

EFEKTIFITAS PENGUKURAN LINEARITAS DETEKTOR OPTIK MENGGUNAKAN METODE *DOUBLE SOURCE* PADA FOTOMETER STANDAR B310

The Effectiveness of Linearity Measurement for Optical Detector Based on Double Source Method of B310 Standard Photometer

Nelfyenny, Wiwin Farhania, Yonan Prihhapso dan Dini Suryani

Puslit Metrologi – LIPI, PUSPIPTEK Serpong, Tangerang, 15314 Banten, Indonesia
E-mail: nelfyenny22@gmail.com

Diterima: 22 Juni 2016, Direvisi: 20 Juli 2016, Disetujui: 25 Juli 2016

Abstrak

Penelitian mengenai efektifitas metode *double source* dalam pengukuran linearitas detektor optik fotometer standar B310 menggunakan metode *double source* untuk menggantikan metode *invers square law* yang menggunakan lampu standar (lampu Wi41/G) sebagai sumber cahaya. Pada metode ini digunakan dua buah lampu Halogen yang memiliki suhu warna dan intensitas yang sama. Pengukuran dilakukan dengan sebelumnya menentukan rentang acuan nilai illuminansi yaitu saat kedua lampu menyala bersamaan. Setelah itu kedua lampu dinyalakan bergantian untuk kemudian dibandingkan dengan rentang acuan. Berdasarkan hasil eksperimen, dengan menggunakan metode *double source*, diperoleh titik ukur yang lebih banyak dan mencapai hingga nilai illuminansi 4 lux. Faktor linearitas (α) menunjukkan nonlinearitas dari detektor optik fotometer standar B310, metode *double source efektif* pada rentang 20 lux dengan nilai $\alpha = 1,0013$. Ketidakpastian pengukuran untuk linearitas detektor optik dengan menggunakan *double source* di setiap rentang lebih kecil dari 0,1%.

Kata Kunci: linearitas detektor optik, metode *double source*.

Abstract

Research of the effectiveness of double source method in linearity of an optical detector of standard photometer B310 used Double-source method to replace inverse square law method of photometer linearity measurement which uses a standard lamp (Wi41/G lamp) as the light source. This method uses two Halogen lamps which have the same color temperature and intensity. The measurements were made with a previously determined reference range illumination values that are both lights on at the same time. Then, both lights are switched alternately and compared with the reference range. Based on the experimental results, we obtained measuring point more than the previous method and reaches up to 4 lux of illuminance value. Linearity factor (α) shows the optical detector photometer nonlinearity of standard B310, double source method is effective at range 20 lux with a value of $\alpha = 1.0013$. The measurement uncertainty for linearity of optical detector by using a double source in each range is less than 0.1%.

Keywords: optical detector linearity, double source method.

1. PENDAHULUAN

Pengukuran linearitas detektor optik pada fotometer standar di laboratorium Radiometri Fotometri - Puslit Metrologi LIPI saat ini menggunakan metode *invers square law* dengan sumber cahaya lampu Wi41/G. Metode ini berlaku jika sumber cahaya dianggap sebagai sumber titik (*point source*) (Ohno, 1999). Illuminansi E (lx) pada jarak r_i (m) dari sumber titik yang memiliki intensitas cahaya I (cd) ditunjukkan pada persamaan (1).

$$E = \frac{\Phi}{A_i} = \frac{I\Omega}{r_i^2\Omega} = \frac{I}{r_i^2} \quad (1)$$

Namun, terdapat beberapa kelemahan yang ditemukan dengan menggunakan metode ini. Pertama, dengan menggunakan metode *invers square law*, kuadrat jarak berbanding terbalik dengan illuminansi untuk mencapai nilai illuminansi di bawah 10 lux dibutuhkan bangku fotometer yang lebih panjang. Saat ini, bangku fotometer yang ada di laboratorium Radiometri Fotometri hanya 5 m hingga nilai minimum illuminansi yang dapat dicapai adalah 10 lux. Kedua, lampu Wi41/G yang digunakan sebagai sumber cahaya merupakan lampu standar dengan *lifetime* efektif sampai 50 jam (Ohno, 1996) sehingga penggunaannya sangat dibatasi. Ketiga, ketidakpastian pengukuran yang didapatkan dengan menggunakan metode *invers*

square law adalah sebesar 0,0567 % untuk rentang 200 lux dan 0,2 % untuk rentang 20 lux.

Pada penelitian ini dilakukan pengukuran dengan menggunakan dua buah lampu halogen sebagai pengganti lampu Wi41/G dan metode *double source* agar semua titik ukur pada rentang pengukuran terpenuhi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui efektifitas dari metode *double source* dalam pengukuran linearitas fotometer standar. Metode *double source* dikatakan efektif bila memiliki faktor linearitas $\leq 0,2$ % dan dapat menjangkau hingga nilai illuminansi lebih kecil dari 10 lux dengan titik pengukuran yang lebih banyak.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Responsivitas detektor optik didefinisikan sebagai perbandingan dari *output* sinyal dengan *input* dari kuantitas fotometri (CIE, 2011). Linearitas sebuah detektor ditandai dengan stabilnya respon detektor meskipun diberikan variasi *input*. Linearitas detektor fotometer dikalibrasi dengan menggunakan standar CIE *illuminant* tipe A, dengan suhu warna 2856 K (Prihhapso, Suryani, & Farhania, 2014) dengan sumber cahaya *overfilled* pada *photometer head* (Ohno et.al., 2014).

Terdapat beberapa metode yang digunakan untuk mengukur dan mengoreksi linearitas. Salah satunya adalah menggunakan metode superposisi (*addition*) (Sanders, 1972) atau dikenal dengan metode *double source*. Metode ini menggunakan dua buah sumber cahaya (y_1 dan y_2) yang harus memiliki suhu warna sama dan intensitas cahaya yang hampir sama. Kombinasi illuminansi, y_1 dan y_2 , menghasilkan $y_{1,2}$. Jika $y_1 + y_2 = y_{1,2}$, maka

fotometer dikatakan linier. Namun, jika $y_1 + y_2 \neq y_{1,2}$, nonlinieritas dari fotometer dapat ditunjukkan oleh faktor linearitas α yang ditunjukkan oleh persamaan (2):

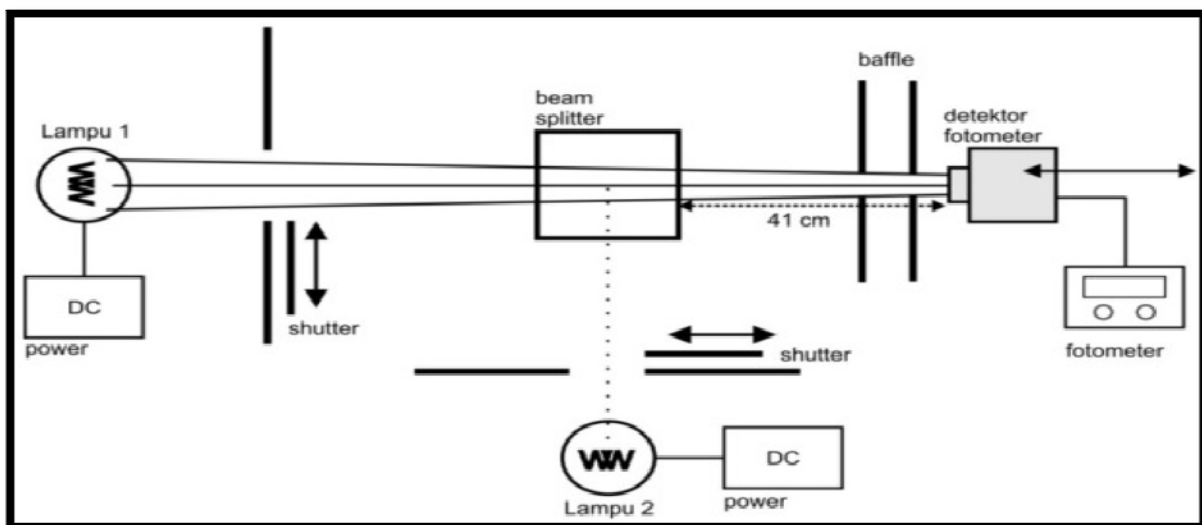
$$\alpha = \frac{y_{1+2}}{y_1 + y_2} \quad (2)$$

Berdasarkan dokumen standar pengukuran Jerman (Normen, 1978), faktor linearitas dari detektor fotometer adalah $\leq 0,2$ %.

3. METODE PENELITIAN

3.1 Pengaturan Alat

Dua buah lampu halogen (OSRAM 24 volt, 250 watt, tipe 64655 HLX) sebelum digunakan, dinyalakan selama 50 jam pada tegangan 80 % dari tegangan maksimumnya pada tegangan sekitar 180 V (Prihhapso & Suryani, 2015) dengan arus $\sim 8,1$ A. Gambar 1 menjelaskan mengenai skema pengukuran linearitas detektor fotometer standar B310 menggunakan metode *double source*. Dua buah lampu halogen diletakkan pada dua sisi yang berbeda. Diantara keduanya diletakkan *beam splitter* berbentuk kubus yang berfungsi sebagai pembagi cahaya, sehingga cahaya dari lampu 2 dapat ditangkap oleh detektor fotometer yang diletakkan di depan *beam splitter* dengan jarak 41 cm.



Gambar 1 Metode *double source* pada pengukuran linieritas fotometer.

Diantara *beam splitter* dan detektor fotometer diletakkan dua buah *baffle* yang berfungsi untuk memfokuskan cahaya ke detektor fotometer. Kemudian masing-masing lampu dihubungkan dengan sumber tegangan DC, suhu warna diatur menggunakan radiometer hingga mencapai 2.856 K dengan mengubah-ubah arus pada *power supply*. Pada saat proses pengukuran berlangsung, bangku fotometer ditutup seluruhnya menggunakan kain hitam dari beludru yang berfungsi untuk mengurangi *stray light*.

3.2 Pengambilan Data

Pengambilan data linearitas detektor fotometer standar menggunakan metode *double source* dilakukan secara manual sesuai langkah (Shin et.al., 2005) yaitu pertama, lampu 1 dan lampu 2 dinyalakan secara bersamaan untuk menentukan rentang pengukuran (rentang acuan) 200 lux, *shutter* yang berfungsi sebagai pengatur cahaya akan buka-tutup otomatis setiap 5 sekon. Pengambilan data illuminansi lampu 1 dilakukan ketika *shutter* lampu 2 tertutup, *shutter* lampu 1 terbuka, dan cahaya ditangkap oleh detektor fotometer. Selanjutnya pengambilan data illuminansi lampu 2 dilakukan ketika *shutter* lampu 1 tertutup dan *shutter* lampu 2 otomatis terbuka. Pengambilan data *stray light* (cahaya gangguan) dilakukan ketika kedua *shutter* tertutup. Pengukuran dilakukan berulang di rentang 20 lux dengan posisi detektor fotometer menjauhi sumber cahaya. Pada setiap rentangnya, data diambil sebanyak 3 kali.

3.3 Pengolahan Data

Data yang sudah didapatkan kemudian diolah dengan menggunakan persamaan (3). *Stray light* diikutsertakan dalam perhitungan karena memberikan kontribusi yang cukup besar pada saat pengambilan data.

$$\alpha = \frac{(y_{1+2} - z)}{(y_1 - z) + (y_2 - z)} \quad (3)$$

z = *stray light* pengukuran

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran linearitas menggunakan metode *double source* menghasilkan data seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1 dan Tabel 2. Pada Tabel 1, umumnya rentang acuan ($y_{1,2}$) akan memiliki nilai lebih besar atau sama dengan jumlah lux dari Lampu 1 dan Lampu 2. Namun, pada rentang 180,0 rentang acuan memiliki nilai

yang lebih rendah dibanding jumlah lux kedua lampu. Hal ini dapat disebabkan oleh masuknya cahaya lain selain cahaya dari lampu sumber sehingga mempengaruhi nilai illuminansi, pada rentang ini *stray light* yang ditangkap oleh detektor fotometer memiliki nilai paling tinggi.

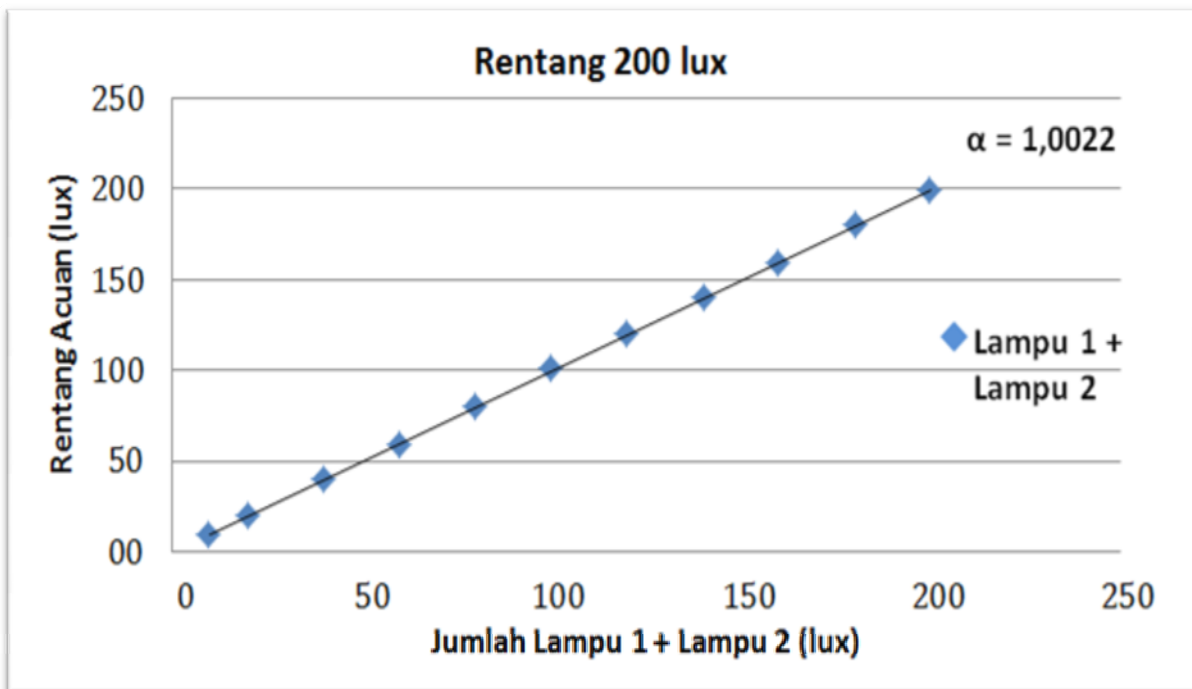
Tabel 1 Data pengukuran rentang 200 lux.

(lux)	$y_{1,2}$ (lux)	$y_1 + y_2$ (lux)	z (lux)
200,0	199,2	199,1	0,17
180,0	179,5	179,7	0,22
160,0	159,7	159,5	0,10
140,0	140,0	140,0	0,08
120,0	119,8	119,8	0,06
100,0	100,0	100,0	0,06
80,0	80,0	79,9	0,13
60,0	59,8	59,7	0,13
40,0	39,8	39,7	0,13
20,0	19,9	19,8	0,03
10,0	10,0	10,0	0,01

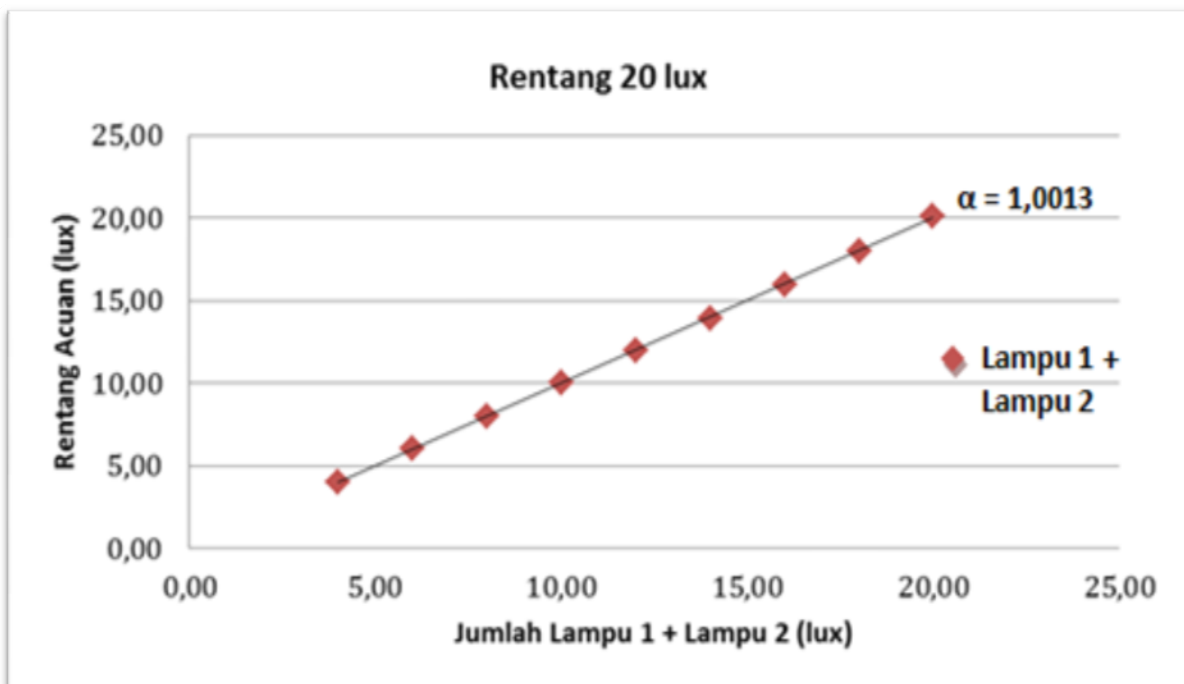
Tabel 2 Data pengukuran rentang 20 lux.

(lux)	$y_{1,2}$ (lux)	$y_1 + y_2$ (lux)	z (lux)
20,00	19,99	20,22	0,04
18,00	18,00	18,03	0,04
16,00	15,99	16,02	0,03
14,00	13,99	14,01	0,03
12,00	12,01	12,03	0,03
160,0	159,7	159,5	0,10
140,0	140,0	140,0	0,08
120,0	119,8	119,8	0,06
100,0	100,0	100,0	0,06
8,00	8,00	8,02	0,03
6,00	6,00	6,01	0,01
4,00	4,00	4,00	0,01

Gambar 2 merupakan grafik pengukuran linearitas rentang 200 lux. Pada grafik, faktor linearitas α yaitu sebesar 1,0022. Perhitungan menggunakan persamaan (3), nilai rata-rata dari data yang didapatkan kemudian dikonversi hingga didapatkan nilai faktor linearitas untuk rentang 200 lux.



Gambar 2 Grafik linearitas fotometer pada rentang 200 lux.



Gambar 3 Grafik linearitas fotometer pada rentang 20 lux.

Pada penggunaan uji T, hasil penjumlahan lux lampu 1 dan lampu 2 memiliki nilai yang hampir sama dengan rentang acuan. Jika merujuk pada DIN 5032 *part* 7 (Normen, 1978), *limit error* untuk non-linearitas fotometer adalah 0,2 %, maka hasil pengukuran linearitas pada rentang 200 lux belum memenuhi standar. Pada penelitian selanjutnya hal ini dapat diatasi dengan menambah jumlah data pengukuran

sehingga linearitas dari data pengukuran dapat mencapai standar linearitas pengukuran untuk fotometer standar. Berdasarkan hasil pengolahan data didapatkan ketidakpastian pengukuran linearitas fotometer standar untuk rentang 200 lux sebesar 0,0063 %.

Data pengukuran linearitas untuk rentang 20 lux dapat dilihat pada Tabel 2. Pada rentang 20 lux, rentang acuan memiliki nilai yang lebih

rendah atau sama dengan jumlah lux dari kedua lampu. Penggunaan metode *double source* dapat mencapai pengukuran hingga 4 lux. Gambar 3 menunjukkan grafik pengukuran linearitas rentang 20 lux. Pada grafik, faktor linearitas α yang didapatkan adalah 1,0013 dengan ketidakpastian pengukuran linearitas sebesar 0,048 %. Berdasarkan uji T pada pengukuran linearitas rentang 20 lux, tidak terdapat perbedaan antara hasil pengukuran penjumlahan lampu 1 dan lampu 2 dengan rentang acuan.

5. KESIMPULAN

Penggunaan metode *double source* dapat mencapai titik pengukuran yang lebih banyak (hingga 4 lux) dan nilai ketidakpastian pengukuran yang lebih kecil dibandingkan dengan metode *invers square law*. Berdasarkan hasil pengukuran dan pengolahan data linearitas fotometer pada rentang 200 lux dan 20 lux jika merujuk pada DIN 5032, dengan faktor linearitas berada pada rentang $0,998 \leq \alpha \leq 1,002$ dapat disimpulkan bahwa dengan menggunakan metode *double source* hanya pada rentang 20 lux dapat dicapai pengukuran linearitas yang efektif, sedangkan rentang 200 lux belum efektif karena melebihi batas faktor linearitas yang distandarkan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Prof. Boedi Soesatyo, Dr. Sensus Wijonarko, Bapak Achalik, dan rekan-rekan laboratorium Radiometri Fotometri atas bantuan teknis dan dukungannya.

DAFTAR PUSTAKA

- CIE. (2011). Spectral responsivity measurement of detectors, radiometers, and photometers.
- Mitgeltende Normen. (1978). DIN 5032.
- Ohno, Y. (1996). OSA handbook of applied photometry. *Ecse.Rpi.Edu*.
- Ohno, Y. (1999). OSA handbook of optics , volume iii visual optics and vision.
- Ohno, Y. et.al. (2014). Photometry using V (λ) - corrected detectors as reference and transfer standards.
- Prihhapso, Y. & Suryani, D. (2015). Pengukuran iluminansi meter hingga 2000 lux menggunakan sumber cahaya dengan daya tinggi. *PPI-KIM*, 41, 116-125.
- Prihhapso, Y., Suryani, D. & Farhania, W. (2014). Penentuan faktor koreksi suhu warna (color correction factor) pada pengukuran luminous fluks dengan goniofotometer. *PPI-KIM*, 40, 390-399.
- Sanders, C. L. (1972). Accurate Measurements of and Corrections for Nonlinearities in Radiometers, 76, 5, 437-453.
- Shin, D. J., Lee D. H., Park, C. W., & Park, S. N. (2005). A Novel Linearity Tester for Optical Detectors Using High-Brightness Light Emitting Diodes. *Metrologia*, 42, 2, 154-158.