

PENGUJIAN UNJUK KERJA SMOKE STAIN REFLECTOMETER EEL43M DAN M43D DALAM PENGUKURAN BLACK CARBON SAMPEL LINGKUNGAN

Djoko Prakoso Dwi Atmodjo, Indah Kusmartini, Syukria Kurniawati

Pusat Sains dan Teknologi Nuklir Terapan – BATAN, Jln. Tamansari No 71, Bandung – 40132

ABSTRAK

PENGUJIAN UNJUK KERJA SMOKE STAIN REFLECTOMETER EEL43M DAN M43D DALAM PENGUKURAN BLACK CARBON SAMPEL LINGKUNGAN. Pengukuran black carbon (BC) merupakan salah satu kegiatan yang dilakukan untuk menentukan tingkat konsentrasi BC pada sampel partikulat udara halus dan kasar. Alat yang digunakan untuk pengukuran BC adalah EEL Smoke Stain Reflectometer, yang dalam pengukurannya menggunakan metode reflektansi. Saat ini di laboratorium PSTNT telah memiliki 2 buah alat smokestain reflectometer yang sebelumnya hanya satu yaitu tipe EELM43D, sehingga diperlukan pengujian alat yang baru tipe EEL43M dengan menggunakan perbandingan hasil dari alat yang lama. Pengujian kinerja alat dilakukan dengan menggunakan 2 buah papan standar acuan pabrik (A&B) yang dilakukan pengukuran sebanyak 10 kali. Hasil pengukuran papan standar acuan pabrik (A) dengan rentang diperbolehkan $34 \pm 1,5\%$ menggunakan EEL43M diperoleh nilai reflektansi sebesar 33,9; 33,8; 33,9; 33,9; 34,0; 33,9; 33,9; 33,9; 33,9; dan 33,9%, sedangkan menggunakan EELM43D sebesar 34,0; 34,0; 33,9; 33,9; 33,9; 34,0; 33,9; 34,0; 33,9; dan 34,0%. Hasil pengukuran nilai reflektansi standar tersebut sesuai dengan spesifikasi pabrik yang dipersyaratkan yaitu $34 \pm 1,5\%$. Untuk hasil pengukuran nilai reflektansi papan standar acuan pabrik (B) dengan rentang $33 \pm 1,5\%$ menggunakan EEL43M sebesar 32,3; 32,5; 32,6; 32,6; 32,6; 32,5; 32,6; 32,6; 32,6; dan 32,5%, sedangkan menggunakan EELM43D sebesar 32,5; 32,5; 32,5; 32,6; 32,6; 32,5; 32,5; 32,6; 32,6; dan 32,5%. Hasil dari pengukuran standar abu-abu juga masih sesuai dengan standar acuan pabrik yaitu dengan rentang nilai $33 \pm 1,5\%$, dan selanjutnya dari hasil pengukuran reflektansi kedua papan standar acuan pabrik ditampilkan dalam bentuk diagram kendali dan grafik kontrol. Dari diagram kendali dan grafik kontrol tersebut, dapat disimpulkan bahwa kinerja alat masih dalam kondisi baik dan dapat menjamin mutu hasil pengukuran BC.

Katakunci : black carbon, reflektansi, diagram kendali, unjuk kerja

ABSTRACT

PERFORMANCE TEST OF SMOKE STAIN REFLECTOMETER EEL43M AND M43D FOR THE BLACK CARBON MEASUREMENT OF ENVIRONMENTAL SAMPLES. Measurement of black carbon (BC) is one of the activities carried out to determine the level of BC concentration of airborne fine and coarse particulate samples. The instrument used for the measurement of BC is EEL Smoke Stain Reflectometer, which based on reflectance method. Currently, PSTNT laboratory has had 2 units of smokestain reflectometer that were previously only had one type EELM43D, therefore it is necessary to compare the performance of new reflectometer type EEL43M with the old device. Performance testing devices was performed using 2 boards of reference standard (A&B) that measured 10 times. Measurement reflectance results of factory board reference standard (A) using EEL43M gave reflectance values of 33.9, 33.8, 33.9, 33.9, 34.0, 33.9, 33.9, 33.9, 33.9, and 33.9%, while using EELM43D, the obtained reflectance values are 34.0, 34.0, 33.9, 33.9, 33.9, 34.0, 33.9, 34.0, 33.9, and 34.0%. Results of reflectance value measurement of the A standard were accordance with the manufacturer's specifications required, that is $34 \pm 1.5\%$. For the measurement of the reflectance values of factory boards reference standard (B) using EEL43M gave results 32.3, 32.5, 32.6, 32.6, 32.6, 32.5, 32.6, 32.6, 32.6, and 32.5%, while using EELM43D are 32.5, 32.5, 32.5, 32.6, 32.6, 32.5, 32.5, 32.6, 32.6, and 32.5%. the results of measurement gray standard B standard measurements of gray are also still in accordance with the reference standard factory that is the range value of $33 \pm 1.5\%$. The results of the reflectance measurement of both factory board reference standards were shown in the form of control

charts. From the control charts it can be concluded that the performance is in good condition and the quality of the measurement results of BC of this new reflectometer is assured.

Keywords : black carbon, reflectance, control chart, performance

1. PENDAHULUAN

Black carbon (BC) merupakan bentuk impuritas karbon hasil pembakaran tidak sempurna bahan bakar fosil atau pembakaran biomassa [3]. Pada dasarnya BC dapat bermanfaat untuk kebutuhan manusia, tetapi dapat juga merugikan bagi manusia terutama dalam hal kesehatan dan lingkungan. Kegunaannya yang cukup bermanfaat bagi manusia adalah digunakan sebagai bahan dalam pembuatan cat, tinta cetak, pengisi pada karet terutama dalam pembuatan ban-ban mobil dan sepeda.

Dampak BC yang merugikan manusia adalah memiliki efek yang cukup kompleks pada perubahan iklim, pemanasan global, dan pencairan setengah es bagian arktik [5]. Melihat dampak kerugiannya yang tidak hanya merugikan manusia tetapi juga merugikan lingkungan, maka tidak sedikit pula orang yang membuat strategi dalam mengurangi sumber-sumber BC untuk memperkecil terjadinya pemanasan global dan salah satunya adalah dengan menentukan daerah sumber BC terbesar. Untuk menentukan daerah sumber BC, diperlukan beberapa tahapan awal yang harus dipersiapkan dan yang utama adalah pengambilan contoh partikel udara disuatu daerah (*sampling*). *Sampling* partikulat udara dapat dilakukan dengan menggunakan filter polikarbonat yang berukuran 8 μm (kasar) dan 0,4 μm (halus) yang sudah dihubungkan dengan alat *gent sampler*.

BC umumnya memberikan kontribusi sekitar 10-40% dari *particulate matter* 2,5 μm (PM2.5) yang partikel debunya berada pada filter halus, sehingga konsentrasi pengukuran BC lebih di titik beratkan pada filter halus [4]. Filter dengan diameter 47mm ini dapat memberikan nilai black carbon menggunakan metode reflektansi dengan bantuan sebuah alat yaitu *smokestain reflectometer*. Agar dapat memberikan hasil pengukuran yang baik, maka diperlukan adanya pengujian kinerja alat.

Pada kegiatan ini dilakukan pengujian kinerja alat terhadap 2 buah alat *smokestain reflectometer* yang sebelumnya hanya satu yaitu tipe EELM43D, sehingga diperlukan pengujian alat yang baru tipe EEL43M dengan menggunakan perbandingan hasil dari alat yang lama. Pengujian kinerja alat dilakukan dengan

menggunakan 2 buah papan standar acuan pabrik yang dilakukan pengukuran sebanyak 10 kali. Hasil nilai pengukuran yang dihasilkan akan digambarkan dalam sebuah diagram kendali dan grafik kontrol untuk dievaluasi keakuratannya sehingga dapat dinyatakan layak dan baik dalam pengukuran sampel BC.

2. TEORI

Pengukuran BC menggunakan alat *smokestain reflectometer* merupakan pengukuran dengan metode reflektansi, dimana cahaya yang direfleksikan atau diserap pada filter sampel bergantung pada konsentrasi partikel, densitas, refraksi indeks dan ukuran [1].

Sistem kerja untuk pengukuran BC menggunakan metode reflektansi cahaya, semua cahaya yang berasal dari suatu sumber cahaya/lampu dihamburkan melalui *annular photocel* ke permukaan filter sampel, selanjutnya cahaya tersebut direfleksikan kembali ke *photocell*, maka panjang *path* cahaya tersebut adalah dua kali dari panjang *path* transmisi [2], sehingga perhitungan BC dari pengukuran reflektansi tersebut dapat dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut:

$$BC (\mu\text{g}/\text{cm}^2) = \{100/(2\varepsilon)\} \ln [R_o/R] \quad (1)$$

$$BC (\mu\text{g}/\text{m}^3) = A/V * \{100/(2\varepsilon)\} \ln [R_o/R] \quad (2)$$

A adalah luas area sampel (cm^2), V adalah volume sampling (m^3), R_o adalah nilai reflektansi dari filter kosong (=100%), dan R adalah nilai reflektansi dari filter sampel (%).

Nilai reflektansi yang diperoleh dari filter sampel merupakan nilai yang sebanding dengan jumlah BC pada filter. Untuk ε , Maenhaut 1998 mendapatkan nilai sebesar 5,27 m^2/g dari eksperimen menggunakan pengukuran reflektansi cahaya putih pada filter *Nuclepore polikarbonat* dengan persamaan sebagai berikut :

$$BC = \frac{A\{1000x \log\left(\frac{R_{blank}}{R_{sample}}\right) + 2,39\}}{45,8} \quad (3)$$

Rblank adalah nilai reflektansi filter *Nuclepore* diameter 47 mm. Di samping persamaan (1) digunakan pula formula BC kosong(100%), *Rsample* adalah nilai reflektansi filtersampel, *A* adalah luas area filter sampel(cm^2) dan *V* adalah volume sampel (m^3), dengan nilai 2,39 dan 45,8 adalah konstanta yang digunakan untuk filter *Nuclepore Polikarbonat* yang berasal dari eksperimen perhitungan BC menggunakan pembakaranasetilen.

Persamaan (2) dan (3) memberikan nilai yang hampir sama (~99%) untuk perhitungan BC pada area filter sampel yang sama. Laboratorium Pusat Sains dan Teknologi Nuklir Terapan (PSTNT) dalam hal ini menggunakan persamaan (3) untuk penentuan konsentrasi BC filter partikulat udara, dikarenakan karakteristik persamaan tersebut dalam percobaannya menggunakan filter yang sama yang selalu digunakan oleh Laboratorium PSTNT untuk sampling partikulat udara sehingga diharapkan hasil perhitungan yang dihasilkan mendapatkan nilai akurasi yang baik dan valid.

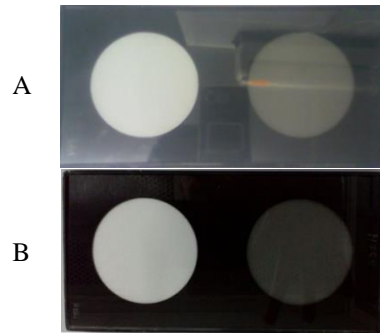
3. TATA KERJA

3.1 Alat dan Bahan

Alat utama yang digunakan adalah *Smokestain Reflectometer* tipe EELM43D dan EEL43M berikut 2 buah papan standar acuan dari pabrik yaitu dengan rentang diperbolehkan $34 \pm 1,5\%$ dan $33 \pm 1,5\%$. Standar acuan yang digunakan adalah standar acuan putih dan standar acuan abu-abu yang berbentuk papan berlapis kaca yang juga digunakan dalam pengukuran BC dapat dilihat pada Gambar 1 dan 2.



Gambar 1. Smokestain Reflectometer tipe EELM43D (A) dan EEL43M (B)



Gambar 2. Standar Acuan Putih dan Abu-abu dengan rentang $34 \pm 1,5\%$ (A) dan $33 \pm 1,5\%$ (B)

3.2 Pengkondisian Alat

Pengukuran BC dilakukan di ruangan bebas debu yang dikondisikan pada rentang suhu $18-25^\circ\text{C}$ dan rentang kelembaban 40-60% [7]. Sebelum alat *smokestain reflectometer* digunakan, hendaknya alat distabilkan dahulu dengan membiarkannya dalam kondisi menyala ± 1 jam.

3.3 Pengukuran Standar Acuan Pabrik

Pengukuran standar acuan dilakukan untuk mengetahui kemampuan alat sebelum dilakukannya pengukuran BC. Pengukuran dilakukan terhadap 2 buah papan standar acuan dengan nilai antara yaitu $34 \pm 1,5\%$ dan $33 \pm 1,5\%$, dan hasil pengukuran menggunakan dua buah *smokestain reflectometer* tipe EELM43D dan EEL43M harus berada pada nilai rentang yang diperbolehkan papan standar acuan tersebut yaitu $34 \pm 1,5\%$ dan $33 \pm 1,5\%$. Jika angka yang tampil pada alat tidak sesuai spesifikasi pabrik maka perlu dilakukan pengecekan ulang terhadap *reflectometer* dengan melakukan pembersihan, perbaikan, ataupun penggantian alat.

Pada awal sebelum dilakukan pengukuran pastikan posisi angka pada display menunjukkan 00,0, kemudian letakkan *reflectometer* pada papan standar acuan putih hingga menunjukkan angka 100. Apabila pada display tidak menunjukkan angka 100 maka lakukan pengaturan pada kontrol alat yang ada hingga menunjukkan angka 100, setelah display menunjukkan angka 100 kemudian pindahkan *reflectometer* pada standar abu-abu dan akan terlihat pada display alat hasil pengukuran nilai rentang yang diperbolehkan oleh spesifikasi pabrik [6]. Catat hasil pengukuran tersebut dan lakukan pengulangan pengukuran sebanyak 10 kali. Tahapan pengukuran standar acuan pabrik ditampilkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Smokestain reflectometer sesuai standar acuan pabrik

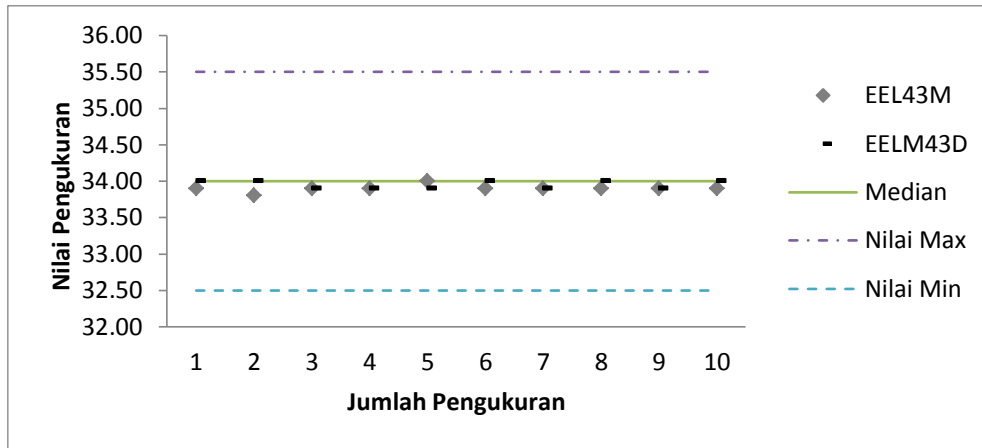
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam pelaksanaan pengukuran BC, kinerja alat *reflectometer* yang meliputi pencahayaan lampu dan sensor cahaya perlu mendapatkan perhatian khusus agar hasil pengukuran mendapatkan hasil yang baik. Karena itu, bagian terpenting dari alat *smokestain reflectometer* ini harus dievaluasi agar ketika dibutuhkan alat tidak mengalami masalah dalam hasil pengukuran. Pada kegiatan ini telah dievaluasi *reflectometer* dengan melakukan pengukuran reflektansi standar acuan terhadap 2 alat *smokestain reflectometer* tipe EELM43D dan EEL43M, dengan hasil pengukuran yang ditunjukkan oleh Tabel 1.

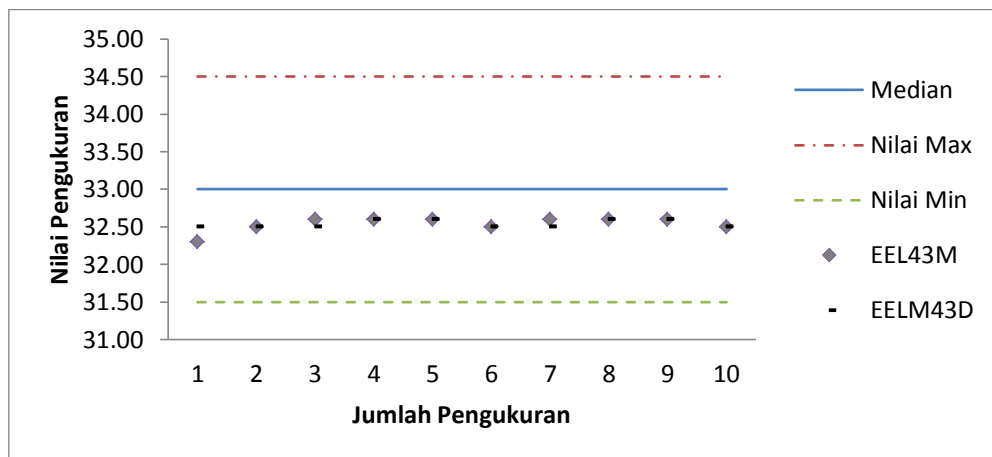
Hasil dari pengukuran standar acuan seperti yang ditampilkan Tabel 1, kemudian diolah kembali menjadi data dalam diagram kendali untuk memudahkan dalam pengontrolan kinerja alat *smokestain reflectometer*. Gambar 4 menunjukkan standar acuan abu-abu berada pada rentang 32,5-35,5 % dengan standar acuan rata-rata 33,90% dan 33,95%, sementara nilai yang dianjurkan pabrik adalah 32,5-35,5 %. maka dari hasil yang didapatkan bahwa alat *smokestain reflectometer* memenuhi kriteria yang dipersyaratkan oleh spesifikasi pabrik.

Tabel 1. Hasil pengukuran EEL43M dan EELM43D terhadap 2 buah standar acuan

| Pengukuran Ke- | 34±1,5% | | Rasio | 33±1,5% | | Rasio |
|----------------|---------|---------|-------|---------|---------|-------|
| | EEL43M | EELM43D | | EEL43M | EELM43D | |
| 1 | 33,90 | 34,00 | 1,00 | 32,30 | 32,50 | 0,99 |
| 2 | 33,80 | 34,00 | 0,99 | 32,50 | 32,50 | 1,00 |
| 3 | 33,90 | 33,90 | 1,00 | 32,60 | 32,50 | 1,00 |
| 4 | 33,90 | 33,90 | 1,00 | 32,60 | 32,60 | 1,00 |
| 5 | 34,00 | 33,90 | 1,00 | 32,60 | 32,60 | 1,00 |
| 6 | 33,90 | 34,00 | 1,00 | 32,50 | 32,50 | 1,00 |
| 7 | 33,90 | 33,90 | 1,00 | 32,60 | 32,50 | 1,00 |
| 8 | 33,90 | 34,00 | 1,00 | 32,60 | 32,60 | 1,00 |
| 9 | 33,90 | 33,90 | 1,00 | 32,60 | 32,60 | 1,00 |
| 10 | 33,90 | 34,00 | 1,00 | 32,50 | 32,50 | 1,00 |
| Rata-Rata | 33,90 | 33,95 | 1,00 | 32,54 | 32,54 | 1,00 |



Gambar4. Pengukuran EEL43M dan EELM43D menggunakan papan standar 34±1,5%



Gambar5. Pengukuran EEL43M dan EELM43D menggunakan papan standar 33±1,5%

Selanjutnya Gambar 5. Menunjukkan standar acuan abu-abu berada pada rentang 31,5-34,5 % dengan standar acuan rata-rata yang memiliki nilai sama yaitu 32,54% dan 32,54%, dengan nilai yang dianjurkan pabrik adalah 31,5-34,5%, sehingga dari hasil yang didapatkan bahwa alat *smokestain reflectometer* memenuhi kriteria yang dipersyaratkan oleh spesifikasi pabrik.

Evaluasi diagram kendali pengukuran standar acuan pabrik dengan menggunakan *smokestain reflectometer* dari Gambar 4 dan 5 secara umum memberikan hasil yang berada pada rentang diperbolehkan pabrik. Dari hasil yang didapat, disimpulkan bahwa kinerja *smokestain reflectometer* EELM43D dan EEL43M masih berada pada kondisi optimal dan sesuai dengan spesifikasi pabrik yang dipersyaratkan, sehingga hasil dari pengukuran *black carbon* yang dilakukan diharapkan dapat memberikan nilai akurasi dan presisi yang baik

dan dapat menjamin mutu dari hasil nilai pengukuran yang dilakukan.

5. KESIMPULAN

Pemantauan kinerja *smokestain reflectometer* tipe EELM43D dan EEL43M memberikan hasil pengukuran standar acuan abu-abu nilai rentang 32,5-35,5 % dengan rata-rata masing-masing sebesar 33,90% dan 33,95% beserta rasio perbandingan kedua alat tersebut sebesar rata-rata 1,00. Kemudian untuk standar acuan abu-abu nilai rentang 31,5-34,5% memiliki hasil yang sama yaitu 32,54% dan 32,54% dengan rasio perbandingan kedua alat rata-rata 1,00. Hasil yang didapat sesuai dengan spesifikasi pabrik yang dipersyaratkan. Dengan demikian dapat dinyatakan pengukuran *black carbon* pada filter partikulat udara halus dan kasar hingga saat ini memberikan hasil yang dapat dipercaya.

6. DAFTAR PUSTAKA

1. HOVARTH H., Atmospheric light absorption – A review, *Atmos Environ*, 27(1993) 293-317.
2. GUNDEL, L.A., Dod, R.L., ROSEN, H., NOVAKOV, T., The relationship between optical attenuation and black carbon concentration for ambient and source particles, *Science of the Total Environment* 36 (1984) 197-202.
3. GOLDBERG E, Black Carbon in the environment. NY: Wiley and Sons (1972).
4. HANSEN, A.D.A., ROSEN, H., Individual measurement of the emission factor of aerosol black carbon in automobile plumes, *Journal of the Air and Waste Management Association* 40 (1990) 1654-1657.
5. ALLEN G, LAWRENCE, J., KOUTRAKIS, P., Field validation of a semi-continuous method for aerosol black carbon (aethalometer) and temporal patterns of summertime hourly black carbon measurements in southwestern PA. *Atmospheric Environment* 33 (1999) 817-823.
6. ANONYMOUS, Manual EEL Smoke Stain Reflectometer (2006).
7. DIAH DWIANA, L., MUHAYATUN, S., ACHMAD H., Karakteristik black carbon partikulat udara halus pm_{2,5} di Bandung dan lembang 2004 –2005, *Journal Sains dan Teknologi Nuklir Indonesia*, 9 (2008) No.2, 89-94