

# 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 maksimum kestabilan irradiansi tercapai 0,6% setelah LED mengalami *aging* dan terdapat pergeseran rata-rata posisi puncak spektrum sebesar 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 maximum uncertainty of irradiance stability 0,6% is achieved after the LED experiences aging and there is a shift in peak position average 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 besarnya radiasi optik yang mengenai permukaan suatu bidang. UV meter digunakan dalam sektor industri, kesehatan, pertanian, pengolahan makanan, keamanan dan lingkungan. Tingkat irradiansi UV 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 komponen utama ketidakpastian pengukuran berasal dari sumber UV dan detektor UV (Reda et al., 2012; Xu et al., 2006).

Adanya beberapa tipe sumber UV seperti halogen, deteurium, xenon dan

merkuri memberikan spektrum UV yang berbeda (Reda et al., 2018; Gugg-Helminger et al., 2016) sehingga perbedaan sumber UV yang digunakan pada saat kalibrasi dan pengukuran menghasilkan nilai yang berbeda pula (Larason et al., 2001). Sumber UV tersebut mempunyai spektrum panjang gelombang yang lebar sehingga memerlukan bantuan filter untuk menapis panjang gelombang lain selain UV, selain itu daya listrik yang diperlukan cukup besar (merkuri: 125 hingga 1000 watt) dan menghasilkan radiasi panas yang dapat mempengaruhi unjuk kerja komponen optik.

Sumber UV memberikan kontribusi ketidakpastian yang berasal dari kestabilan intensitas cahaya yang menunjukkan fluktuasi tingkat radiasi, distribusi spasial yang menunjukkan ketidakseragaman berkas pada bidang ukur dan distribusi spektral yang menunjukkan komposisi spektrum yang dipancarkan sumber UV.

Kestabilan intensitas sumber UV atau disebut juga *short term stability* menunjukkan tingkat stabilitas intensitas atau fluktuasi tingkat intensitas baik terhadap waktu maupun variasi suhu, semakin stabil sumber UV maka semakin kecil kontribusi ketidakpastiannya.

Ketidakpastian kestabilan sumber UV berkisar 0,1% hingga 0,5%. 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, disain 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 berbasis LED yang digunakan pada sistem kalibrasi UV meter. Karakterisasi dilakukan dengan mengukur parameter intensitas dan puncak panjang gelombang UV dimana LED diberikan arus yang konstan dan dimonitor menggunakan DMM.

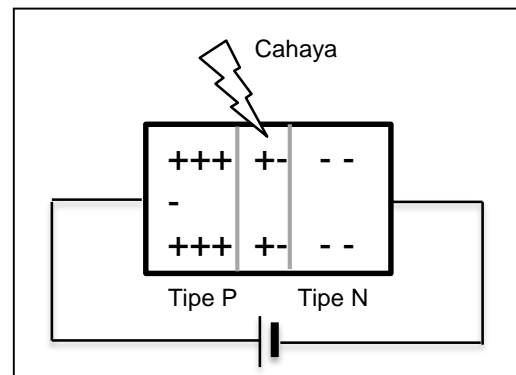
## 2. TEORI DASAR

### 2.1. LED

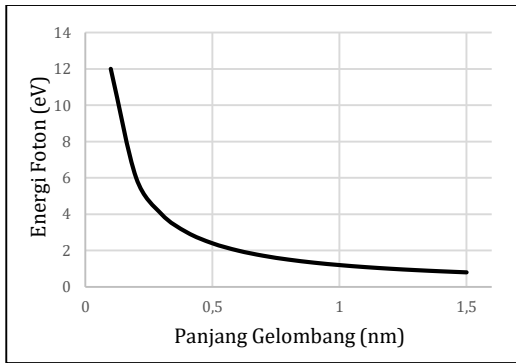
*Light Emitting Diode* (LED) merupakan sumber cahaya yang berbasis semikonduktor yang memancarkan cahaya monokromatis. LED tersusun dari dua semikonduktor tipe P dan tipe N, tipe P merupakan semikonduktor yang mempunyai kekurangan elektron (*hole*)

sedangkan tipe N merupakan semi konduktor 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 (Edwards et al., 2019).



**Gambar 1. Prinsip Kerja LED**



**Gambar 2. Hubungan Energi Foton dan Panjang Gelombang**

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 yang ditunjukkan pada Gambar 2.

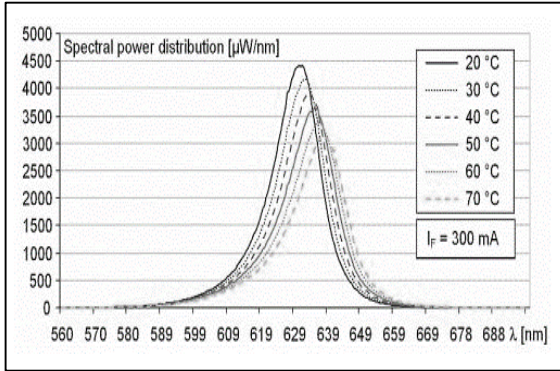
Cahaya yang mempunyai panjang gelombang kecil mempunyai energi foton yang besar begitu juga sebaliknya, sebagai contoh LED yang mengeluarkan sinar UV mempunyai rentang panjang gelombang 200 nm hingga 400 nm yang mana lebih

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 (Gaertner, 2002). 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 seperti tampak pada Gambar 3 (Poppe et al., 2010), sehingga mengontrol stabilitas temperatur LED akan mempertahankan karakteristik intensitas dan spektrum cahaya LED. Temperatur LED dipengaruhi oleh temperatur ruang dan arus yang mengalir, dimana arus ini berpengaruh pada penurunan efisiensi luminous LED [Bećirović, 2019, Rao, 2012, Trevisanello, 2007].

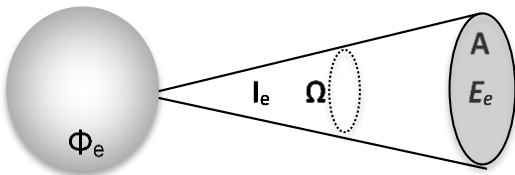
Metoda untuk menjaga stabilitas temperatur LED dapat dilakukan dengan menggunakan pendingin berupa *heatsink* atau kipas untuk membantu mengeluarkan panas dari LED, memilih regulator yang sesuai agar aliran listrik lebih stabil dan lebih mudah untuk mengontrol suhu LED, pembatasan arus listrik yang digunakan untuk mengurangi panas yang dihasilkan,

penggunaan LED bereffisiensi tinggi yang menghasilkan panas yang lebih kecil serta perancangan ventilasi dan bahan yang dapat membuang panas dengan efektif.



**Gambar 3. Hubungan Intesitas LED dan temperatur**

## 2.2 IRRADIANSI



**Gambar 4. Radiant flux, Irradiansi dan Intesitas cahaya**

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

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

Alat yang digunakan untuk mengukur irradiansi sinar UV disebut Irradiansi meter atau UV radiometer, Irradiansi meter tersusun dari silikon fotodioda yang dilengkapi dengan apertur, UV filter dan diffuser dan arus fotometer sebagai indikator pembacaan [Huang, 2003]. 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 fotodioda bergantung dari panjang gelombang cahaya yang datang sehingga responsivitas irradiansi meter tidak sama untuk setiap panjang gelombang [Brown, 2001].

Intensitas cahaya merupakan jumlah cahaya yang dipancarkan pada suatu arah tertentu dan didefinisikan sebagai radiant flux ( $\Phi_e$ , daya optik) per satuan sudut ruang ( $\Omega$ ) [Palmer, 2010] yang dapat dilihat pada Persamaan [2] dan Gambar 5.

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

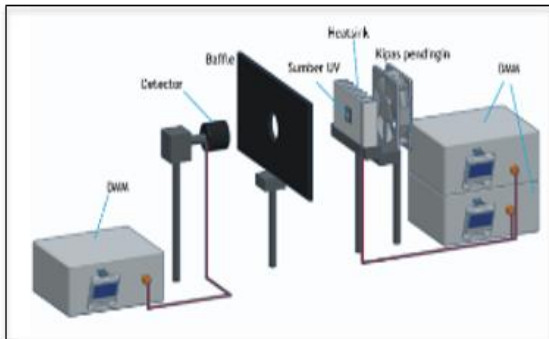
Responsivitas spektral merupakan rasio antara arus keluaran fotometer ( $i_{ph}$ ) dan irradiansi ( $E_e$ ) pada Persamaan [3].

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

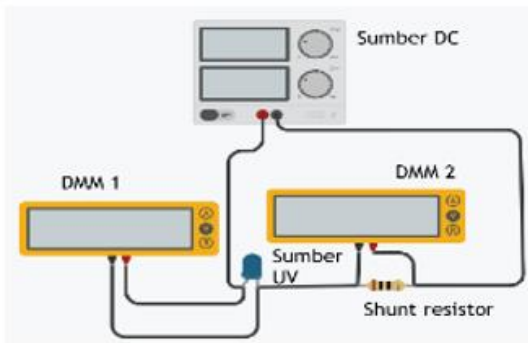
Hubungan irradiansi ( $E_e$ ) dan intensitas ( $I_e$ ) dapat dituliskan kembali sebagai berikut:

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

Dari persamaan [3] dan [4] didapatkan intensitas cahaya ( $I_e$ ) proporsional terhadap arus keluaran fotometer ( $i_{ph}$ ).



**Gambar 5. Skema Sistem Pengukuran Sumber UV Berbasis LED**



**Gambar 6. Skema sistem catu daya dan pengukuran sumber UV berbasis LED**

### 3. METODOLOGI

#### 3.1 Skema Sistem Pengukuran

Pada pengukuran karakterisasi ini sumber UV berbasis LED (LED UV) yang digunakan merupakan tipe generik *single UV High-Power LED 6565 SMD Chip*

yang mempunyai nominal puncak panjang gelombang 365 nm. Pengukuran kestabilan intensitas UV dilakukan dengan memberikan LED UV 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.

Pada susunan sistem pengukuran kestabilan sinar UV, LED UV diletakkan pada *heatsink* sebagai pendingin pasif yang dilengkapi dengan kipas secara terpisah sehingga tidak terbatas pada besar pendingin dan bebas dari getaran. Umumnya LED menempel pada heatsink yang berfungsi sebagai penyerap panas yang dapat dilengkapi dengan peltier dan kipas yang menempel pada pendingin (Li et al., 2021, Ivashin et al., 2018, Zwinkels et al., 2016, Eppeldauer et al., 2016).

#### 3.1 Skema sistem pengukuran

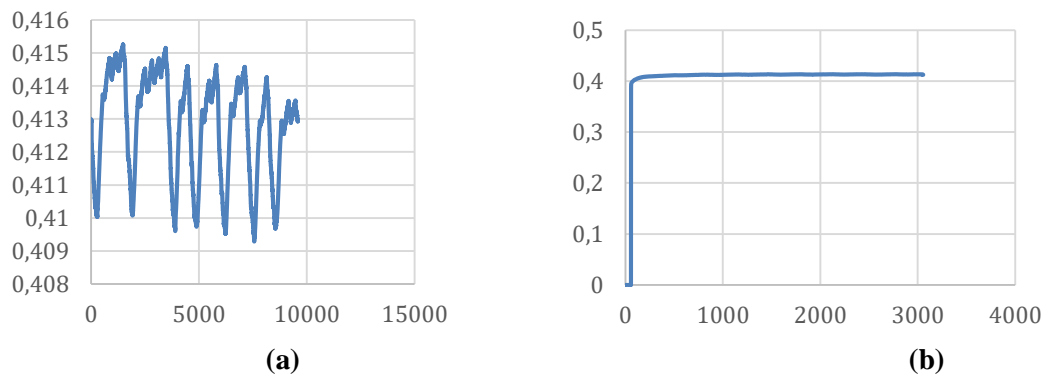
Pengukuran karakteristik LED UV dilakukan dengan menggunakan susunan perangkat seperti yang ditunjukkan pada gambar 5. LED UV dihubungkan dengan pembangkit tegangan DC yang diatur pada tegangan 7 V dan 1.3 A sesuai spesifikasi

LED UV yang digunakan. Irradiansi sinar UV yang berasal dari LED UV diukur dengan menggunakan radiometer dimana jarak antara LED UV dengan radiometer diatur sejauh 1 meter.

Keluaran dari radiometer berupa tegangan dibaca dengan menggunakan DMM yang dihubungkan ke komputer dan dilakukan perekaman selama periode pengukuran. Arus yang digunakan untuk

menyalakan LED diukur dengan menggunakan DMM yang dihubungkan ke *shunt* resistor pada rangkaian, sedangkan tegangan diukur dengan menghubungkan DMM secara seri dengan LED UV yang digunakan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6. Terdapat dua LED UV yang diamati stabilitasnya pada penelitian ini. Pengukuran dilakukan dengan kondisi LED UV setelah dan sebelum *aging*.

### Irradiansi LED UV01



**Gambar 7. Pengukuran iradiansi LED UV01 (a) sebelum *aging* dan (b) setelah *aging*.**

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

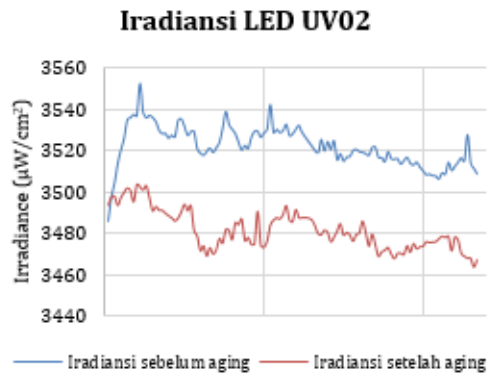
Pengukuran kestabilan pada LED UV dilakukan dengan hanya memperhatikan besarnya iradiansi yang terukur. Berdasarkan hasil yang didapatkan dari pengukuran LED UV01 yang belum dilakukan *aging*, terdapat fluktuasi yang dapat dilihat sebagaimana ditunjukkan pada gambar 7(a). Setelah dilakukan *aging* selama 7 hari, lampu baru terlihat stabil sebagaimana yang terlihat pada gambar

7(b) meskipun tetap membutuhkan waktu sebelum sepenuhnya stabil.

LED UV02 sebelum dilakukan *aging*, juga terlihat fluktuasi sebagaimana sumber LED UV01 sebagaimana pada gambar 8. Namun pada kasus sumber LED UV02, setelah dilakukan *aging* memerlukan waktu yang lebih banyak sebelum akhirnya stabil. Berdasarkan hasil pengukuran LED UV02, masih terdapat fluktuasi pada nilai iradiansi yang



dihasilkan setelah aging, namun fluktuasi yang dihasilkan oleh LED UV02 lebih kecil sebagaimana pada Gambar 8.

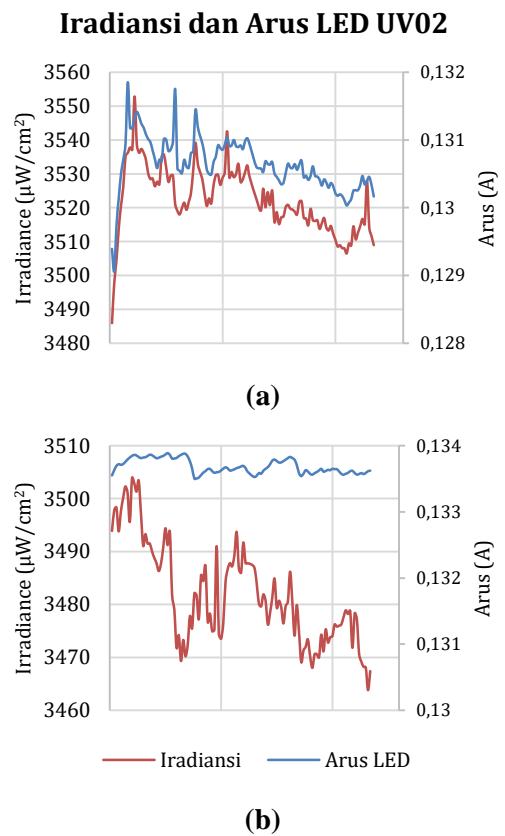


**Gambar 8. Hasil Pengukuran Iradiasi**

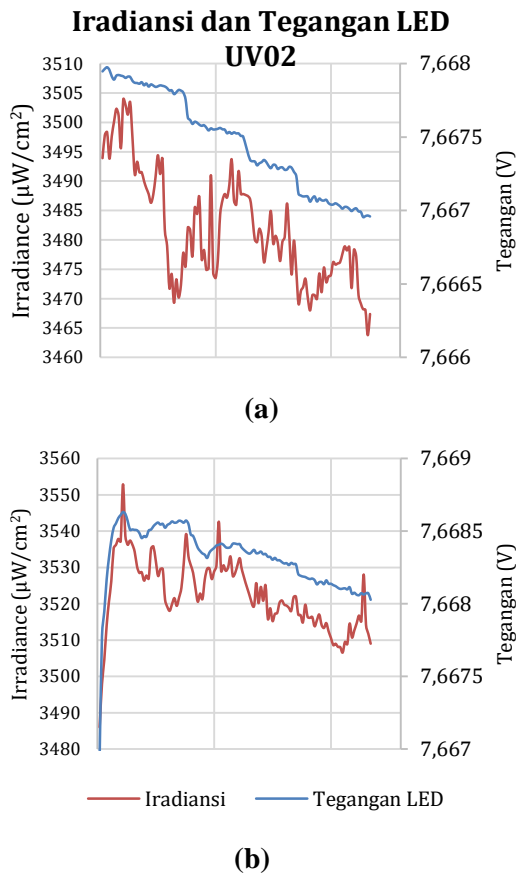
Fluktuasi dari pengukuran ini kemungkinan diakibatkan oleh fluktuasi dari arus yang digunakan oleh LED akibat belum stabilnya material dan komponen sumber UV setelah diproduksi sebagaimana yang dapat dilihat pada Gambar 9(a) dan 9(b). Pada Gambar 9(b) arus terlihat lebih stabil, namun iradiansi yang dihasilkan masih belum cukup stabil yang diperkirakan akibat dari pengaruh lain yang belum dibahas pada pengamatan ini, seperti pengaruh suhu.

Gambar 10(a) dan 10(b) merupakan tegangan yang digunakan oleh lampu LED UV02, dimana berdasarkan pengamatan yang dilakukan tidak memiliki signifikansi terhadap iradiansi yang dihasilkan. Pada LED UV02, terlihat proses stabilnya lebih lama jika dibandingkan dengan LED UV01, 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*.



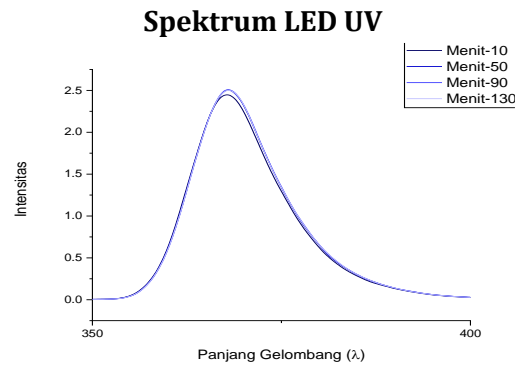
**Gambar 9. Hasil pengukuran arus LED UV02 dan iradiansi (a) sebelum *aging* dan (b) setelah *aging***



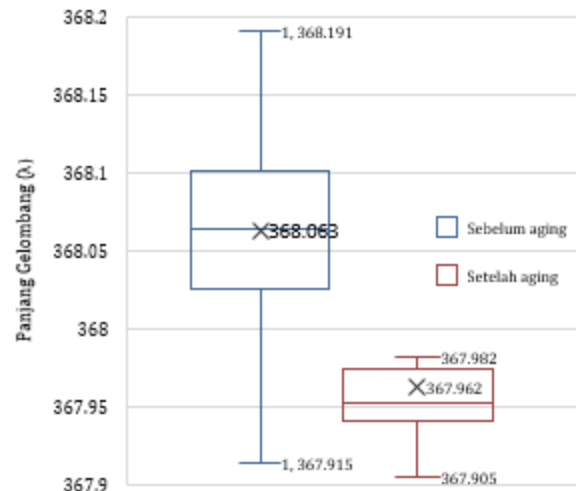
**Gambar 10. Hasil pengukuran tegangan LED UV02 dan iradiansi (a) sebelum *aging* dan (b) setelah *aging***

Gambar 11(a) merupakan spektrum dari sumber UV setelah dilakukan *aging*. Berdasarkan hasil pengukuran spektrum sumber UV, didapatkan selama proses pemanasan terdapat pergeseran puncak rata-rata sebesar 0.5 nm, yang dapat dilihat pula pada gambar 11(b) serta peningkatan intensitas dari lampu. Diperkirakan hal ini diakibatkan oleh pengaruh tegangan pada lampu, yang dapat dilihat apabila meninjau gambar 9(b) dan 10(b), dimana arus mulai

stabil namun fluktuasi masih terjadi pada tegangan pada LED UV02. Perubahan suhu dari sumber yang digunakan diduga juga memengaruhi pergeseran ini.



**Puncak Spektrum LED UV02**



**Gambar 11. (a) Spektrum dari LED UV; (b) pergeseran posisi puncak LED UV02 selama pengukuran berlangsung.**

## 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 LED UV. Fenomena ini tidak konsisten antara kedua sumber UV yang diamati sehingga perlu ditambah jumlah sampel pengamatan untuk memperkirakan parameter yang memengaruhi fenomena ini. Sumber UV yang sudah melalui proses aging, kemungkinan dapat menjadi lebih stabil meskipun pada LED UV02 membutuhkan waktu yang lebih lama. Kestabilan LED UV dari hasil *aging* akan tercapai setelah dinyalakan selama 25 menit pemanasan. Selain itu terdapat pergeseran posisi puncak selama pemanasan (kisaran 0.5 nm). Pengamatan variasi posisi puncak dari tipe sumber UV yang sama juga belum teramati sehingga dapat menjadi rekomendasi pengamatan selanjutnya. Suhu dari LED 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

- Bećirović., Vedad. Helac., Vahid, Effects on LEDs during the Accelerated Ageing Test, *18th International Symposium INFOTEH-JAHORINA*, 2019.
- Brown, Steven W., Eppeldauer, George., *Responsivity calibration methods for 365-nm irradiance meters*, IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement. May 2001.
- Edwards, Kimberly D, (2019). "*Light Emitting Diodes*". University of California, Irvine.
- Eppeldauer, G. P., Larason, T. C., and Yoon, H. W. Standardization of UV LED measurements, *Fourteenth International Conference on Solid State Lighting and LED-based Illumination Systems*, 2015.
- Gaertner, A.A. Led Measurement Issues, Optronics Laboratories, 2002.
- Gugg-Helminger, Anton, CIE 220:2016 *Characterization and Calibration Methods of UV Radiometers*, [www.gigahertz-optik.de](http://www.gigahertz-optik.de).
- Huang, Xuebo. *Characterization and Calibration of Broadband Ultraviolet Radiometers*, Metrologia. March 2003.

- Ivashin, Evgeniy., Ogarev, Sergey., Khlevnoy, Boris., Shirokov, Stanislav., Dobroserdov, Dmitry., Sapritsky, Victor., High power LED standard light sources for photometric applications, *Journal of Physics: Conf. Series* 972 (2018) 012009.
- Larason, Thomas C., Cromer, Christopher L. *Sources of Error in UV Radiation Measurements*, Journal of Research of the National Institute of Standards and Technology, Volume 106, Number 4, July–August 2001.
- Li, Tiecheng., Lin, Fangsheng., Ji, Muyao., Biyong., Cheng, Huang, Weihai., Shi, Leibing., Xia, Ming., Wang, Liping., Development and measurement of a 365 NM UV LED irradiance source, [www.sciencedirect.com/journal/measurement-sensors](http://www.sciencedirect.com/journal/measurement-sensors), 2021 Shanghai Institute of Measurement and Testing Technology.
- Palmer, James M., Grant, Barbara G., *The Art of Radiometry*, 2010.
- Poppe, András., Molnár, Gábor., Temesvölgyi, Tamás., Temperature dependent thermal resistance in power LED assemblies and a way to cope with it, Annual IEEE Semiconductor Thermal Measurement and Management Symposium · March 2010.
- Rao, Feng., Ge, Zhichen., Zhu, Jinlian., Effect of temperature and current on luminous efficiency of high power LED, *Advanced Materials Research* ISSN: 1662-8985, Vols. 347-353, pp 310-313, 2012.
- Reda, Sameh M. *Methodology and Uncertainty Budget for UV Radiometer Calibration*, J. Basic. Appl. Sci. Res., 2(10)9831-9834, 2012.
- Reda, Sameh., Sawsan, Hamed Sayed, Abdel Baset, Yasmen., *Selecting Suitable Source to Calibrate Ultraviolet Radiometer*, International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET), Volume 6 Issue I, January 2018.
- Trevisanello, L.-R., Meneghini, M., G. Mura, C. Sanna, S. Buso, G. Spiazzi, M. Vanzi, G. Meneghesso, E. Zanoni, Thermal stability analysis of High Brightness LED during high temperature and electrical aging, *Seventh International Conference on Solid State Lighting*, 2007.

Xu, Gan., Huang, Xuebo., (2003):  
Calibration of broadband UV  
radiometers methodology and  
uncertainty evaluation, *Metrologia*  
40 S21–S24.

Xu, Gan., Huang, Xuebo., Liu, Yuanjie,  
APMP PR-S1 Comparison of  
Irradiance Responsivity of UVA  
Detectors, 2006.

Zwinkels, Joanne C., *CCPR Activities  
Related to LED-based Calibration  
Standards*, 2016 [https://www.  
researchgate.net/publication/  
29821217](https://www.researchgate.net/publication/29821217)