

EKSPERIMEN AWAL KARAKTERISASI KESTABILAN SUMBER UV BERBASIS LED PADA SISTEM KALIBRASI UV RADIOMETER

INITIAL EXPERIMENTS ON STABILITY CHARACTERIZATION OF LED-BASED UV SOURCES IN UV RADIOMETER CALIBRATION SYSTEMS

Helmi Zaini, Muhammad Husain Haekal, Ario Fitrianto Nurtjahjo, Apri Aminati Putri, Rheina Aurely Shavira, Dini Suryani, Wiwin Farhanita, Achalik

Standar Nasional Satuan Ukuran - Badan Standardisasi Nasional (SNSU-BSN), KST BJ Habibie, Setu, Tangerang Selatan 15314

Email: mizain@bsn.go.id

ABSTRAK

Telah dilakukan karakterisasi sumber UV berbasis LED yang digunakan untuk kalibrasi UV radiometer di laboratorium SNSU Fotometri Radiometri - BSN. Pengukuran dilakukan dengan memberikan arus konstan pada *single UV High-Power LED 6565 SMD Chip* yang melekat pada *heatsink* sirip aluminium dan dilengkapi dengan kipas pendingin. Semua parameter direkam menggunakan tiga komputer secara bersamaan menggunakan koneksi data RS232 atau USB ke instrumen ukurnya, parameter yang diukur yaitu arus dan tegangan listrik, menggunakan digital multimeter (DMM); distribusi spektral, menggunakan spektroradiometer dan intensitas cahaya menggunakan radiometer. Hasil pengukuran menunjukkan ketidakpastian kestabilan irradiansi tercapai 0,6% setelah LED mengalami *aging* dan terdapat pergeseran posisi puncak 0,5 nm selama pemanasan.

Kata Kunci : LED, UV, stabilitas intensitas, kalibrasi, karakterisasi

ABSTRACT

Characterization of the LED-based UV source that used for UV radiometer calibration at National Measurement Standards for Photometry Radiometry - BSN laboratory has been carried out. Measurements were carried out by applying a constant current to a single UV High-Power LED 6565 SMD Chip which was attached to an aluminum fin heatsink and equipped with a cooling fan. All parameters were recorded using three computers simultaneously using an RS232 or USB data connection to the measuring instrument. The parameters measured were electric current and voltage, using a digital multimeter (DMM); spectral distribution, using a spectroradiometer and light intensity using a radiometer. The measurement results show that the uncertainty of irradiance stability 0,6% is achieved after the LED experiences aging and there is a shift in peak position 0.5 nm during heating.

Keywords : *LED, UV, intensity stability, calibration, characterization*

1. PENDAHULUAN

Ultraviolet Radiometer atau UV meter merupakan alat ukur yang sering digunakan untuk mengukur tingkat irradiansi sinar UV, dimana irradiansi merupakan jumlah cahaya yang diterima oleh suatu permukaan. UV meter digunakan dalam sektor industri, sektor kesehatan, dan pengolahan makanan. Tingkat irradiansi perlu diketahui melalui proses pengukuran menggunakan UV meter untuk memeriksa dan memastikan kriteria suatu produk dapat terpenuhi. UV meter sebagaimana alat ukur yang lain perlu dikalibrasi setelah digunakan dalam rentang waktu tertentu agar tetap terjamin hasil pengukurannya.

Kalibrasi UV meter dapat dilakukan dengan dua metoda, metoda pertama berbasis sumber, dimana acuan yang digunakan adalah sumber UV yang sudah diketahui irradiansinya; dan metoda kedua berbasis detektor, dimana acuan yang digunakan adalah UV meter standar. Pada kalibrasi UV meter berbasis detektor komponen utama ketidakpastian pengukuran berasal dari alat acuan, sumber UV dan alat ukur. Ketidakpastian sumber UV dapat ditimbulkan oleh kestabilan intensitas, keseragaman dan distribusi spektral.

Kestabilan intensitas sumber UV atau disebut juga *short term stability* menunjukkan tingkat intensitas yang konstan atau tidak mengalami penurunan tingkat intensitas baik terhadap waktu maupun variasi suhu, kestabilan intensitas berpengaruh pada perulangan pengukuran dimana variasi pembacaan berkontribusi pada besarnya ketidakpastian pengukuran. Semakin stabil sumber UV maka semakin kecil kontribusi ketidakpastian yang disebabkan oleh pengukuran berulang. Oleh karena itu melakukan karakteristik kestabilan sumber UV diperlukan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh sumber UV pada kalibrasi UV meter, sumber UV yang tidak stabil dapat disebabkan beberapa faktor diantaranya catu daya, kondisi lingkungan, desain dan material. Kestabilan sumber UV dapat ditingkatkan dengan melakukan pengendalian kondisi lingkungan memilih, tipe sumber UV dan mengetahui karakteristik sumber UV.

Eksperimen ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik sumber UV yang akan digunakan pada sistem kalibrasi UV meter. Karakterisasi dilakukan dengan cara mengukur kestabilan intensitas sumber UV *single UV High-Power LED 6565 SMD Chip* yang diberi arus secara konstan dan

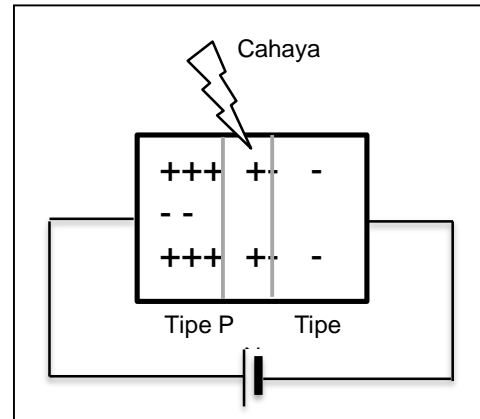
merekam semua parameter secara bersamaan, parameter yang diukur yaitu arus dan tegangan listrik, menggunakan digital multimeter; distribusi spektral, menggunakan spektrometri dan intensitas cahaya menggunakan radiometer.

2. TEORI DASAR

2.1. LED

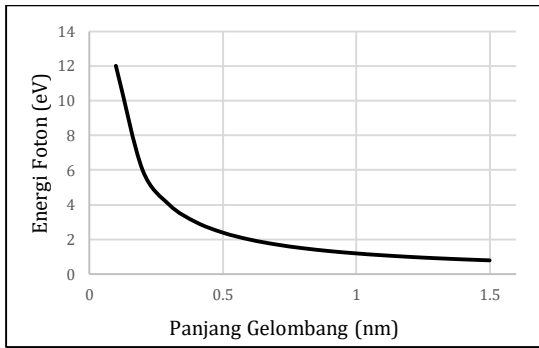
Light Emitting Diode (LED) merupakan sumber cahaya yang berbasis semikonduktor yang memancarkan cahaya monokromatis. LED tersusun dari dua semikonduktor tipe P dan tipe N, tipe P merupakan semikonduktor yang mempunyai kekurangan elektron (*hole*) sedangkan tipe N merupakan semikonduktor yang mempunyai kelebihan elektron. Ketika kedua semikonduktor ini digabungkan maka akan terbentuk *PN junction* yaitu daerah yang terbentuk diantara kedua tipe semikonduktor. Pada saat semikonduktor tipe P dihubungkan dengan tegangan positif dan semikonduktor tipe N dihubungkan dengan tegangan negatif atau disebut juga dengan tegangan maju (*forward bias*) maka akan terjadi aliran elektron dari tipe N ke tipe P. Adanya elektron yang bergabung dengan *hole* menghasilkan foton, karena elektron jatuh ke tingkat energi lebih rendah

sehingga melepaskan energi berupa cahaya seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Prinsip kerja LED

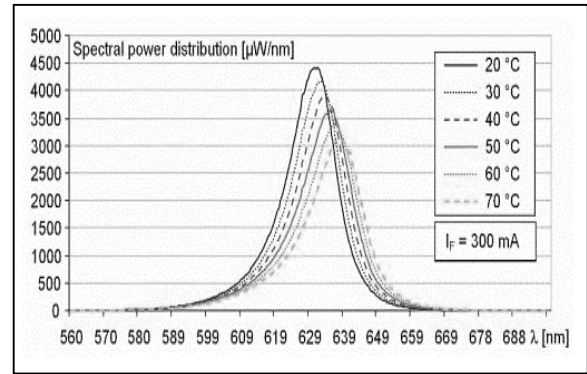
Warna cahaya LED yang dipancarkan dipengaruhi oleh panjang gelombang foton yang dihasilkan, dimana panjang gelombang ini bergantung pada bahan semikonduktor yang digunakan. Bahan semikonduktor memiliki energi *band gap* tertentu yang merupakan energi yang diperlukan elektron untuk tereksitasi, bahan semikonduktor yang mempunyai energi *band gap* yang kecil akan menghasilkan cahaya dengan panjang gelombang besar, sedang bahan semikonduktor yang mempunyai energi *band gap* yang besar akan menghasilkan cahaya dengan panjang gelombang kecil pada Gambar 2.



Gambar 2. Hubungan Energi foton dan panjang gelombang

Cahaya yang mempunyai panjang gelombang kecil mempunyai energi foton yang besar begitu juga sebaliknya, sebagai contoh LED yang mengeluarkan sinar UV mempunyai rentang panjang gelombang 200 nm hingga 400 nm yang mana lebih rendah dari panjang gelombang sinar tampak yaitu 400 nm hingga 700 nm, sehingga energi foton sinar UV yang lebih besar dari energi foton sinar tampak.

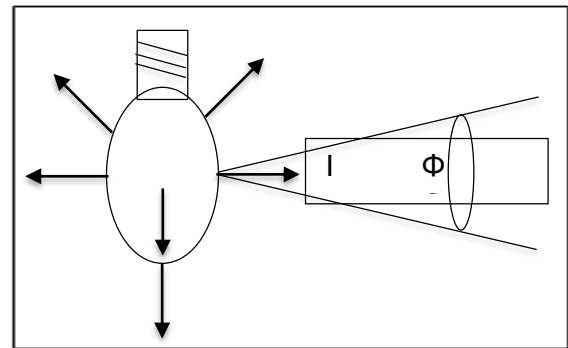
Karakteristik cahaya yang dihasilkan oleh LED dipengaruhi oleh temperatur ruang. Pada saat temperatur naik maka energi *band gap* semikonduktor akan mengecil menyebabkan spektrum cahaya bergeser ke arah panjang gelombang yang lebih tinggi dan intensitas cahaya akan berkurang yang dapat dilihat pada Gambar 3, sehingga mengontrol stabilitas temperatur LED akan mempertahankan karakteristik intensitas dan spektrum cahaya LED.



Gambar 3. Hubungan Intensitas LED dan temperatur

2.2 IRRADIANSI

Irradiansi (E_e) didefinisikan sebagai *radiant flux* (Φ_e , daya optik) yang mengenai suatu permukaan persatuan luas (A), dimana radiant flux dalam satuan watt dan luas dalam satuan m^2 pada Gambar 4.



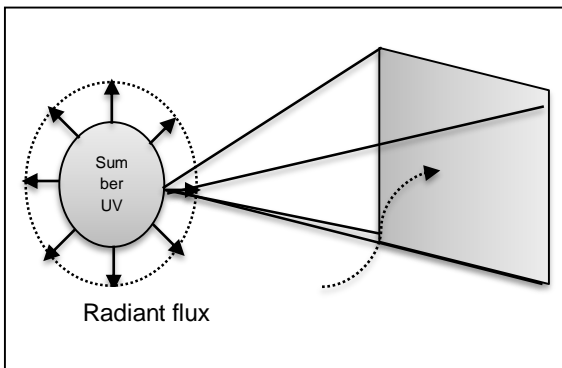
Gambar 4. Radiat flux dan Irradiansi

$$E_e = \frac{\delta\Phi_e}{\delta A} \dots\dots\dots [1]$$

Alat yang digunakan untuk mengukur irradiansi UV disebut UV radiometer, UV radiometer tersusun dari silikon fotodiode yang dilengkapi dengan apertur dan arus fotometer sebagai

indikator pembacaan. Radiometer termasuk quantum sensor yang mengubah foton yang datang menjadi aliran elektron (arus listrik), yang mana mempunyai prinsip kerja yang berkebalikan dari LED. Sebagaimana LED, aliran elektron yang dihasilkan fotodiode bergantung dari panjang gelombang cahaya yang datang sehingga karakteristik respon spektral dari fotodiode tidak sama untuk setiap panjang gelombang.

Intensitas cahaya merupakan jumlah cahaya yang dipancarkan pada suatu arah tertentu dan didefinisikan sebagai radiant flux (Φ_e , daya optik) per satuan sudut ruang (Ω) pada Gambar 5.



Gambar 5. Intensitas cahaya

$$I_{e,\Omega} = \frac{\delta\Phi_e}{\delta\Omega} \dots\dots\dots [2]$$

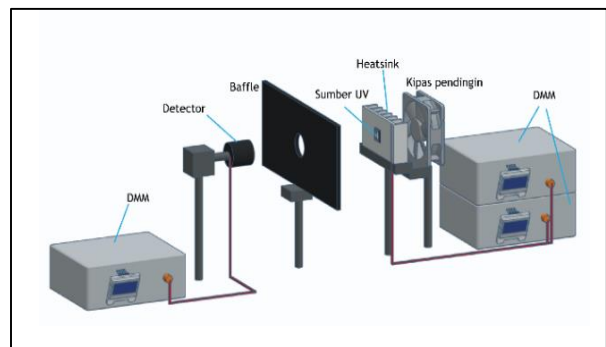
Responsivitas spektral merupakan rasio antara arus keluaran fotometer (i) dan irradiansi (E_e).

$$S = \frac{i}{E_e} \dots\dots\dots [3]$$

Hubungan irradiansi (E_e) dan intensitas (I_e) dapat dituliskan kembali sebagai berikut:

$$I_e = E_e \cdot r^2 \dots\dots\dots [4]$$

Sehingga didapatkan intensitas cahaya (I_e) proporsional dengan arus keluaran fotometer (i).



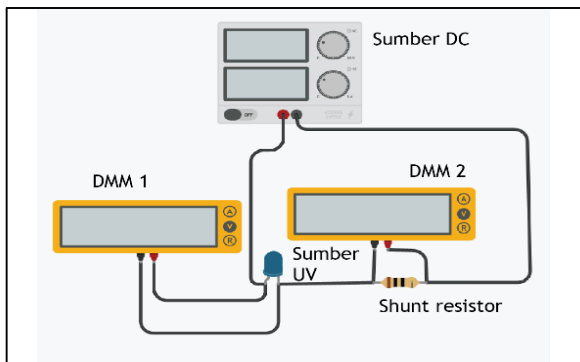
Gambar 6. Skema pengukuran sumber UV

3. METODOLOGI

3.1 Skema Sistem Pengukuran

Pengukuran karakteristik sumber UV dilakukan dengan menggunakan pengaturan yang ditunjukkan pada Gambar 6. Sumber UV dihubungkan dengan menggunakan pembangkit tegangan DC yang diatur pada teggangan 7v dan 1.3A sebagaimana spesifikasi lampu yang digunakan. Iradiansi sumber UV didapatkan dengan menggunakan detektor dimana jarak antara sumber UV dengan detektor diatur sejauh 1m.

Keluaran dari detektor berupa tegangan dibaca dengan menggunakan DMM yang dihubungkan ke komputer dan dilakukan perekaman selama periode pengukuran. Arus yang digunakan untuk menyalakan sumber UV diukur dengan menggunakan DMM yang dihubungkan ke *shunt* resistor pada rangkaian, sedangkan tegangan diukur dengan menghubungkan DMM secara seri dengan sumber UV yang digunakan. Terdapat dua sumber UV yang diamati stabilitasnya pada penelitian ini. Pengukuran dilakukan dengan kondisi lampu setelah dan sebelum *aging*.

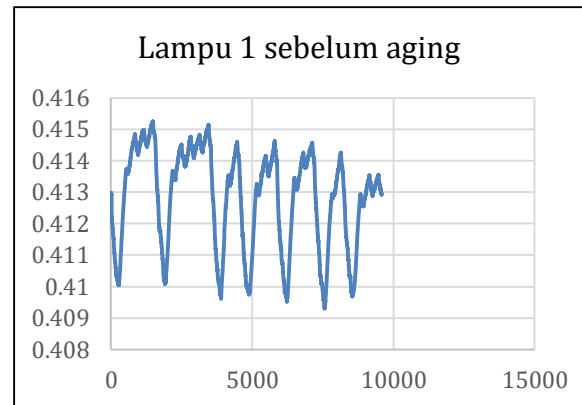


Gambar 7. Skema sistem lampu

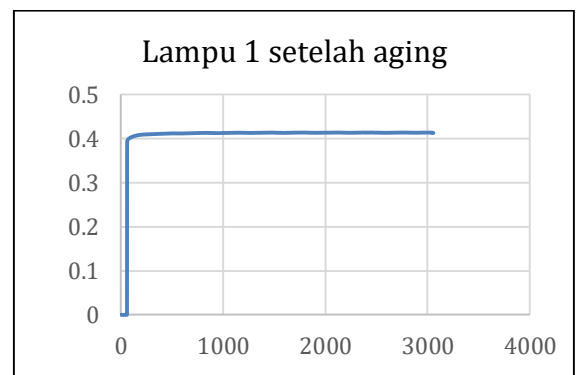
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran pada sumber UV 1 dilakukan dengan hanya memperhatikan besarnya irradiansi yang didapatkan. Berdasarkan hasil yang didapatkan dari pengukuran sumber UV yang belum dilakukan *aging*, terdapat fluktuasi yang dapat dilihat sebagaimana ditunjukkan pada gambar

8(a). Setelah dilakukan *aging* selama 7 hari, lampu baru terlihat stabil sebagaimana yang terlihat pada Gambar 8 (b) meskipun tetap membutuhkan waktu sebelum sepenuhnya stabil.



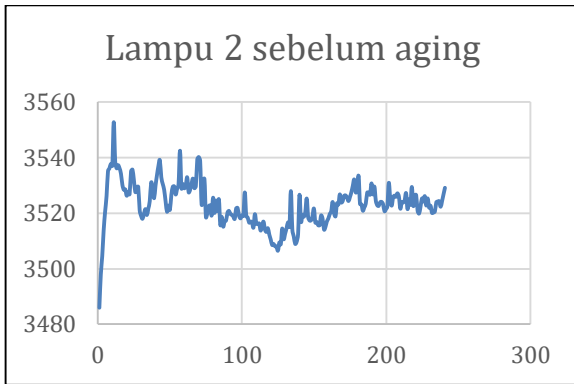
(a)



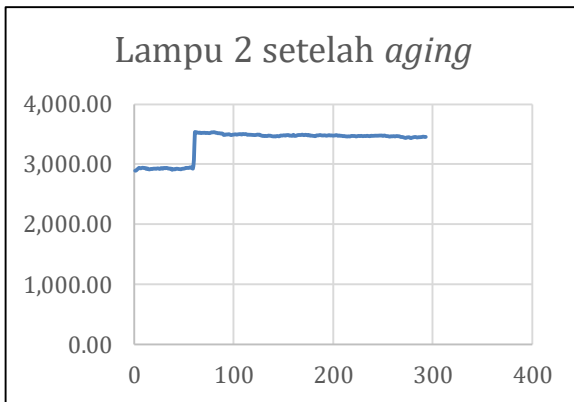
(b)

Gambar 8. Pengukuran Irradiansi Sumber Ke-1 UV (A) Sebelum *Aging* dan (B) Setelah *Aging*

Lampu ke dua sebelum dilakukan *aging*, juga terlihat fluktuasi sebagaimana lampu 1 sebagaimana pada gambar 8(a). Namun pada kasus lampu ke dua, setelah dilakukan *aging* memerlukan waktu yang lebih banyak sebelum akhirnya stabil sebagaimana pada Gambar 8 (b).



(a)



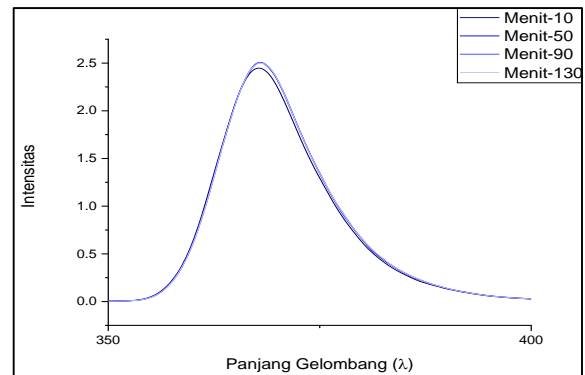
(b)

Gambar 9. pengukuran iradiansi sumber ke-2 UV (a) sebelum *aging* dan (b) setelah *aging*

Diperkirakan ketidakstabilan lampu sebelum *aging* dikarenakan belum stabilnya material dan komponen sumber UV setelah diproduksi. Pada sumber uv ke-2, terlihat proses stabilnya lampu lebih lama jika dibandingkan dengan lampu pertama, hal ini diperkirakan suhu tidak benar benar terkontrol, hanya didinginkan saja sehingga terdapat perbedaan dari kedua pengukuran. Selain itu, catu daya yang digunakan juga dapat memengaruhi proses sehingga perlu adanya pengamatan

lebih lanjut mengenai kestabilan sumber daya yang digunakan ketika beroperasi. Ketidakpastian kestabilan sumber uv dapat mencapai hingga 0,6% setelah proses *aging*.

Gambar 10 merupakan spektrum dari sumber UV setelah dilakukan *aging*. Berdasarkan hasil pengukuran spektrum sumber UV, didapatkan selama proses pemanasan terdapat pergeseran puncak sebesar 0.5 nm serta peningkatan intensitas dari lampu. Diperkirakan hal ini diakibatkan oleh belum stabilnya lampu. Perubahan suhu dari sumber yang digunakan diduga juga memengaruhi pergeseran ini.



Gambar 10. Spektrum dari sumber UV

5. KESIMPULAN

Berdasarkan pengamatan awal yang dilakukan, terdapat fenomena pada sumber baru yang belum dilakukan *aging* dimana terdapat fluktuasi di bagian arus yang akhirnya berdampak pada iradiansi sumber

UV. Fenomena ini tidak konsisten antara kedua lampu yang diamati sehingga perlu ditambah jumlah sampel pengamatan untuk memperkirakan parameter yang memengaruhi fenomena ini. Lampu yang sudah melalui proses aging, kemungkinan dapat menjadi lebih stabil meskipun pada lampu ke-2 membutuhkan waktu yang lebih lama. Selain itu terdapat pergeseran posisi puncak selama pemanasan (kisaran 0.5 nm). Pengamatan variasi posisi puncak dari tipe lampu yang sama juga belum teramati sehingga dapat menjadi rekomendasi pengamatan selanjutnya. Suhu dari sumber UV yang digunakan juga belum dikontrol dengan baik sehingga direkomendasikan untuk menambahkan modul seperti peltier dan kontroler untuk menstabilkan suhu sumber untuk melihat pengaruh dari perubahan suhu.

6. DAFTAR PUSTAKA

Edwards, K. D. (2019). Light emitting diodes. *University of California at Irvine*. p. 2. Retrieved January, 12.

Gugg-Helminger, A. (2017). CIE 220: 2016-Characterization and Calibration Method of UV Radiometers. *IUVA News*, 19(2), 18-23.

Parr, A. C., Datla, R., & Gardner, J. (2005). *Optical radiometry*. Elsevier.

Poppe, A., Molnár, G., & Temesvölgyi, T. (2010, February). Temperature dependent thermal resistance in power LED assemblies and a way to cope with it. In *2010 26th Annual IEEE Semiconductor Thermal Measurement and Management Symposium (SEMI-THERM)* (pp. 283-288). IEEE.

Xu, G., & Huang, X. (2003). Calibration of broadband UV radiometers—methodology and uncertainty evaluation. *Metrologia*, 40(1), S21.