesar 1.650989 % dan ketelitian pengukuran sebesar 98.46646%.

3. Setelah *adjustment*, diperoleh kesalahan pengukuran sebesar 1.533575% dan ketelitian pengukuran sebesar 98.46646%. Hal ini menunjukkan bahwa perangkat meter daya digital masih berfungsi baik.

7. UCAPAN TERIMA KASIH

1. Kepada Bapak Ir. Alfahari Mardi, M.Sc., selaku Ketua KPTF-PRSG yang telah memberikan koreksi makalah ini.
2. Kepada Bapak Ir. Yusi Eko Yulianto, Dipl. Ing., selaku Kepala Bidang Sistem Reaktor yang telah memberikan koreksi makalah ini.
3. Kepada Bapak Cahyana, ST., selaku Kepala Subbidang Instrumentasi dan Kendali yang telah memberikan koreksi makalah ini.
4. Kepada rekan-rekan di Subbid Instrumentasi dan Kendali yang telah memberikan bantuan teknis dan koreksi dalam pembuatan makalah ini.
5. Kepada pihak-pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu dan telah membantu penulisan makalah ini.

8. DAFTAR PUSTAKA

1. CAHYANA,ST., "Coaching Perawatan Instrumentasi Sistem Proteksi RSG-GAS", Serpong 2008.
2. YOKOGAWA, "Operating Instructions CA71, Japan 2008.