

Uji Banding Kinerja Alat *High Volume Air Sampler* untuk Pengukuran *Total Suspended Particulate (TSP)* di Udara Ambien

Comparative Performance Test of High Volume Air Sampler for Determination of Total Suspended Particulate (TSP) in Ambient Air

Pramana Budi Purwaka dan Siswanto Adi Wijanarko

Pusat Standardisasi Instrumen Kualitas Lingkungan Hidup, Kawasan PUSPIPTEK Gedung 210
Jalan Raya Serpong, Tangerang Selatan, 15310
E-mail: pramanabp@gmail.com

Diterima 20 September 2022, direvisi 4 Oktober 2022, disetujui 25 Oktober 2022

ABSTRAK

Uji Banding Kinerja Alat *High Volume Air Sampler* untuk Pengukuran *Total Suspended Particulate (TSP)* di Udara Ambien. Partikulat merupakan bentuk polutan yang paling terlihat dalam pencemaran udara. Jenis partikulat terdiri dari *total suspended particulate (TSP)*, PM_{10} , $PM_{2.5}$, ataupun partikulat dengan ukuran yang lebih kecil lagi. Peralatan yang digunakan untuk mengukur partikulat di udara ambien adalah *high volume air sampler (HVAS)*. Penggunaan berbagai jenis HVAS baik pabrikan dari perusahaan terkenal maupun rakitan lokal banyak ditemukan di laboratorium pengujian kualitas udara di Indonesia. Tujuan dari kegiatan ini adalah melakukan pengecekan stabilitas dan performa alat HVAS rakitan lokal saat melakukan sampling bersamaan dengan HVAS lainnya. Pengujian sebanyak 5 (lima) kali terhadap 4 (empat) jenis HVAS berbeda, yaitu 2 (dua) HVAS SIBATA dengan tipe dan seri berbeda, 1 (satu) HVAS pabrikan yang dimodifikasi, dan 1 (satu) HVAS lokal, dilakukan pada tanggal 14-28 Juli 2022. Peralatan ditempatkan di Lantai 3 Gedung Metrologi dan Merkuri Pusat Standardisasi Instrumen Kualitas Lingkungan Hidup (PSIKLH) Serpong. Kalibrasi masing-masing peralatan dilakukan sebelum dan setelah sampling TSP selama 24 jam. Desain alat HVAS yang tepat dan baik menentukan performa peralatan saat sampling. Dari hasil uji stabilitas, diketahui bahwa seluruh alat HVAS relatif stabil selama periode sampling. Selama pengujian, diketahui bahwa HVAS lokal yang digunakan saat kajian ini memiliki kekurangan di bagian *filter holder*, yang ditunjukkan dengan konsentrasi TSP paling rendah yang dihasilkan dari alat ini berikut penampakan filternya. Konsentrasi TSP di udara ambien selama pengamatan menggunakan 4 (empat) alat HVAS berbeda untuk masing-masing alatnya. HVAS A, B, dan C cenderung sama dengan perbedaan berkisar antara 4-20%, sedangkan untuk HVAS D memiliki perbedaan hasil konsentrasi TSP paling besar mencapai 49%. Rata-rata hasil pengujian TSP pada periode sampling tersebut berada di bawah baku mutu Peraturan Pemerintah No 22/2021 Lampiran VII, namun konsentrasi TSP menggunakan alat HVAS SIBATA HV-1000R pada tanggal 27-28 Juli 2022 adalah melebihi baku mutu yaitu $234 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Kata kunci: Partikel, HVAS, udara ambien, pencemaran udarat

ABSTRACT

Comparative Performance Test of High Volume Air Sampler for Determination of Total Suspended Particulate (TSP) in Ambient Air. Particulate is the most visible form of pollutants in air pollution. There are many types of particulates such as *total suspended particulate (TSP)*, PM_{10} , $PM_{2.5}$, or particulates with smaller size. The equipment to measure particulate in ambient air is *High Volume Air Sampler (HVAS)*. The use of various types of HVAS, both manufacturers from well-known companies and local assemblies, are widely found in air quality testing laboratories in Indonesia. The purpose of this activity is to check the stability and performance of locally assembled HVAS equipment when sampling together with other HVAS. Testing for 5 (five) times on 4 (four) different types of HVAS, which is 2

(two) HVAS SIBATA with different types and series, a modified manufactured HVAS, and a local HVAS, was carried out on July 14-28th, 2022. The equipments were placed on the 3rd floor of Metrology and Mercury Building, Center for Standardization of Environmental Quality Instruments (PSIKLH), located in Serpong. The calibration of each equipment was carried out before and after TSP sampling for 24 hours. A proper and good HVAS design determines the performance of the equipment during sampling. From stability test result, it is found that all HVAS were relatively stable during sampling period. During the test, it is detected that the local HVAS used in this study has a defect in the filter holder part, following the lowest TSP concentration resulted from this equipment and its filter appearance. The concentration of TSP in ambient air during sampling period using 4 (four) different HVAS showed various result for each unit. HVAS A, B, and C produce closely similar results with difference ranging between 4 up to 20%, while HVAS D produce the lowest results with difference up to 49%. The average concentration of TSP during the testing period were below the quality standard of Government Regulation No 22/2021 Appendix VII, however, the result of TSP concentration using HVAS SIBATA HV-1000R in 27-28 July, 2022 was above the quality standard, which was $234 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Keywords: Particle, HVAS, ambient air, air pollution

1. Pendahuluan

Pengujian parameter udara ambien terbagi menjadi dua matriks yaitu partikulat dan gas-gas (Vallero, 2014). Ukuran partikulat umumnya lebih besar dibandingkan dengan gas. Parameter *Total Suspended Particulate* (TSP) atau disebut juga dengan partikel debu tersuspensi terdapat di udara ambien dengan ukuran berkisar antara kurang dari 1 mikron (μ) hingga maksimal 500 mikron (μ) (Ramirez-Leal, 2020; Zhang *et al.*, 2015). Proses pembakaran, debu yang terbawa angin, maupun yang berasal dari proses konversi dari gas ke partikulat merupakan sumber partikulat (Wang *et al.*, 2019). Partikel dengan kisaran ukuran 0,5 mm terbentuk dari berbagai variasi material seperti padatan maupun *droplet* cairan (Dominici, Greenstone, & Sunstein, 2014; Qiao *et al.*, 2013). Keberadaan partikulat ini akan memberi dampak buruk bagi kesehatan manusia terutama terhadap saluran pernafasan makhluk hidup (Kim, Kabir, & Kabir, 2015; Russell & Brunekreef, 2009). Selain dapat berpengaruh negatif terhadap kesehatan, partikel debu juga dapat mengganggu daya tembus pandang mata dan juga mengadakan berbagai reaksi kimia di udara (Cruz-Campas, Ramirez-Leal, & Lopez-Perez, 2019).

Polutan pencemaran udara yang paling terlihat adalah partikulat, karena bentuk fisiknya yang berupa partikulat, berukuran lebih besar dari molekul gas polutan lainnya, sehingga pada konsentrasi yang cukup besar dapat lebih mudah dilihat secara kasat mata. Proses kegiatan industri, domestik, dan sumber alamiah berkontribusi dalam pembentukan senyawa partikulat (Santra, 2014). Partikulat ini bisa berupa senyawa organik maupun anorganik dalam bentuk fisik cair maupun padatan (Biglari *et al.*, 2017). Bentuk-bentuk partikulat yang umum berupa partikel karbon atau jelaga, *droplet* bersifat asam, oksida dan garam logam, silikat dan debu lainnya termasuk asap logam (*metallurgic fume*) (Almuhanna, 2015).

Penentuan konsentrasi TSP di udara ambien dilakukan dengan menggunakan metode gravimetri sesuai SNI 19-7119.3-2017 (BSN, 2017a). HVAS adalah alat pengambil sampel partikulat di udara ambien yang memiliki prinsip kerja dengan sistem vakum dengan menarik udara lingkungan sekitar melalui inlet dengan ukuran-selektif dan melalui filter berukuran $20,3 \times 25,4$ cm (8 x 10 inci) pada laju alir 1200 L/menit. Setelah proses pengambilan sampel selama 24 jam selesai filter yang sudah dipenuhi oleh partikulat kemudian

ditimbang untuk mengetahui berat filter dan partikulat yang tersaring sebagai berat akhir. Selisih antara berat akhir dikurangi berat awal ini merupakan berat partikulat yang tersaring selama proses pengambilan sampel. Hasil penentuan konsentrasi partikel di udara kemudian ditunjukkan dalam bentuk satuan massa partikulat yang terkumpul per satuan volum contoh uji udara yang diambil sebagai $\mu\text{g}/\text{m}^3$. HVAS sesuai standar dibuat oleh pabrik seperti SIBATA, KIMOTO, Tisch, STAPLEX, dan banyak merek terkemuka lainnya. HVAS tersebut merupakan instrument yang sesuai dengan standar diperoleh dengan harga relatif mahal. Hal tersebut menyebabkan produsen lokal berupaya membuat peralatan rakitan yang sesuai dengan standar, sehingga dapat diperoleh dengan harga lebih ekonomis (Yuwono, 2012). Laboratorium di daerah banyak sekali yang menggunakan HVAS rakitan buatan lokal untuk pengujian dan melakukan kalibrasi di laboratorium kalibrasi PSIKLH Serpong. Peralatan HVAS lokal non merek merupakan salah satu alat yang belum memiliki standarisasi (Yuwono, 2012). Stabilitas alat setelah pemakaian juga harus diperhatikan untuk menjamin kebenaran hasil pengukuran (BSN, 2017b). Hal ini berhubungan dengan peran metrologi lingkungan melalui salah satu bidang yang baru terbentuk yaitu bidang metrologi dan kalibrasi.

Dalam rangka mengetahui kinerja suatu peralatan HVAS yang dibuat secara rakitan oleh produsen lokal bila dibandingkan dengan alat HVAS standar buatan pabrik maka dilakukan uji banding. Dalam lingkup laboratorium kalibrasi istilah uji profisiensi lebih dikenal dengan Uji Banding Laboratorium Kalibrasi (UBLK). Hal ini dikarenakan kegiatan yang dilakukan adalah membandingkan hasil pengukuran suatu laboratorium terhadap alat ukur kalibrasi standar yang telah disepakati, kerap disebut sebagai artefak. Tujuan dari kegiatan ini adalah melakukan pengecekan stabilitas

dan performa alat HVAS rakitan lokal saat melakukan sampling. Informasi ini akan berguna untuk mendapatkan kinerja berbagai jenis alat HVAS rakitan yang tersebar di Indonesia, dan memberikan informasi lebih akurat kepada laboratorium pengguna.

2. Metodologi

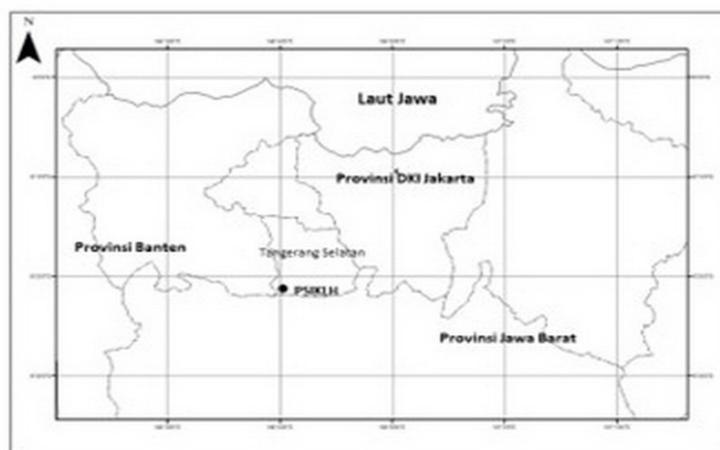
Pelaksanaan uji stabilitas dilakukan melalui tahapan pemilihan artefak HVAS dan penimbangan filter awal. Pelaksanaan pengambilan data dilakukan setelah dilakukan kalibrasi HVAS, kemudian setelah 24 jam sampling dilakukan penimbangan filter akhir. Dilakukan kalibrasi kembali terhadap HVAS tersebut sebelum dilakukan sampling berikutnya. Metode kalibrasi dilakukan dengan membandingkan aliran HVAS terukur dengan aliran kalibrator tertelusur. Proses pengambilan data dilakukan sebanyak 5 (lima) kali.

2.1 Lokasi

Uji stabilitas alat HVAS dan pengambilan contoh TSP dilakukan di PSIKLH Gedung Metrologi dan Merkuri (Gambar 1) dengan titik GPS $6^{\circ}21'33,51''$ S $106^{\circ}40'19,50''$ E pada tanggal 14-28 Juli 2022. Penempatan alat sampling HVAS (Gambar 2) mengacu pada SNI 19-7119.6-2005 bagian 6.

2.2 Peralatan dan Bahan

Skema alat sampling TSP terdiri dari rangkaian peralatan di Gambar 3. HVAS yang digunakan dalam pengujian ini terdiri dari 4 (empat) jenis yaitu HVAS SIBATA HV 1000F (HVAS A), SIBATA 1000R (HVAS B), HVAS pabrikan yang dimodifikasi (HVAS C), serta HVAS lokal (HVAS D) dan HVAS lokal (HVAS E) Peralatan yang digunakan terdiri dari neraca analitik dan kalibrator untuk HVAS, X-Calibrator Tisch TE-HV-V/0073 kapasitas 100 L/min – 1200 L/min (Gambar 4), yang tertelusur ke satuan SI melalui BTMP-BPPT (LK-019 IDN) dan Tisch Environmental (Tisch, 2019). Bahan



Gambar 1. Lokasi sampling PSIKLH Serpong



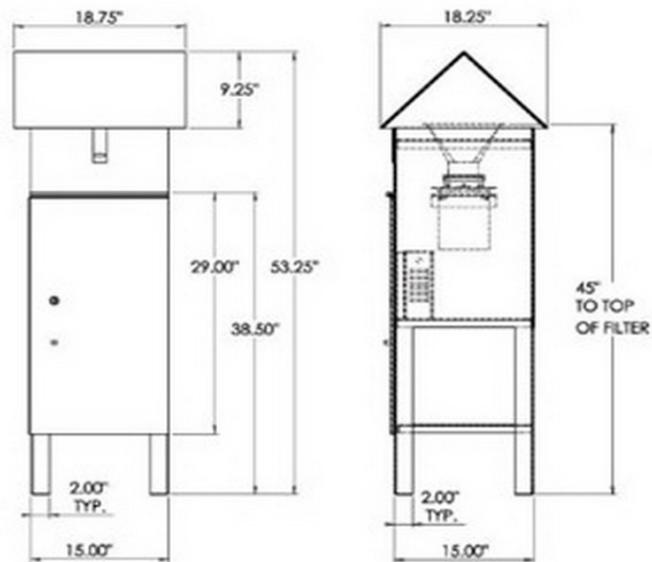
Gambar 2. Penempatan Alat Sampling HVAS di PSIKLH Gedung Metrologi dan Merkuri

yang digunakan adalah filter *fiber glass* ADVANTEC berukuran 20,3 cm x 25,4 cm.

2.3 Metode Pengujian

Untuk mengetahui kinerja masing-masing alat, dilakukan uji stabilitas alat HVAS yang mengacu pada IK 11/KL/PSIKLH tentang Kalibrasi HVAS. Metode yang dilakukan adalah membandingkan aliran aktual terukur (HVAS) dengan aliran aktual referensi (kalibrator) yang mempunyai kemampuan lebih dan ketelusuran nilai pada standar nasional atau internasional. Kalibrasi

dilakukan setiap sebelum sampling, dalam kegiatan ini dilakukan sebanyak 5 (lima) kali untuk HVAS A, HVAS B, HVAS C, dan HVAS D. Kalibrasi dan sampling menggunakan HVAS E hanya dilakukan satu kali untuk mengkonfirmasi kondisi HVAS rakitan lokal. Metode sampling TSP mengacu pada SNI 19-7119.3-2017 Bagian 3: Cara Uji Partikel Tersuspensi Total Menggunakan Peralatan *High Volume Air Sampler* (HVAS) dengan Metode Gravimetri. Filter kosong ditimbang terlebih dahulu untuk mengetahui berat awalnya. Filter kemudian dipasang



Gambar 3. Skema alat HVAS



Gambar 4. X-Calibrator HVAS Tisch

pada alat *High Volume Air Sampler* (HVAS) untuk menangkap partikulat yang berada di udara selama 24 jam. Dengan mengetahui berat partikulat dan jumlah volume udara yang diperoleh dari alat, maka konsentrasi TSP dapat dihitung dalam satuan $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

2.4 Perhitungan

Estimasi ketidakpastian hasil kalibrasi HVAS memperhitungkan komponen pengulangan pengukuran, laju alir kalibrator, koreksi tekanan HVAS, koreksi suhu HVAS, dan faktor sumber daya baca. Setelah itu

dilakukan perhitungan ketidakpastian baku gabungan sesuai yang tertera pada IK-11/KL/PSIKLH (PSIKLH, 2022).

2.5 Pengolahan Data

Pengolahan data secara statistik dilakukan dengan menggunakan *software* Excel dan GraphPad Prism 5, yaitu dengan membandingkan hasil seri kalibrasi untuk masing-masing HVAS, dan hasil pengujian TSP di udara ambien.

3. Hasil dan Pembahasan

Uji stabilitas alat HVAS diperoleh dari hasil kalibrasi masing-masing peralatan. Hasil kalibrasi dilakukan dengan kondisi akomodasi, tekanan (P) rata-rata $750 \pm 0,0$ mmHg dan temperatur ruangan $20,6 \pm 0,3^\circ\text{C}$. Berikut adalah contoh hasil kalibrasi masing-masing alat HVAS diambil pada tanggal 14 Juli 2022 dan 27 Juli 2022.

Poin standar pengukuran dilakukan pada laju alir 900, 1000, 1100, dan 1200

L/menit, kemudian dilakukan perhitungan deviasi, LWL (*Lower Warning Limit*), UWL (*Upper Warning Limit*), LCL (*Lower Control Limit*), dan UCL (*Upper Control Limit*). Hasil di antara LWL dan UWL dapat diterima; hasil di antara – LCL dan UWL – UCL masuk kategori meragukan, pada LCL dan UCL dan di luarnya dikategorikan ditolak. Batas-batas/garis UCL-LCL, UWL-

Tabel 1. Hasil Kalibrasi HVAS

Tanggal Kalibrasi	Orifice Transfer Standard, Qstd (LPM)	UUT HVAS (LPM)	Koreksi (LPM)	Ketidakpastian, k=2; CL=95%
HVAS A				
14 Juli 2022	904,56	901,38	3,18	1,23
	1002,00	1012,58	-10,58	1,23
	1102,40	1102,22	0,18	1,24
	1202,20	1201,72	0,48	1,24
27 Juli 2022	902,60	900,18	2,42	1,26
	1003,66	1000,98	2,68	1,27
	1097,20	1100,06	-2,86	1,23
	1196,80	1200,26	-3,46	1,23
HVAS B				
14 Juli 2022	901,06	900,70	0,36	1,23
	996,00	1000,58	-4,58	1,23
	1091,00	1100,46	-9,46	1,24
	1191,80	1200,78	-8,98	1,24
27 Juli 2022	906,64	901,44	5,20	1,23
	1005,20	1000,10	5,10	1,24
	1104,60	1101,06	3,54	1,23
	1207,60	1201,86	5,74	1,24
HVAS C				
14 Juli 2022	906,14	800,00	106,14	1,24
	1000,14	1000,00	0,14	1,23
	1099,40	1100,00	-0,60	1,23
	1198,80	1200,00	-1,20	1,24
27 Juli 2022	953,42	900,00	53,42	1,26
	1026,40	1000,00	26,40	1,23
	1098,80	1100,00	-1,20	1,24
	1200,00	1200,00	0,00	1,24
HVAS D				
14 Juli 2022	900,22	850,00	50,22	1,23
	1002,40	1000,00	2,40	1,25
	1099,60	1100,00	-0,40	1,23
	1205,20	1200,00	5,20	1,24
27 Juli 2022	950,76	900,00	50,76	1,25
	1001,60	1000,00	1,60	1,23
	1099,60	1100,00	-0,40	1,25
	1200,00	1200,00	0,00	1,23

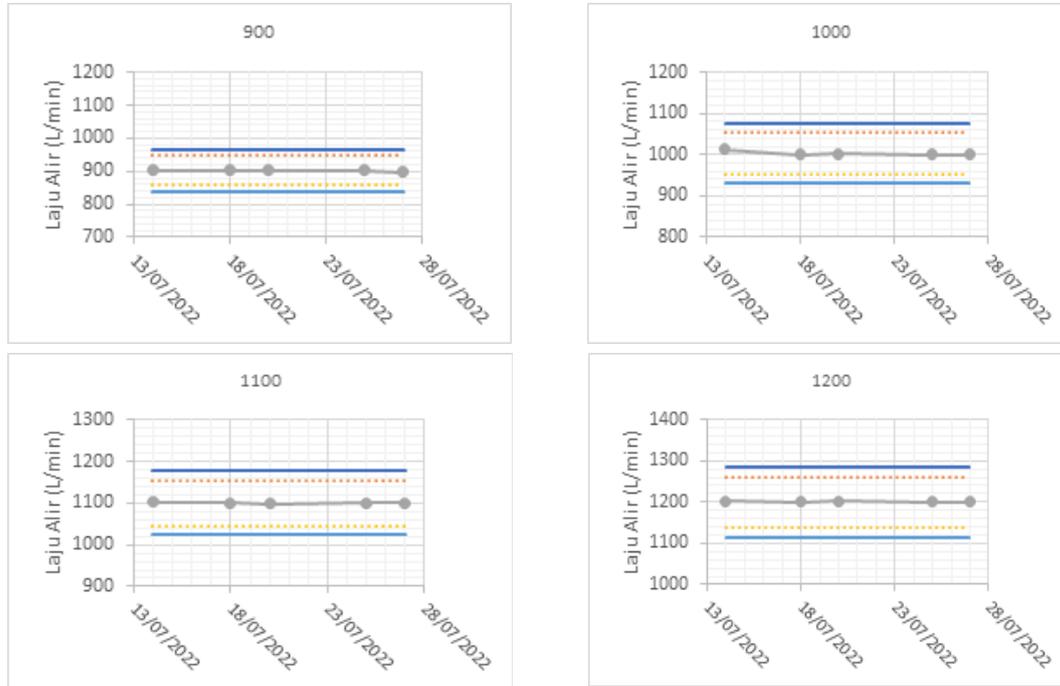
Sumber: Data Primer (2022)

Catatan: Data yang ditampilkan sebanyak 2 dari 5 data yaitu data tanggal 14 dan 27 Juli 2022

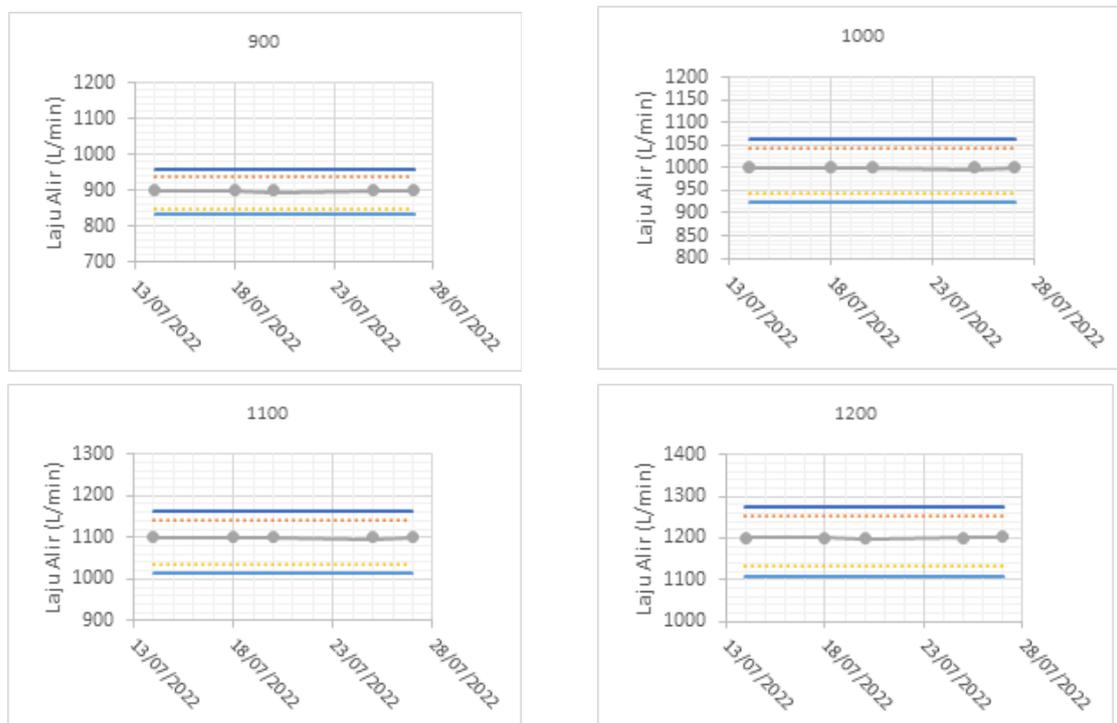
LWL dipakai untuk mengendalikan kinerja laboratorium selanjutnya. Toleransi untuk HVAS merk SIBATA diketahui sebesar 5% (Sibata, 2012). Berikut ini adalah *control chart* untuk masing-masing HVAS, dimana

kalibrasi dilakukan pada tanggal 14 Juli, 18 Juli, 20 Juli, 25 Juli, dan 27 Juli 2022.

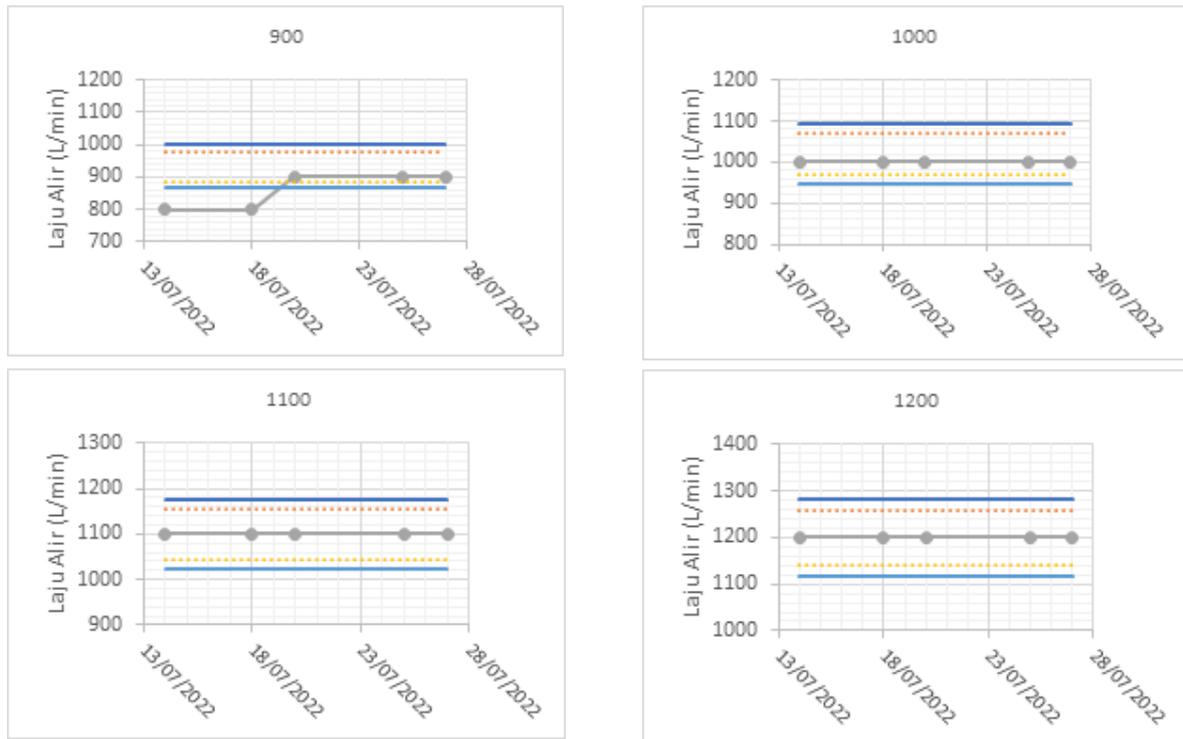
Hasil uji stabilitas HVAS A dan HVAS B yang ditunjukkan pada *control chart*



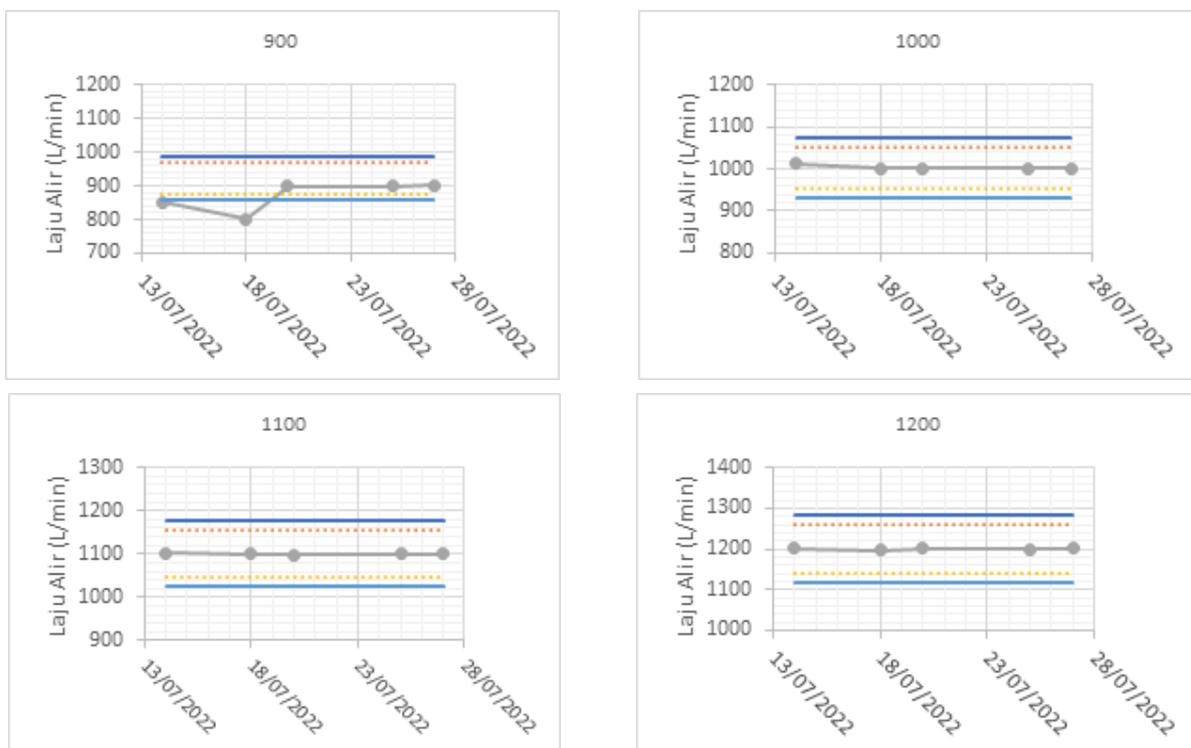
Gambar 5. *Control Chart* untuk Hasil Kalibrasi HVAS A



Gambar 6. *Control Chart* untuk Hasil Kalibrasi HVAS SIBATA B



Gambar 7. Control Chart untuk Hasil Kalibrasi HVAS C



Gambar 8. Control Chart untuk Hasil Kalibrasi HVAS D

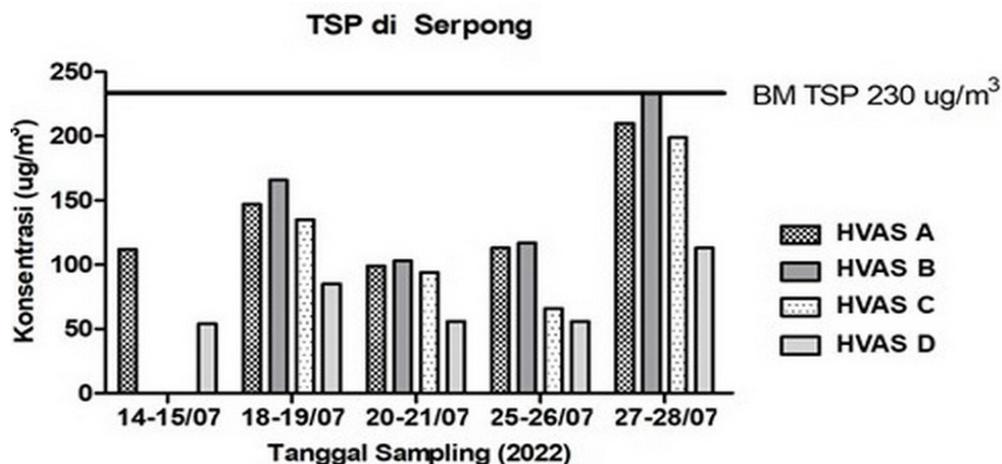
menunjukkan nilai relatif stabil pada laju alir 900-1200 L/menit. Berdasarkan hasil pengendalian mutu dengan menggunakan *control chart*, fluktuasi hasil kalibrasi terjadi pada alat HVAS C dan HVAS D pada laju alir rendah. Berdasarkan SNI 7119-3:2017 pengambilan contoh uji partikel tersuspensi total menggunakan peralatan HVAS dilakukan dengan nilai rata-rata laju alir 1100 L/min sampai dengan 1700 L/min. Beberapa alat HVAS menggunakan mesin pompa udara vakum yang dioptimalisasi pada rentang laju alir tersebut sehingga saat dikalibrasi pada laju alir rendah pompa vakum tidak dapat bekerja secara optimal dan menghasilkan laju alir yang tidak sesuai dengan standar. Secara keseluruhan, hasil uji stabilitas ini menunjukkan bahwa seluruh HVAS relatif stabil selama periode pengambilan sampling.

Dalam hal kalibrator sendiri, US EPA merekomendasikan sertifikasi ulang setiap tahun untuk orifice yang digunakan untuk kalibrasi HVAS, terutama apabila mengalami kerusakan atau terjadi modifikasi. Kalibrasi ini harus dilakukan untuk memastikan bahwa peralatan sampling mampu menghasilkan data secara akurat (Tisch, 2019).

Baku mutu parameter TSP dalam PP No 22 Tahun 2021 tentang Baku Mutu Udara

Ambien Nasional adalah $230 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Dari hasil pemantauan ini, konsentrasi TSP pada hari-hari sampling dengan menggunakan alat HVAS yang berbeda bervariasi mulai dari 54 sampai $234 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Konsentrasi TSP tertinggi dalam periode sampling tanggal 14 – 28 Juli 2022 terjadi pada tanggal 27-28 Juli 2022 yaitu $234 \mu\text{g}/\text{m}^3$, dihasilkan dari sampling TSP menggunakan alat HVAS B.

Pada tanggal 14-15 Juli 2022, proses sampling menggunakan alat HVAS B dan HVAS C mengalami kegagalan, karena terputus dari aliran listrik sehingga hasil sampling tidak dapat digunakan. Secara umum dari total 5x pengulangan sampling, konsentrasi TSP yang diperoleh dengan menggunakan HVAS A dan HVAS B yaitu HVAS SIBATA dengan tipe/model HV-1000F dan HV-1000R memberikan hasil relatif serupa. Dari sebanyak 4x pengulangan, HVAS B menunjukkan nilai TSP yang paling tinggi. Konsentrasi TSP yang dihasilkan oleh HVAS C berada di bawah B, sedangkan HVAS D berada di posisi terakhir. Dengan mengasumsikan HVAS B, yang secara konsisten menghasilkan nilai TSP paling tinggi pada setiap proses pengambilan sampel, sebagai nilai acuan, maka selisih nilai TSP dari masing-masing HVAS dapat dilihat pada tabel 2.



Gambar 9. Konsentrasi TSP di Serpong

Tabel 2. Persentasi Hasil Jenis-jenis HVAS terhadap HVAS B

HVAS A	HVAS C (%)	HVAS D
90	83	52
96	90	54
97	56	48
89	85	48
93 ± 4	79 ± 15	51 ± 3

Sumber : Data primer (2022)

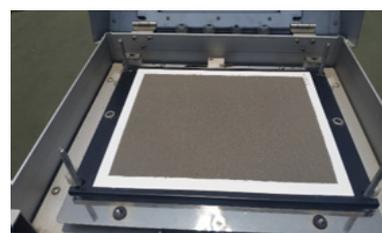
Selisih nilai TSP yang diambil menggunakan HVAS D mencapai rata-rata 51% lebih rendah daripada nilai TSP yang dihasilkan oleh HVAS B. Melalui pengamatan di lapangan, diketahui bahwa pada HVAS D terdapat kebocoran pada *filter holder* dari arah samping, sehingga partikulat yang dihisap tidak seluruhnya tertampung di permukaan filter. Hal ini diakibatkan oleh

adanya kekurangan desain *filter holder* yang terdapat pada HVAS D yang membuat aliran menjadi tidak kedap. Permukaan kasa di bagian *filter holder* pada alat tersebut terlihat tidak rata sehingga berpotensi menekan filter sehingga menyebabkan posisi filter seperti menggebu di bagian tengah, ditambah dengan tekanan pompa vakum yang dapat menyebabkan filter menjadi robek atau melebar sampai memenuhi permukaan filter. Hal tersebut menyebabkan partikulat tidak terdeposit di atas permukaan filter secara sempurna dan berpotensi memiliki nilai TSP lebih kecil bila dibandingkan dengan lainnya. Posisi *filter holder* tidak sempurna yang menyebabkan filter robek dapat dilihat pada Gambar 10.

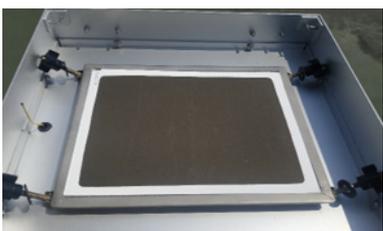
Proses sampling dilakukan sekali lagi dengan menggunakan HVAS rakitan lokal



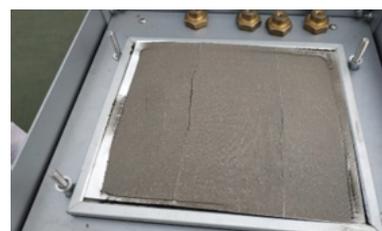
(a)



(b)



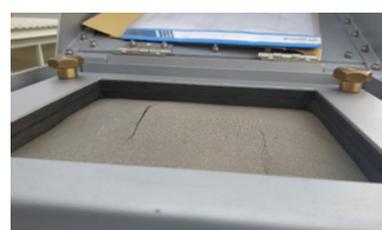
(c)



(d)



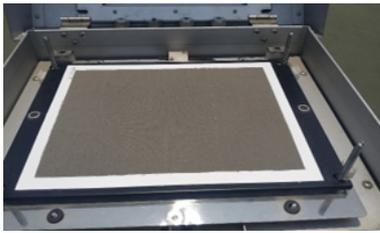
(e)



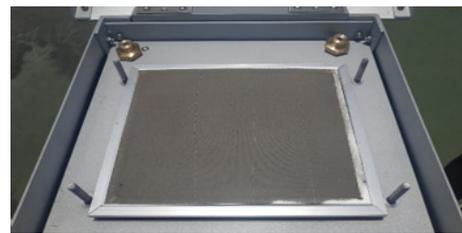
(f)

Sumber: PSIKLH (2022)

Gambar 10. Kondisi filter pada HVAS A(a), B(b), C(c), dan HVAS D (d,e,f) saat pengujian



(a)



(b)

Sumber: PSIKLH (2022)

Gambar 11. Kondisi filter pada HVAS B(a) dan HVAS E(b) saat pengujian

(E) bersamaan dengan HVAS B sebagai pembanding. HVAS E ini memiliki model yang sama dengan HVAS lokal (D) namun dengan desain *filter holder* baru. Perlakuan ini tidak menjadi bagian dari uji banding beberapa HVAS, hanya untuk melakukan konfirmasi terhadap HVAS rakitan lokal.

Dari hasil sampling didapatkan nilai TSP untuk HVAS B sebesar $114 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sementara HVAS E sebesar $101 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Desain *filter holder* yang baru pada HVAS E tidak membuat filter robek saat pengoperasian alat HVAS. Desain tersebut masih belum dapat meminimalisir kebocoran dari sisi samping di sekeliling filter dan membuat aliran menjadi tidak kedap seperti dapat dilihat pada Gambar 11. Dari 2 (dua) HVAS rakitan lokal yang diujikan, ternyata keduanya memiliki kekurangan di bagian *filter holder*. Hasil ini belum dapat merepresentasikan kualitas HVAS lokal secara keseluruhan, namun dapat menjadi masukan dan tugas bagi para perakit HVAS lokal di Indonesia untuk meningkatkan kualitas.

4. Simpulan

Desain alat HVAS yang tepat dan baik menentukan performa peralatan saat sampling. HVAS rakitan lokal yang digunakan saat kajian di PSIKLH ini memiliki kekurangan di bagian *filter holder*nya, sehingga menyebabkan hasil TSP yang diperoleh jauh berbeda dengan hasil TSP dari alat yang lainnya. Konsentrasi TSP di udara ambien selama pengamatan

menggunakan 4 (empat) alat HVAS berbeda untuk masing-masing alatnya. HVAS A, B, dan C cenderung sama dengan perbedaan berkisar antara 4-20%, sedangkan untuk HVAS D memiliki perbedaan hasil konsentrasi TSP paling besar mencapai 49%. Rata-rata hasil pengujian TSP pada periode pengujian tanggal 14-28 Juli 2022 berada di bawah baku mutu PP No 22/2021 Lampiran VII tentang Baku Mutu Udara Ambien. Hasil pengukuran TSP di udara ambien menggunakan HVAS SIBATA HV-1000R pada tanggal 27-28 Juli 2022 adalah melebihi baku mutu yaitu $234 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

5. Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PSIKLH atas sumber daya dan fasilitas yang tersedia, serta kepada siswa Praktek Kerja Lapangan SMKN 2 Tangerang, Muhammad Soleh, yang telah membantu kegiatan pengujian di laboratorium kalibrasi dan di laboratorium udara.

6. Kepengarangan

Seluruh penulis berkontribusi dalam melakukan penyusunan makalah menjadi suatu kesatuan tak terpisahkan. Penulis ke satu melakukan kalibrasi, pengolahan data, dan penyusunan naskah. Penulis ke dua melakukan kalibrasi, sampling, pengujian, dan pelaporan hasil.

Daftar Pustaka

- Almuhanna, E. A. (2015). Dustfall associated with dust storms in the Al-Ahsa Oasis of Saudi Arabia. *Open Journal of Air Pollution*, 4(2), 11. doi://10.4236/ojap.2015.42007.
- Biglari, H., Geravandi, S., Mohammadi, M. J., Porazmeyer, E. J., Chaturkova, R. Z., Khaniabadi, Y. O., . . . Yari, A. R. (2017). Relationship between air particulate matter and meteorological parameters. *Fresenius Environmental Bulletin*, 26(6), 4047-4056.
- BSN. (2017a). SNI 19-7119.3-2017 tentang udara ambien - bagian 3: Cara uji partikel tersuspensi total menggunakan peralatan high volume air sampler (HVAS) dengan metode gravimetri. Jakarta: BSN.
- BSN. (2017b). SNI ISO/IEC 17025:2017 *Persyaratan umum kompetensi laboratorium pengujian dan laboratorium kalibrasi*. Jakarta: BSN.
- Cruz-Campas, M., Ramirez-Leal, R., & Lopez-Perez, N. (2019). TSP analysis performed by SEM-EDS to air quality studies. *Microscopy and Microanalysis*, 25(S2), 768-769.
- Dominici, F., Greenstone, M., & Sunstein, C. R. (2014). Particulate matter. *Science*, 344(6181), 257-259.
- Kim, K.-H., Kabir, E., & Kabir, S. (2015). A review on the human health impact of airborne particulate matter. *Environment International*, 74, 136-143.
- PSIKLH. (2022). Instruksi kerja kalibrasi high volume air sampler. Serpong.
- Qiao, Q., Huang, B., Zhang, C., Piper, J. D., Pan, Y., & Sun, Y. (2013). Assessment of heavy metal contamination of dustfall in northern China from integrated chemical and magnetic investigation. *Atmospheric Environment*, 74, 182-193.
- Ramirez-Leal, R. (2020). Elemental morphological and chemical characterization of individual TSP particles by SEM-EDS. *Microscopy and Microanalysis*, 26(S2), 2202-2204.
- Russell, A. G., & Brunekreef, B. (2009). A focus on particulate matter and health: ACS Publications.
- Sibata. (2012). SIBATA high volume air sampler. In Sibata (Ed.). Saitama.
- Tisch. (2019). Calibration Equipment. Retrieved from <https://tisch-env.com/calibration-equipment>
- Vallero, D. (2014). *Fundamentals of air pollution*: Academic Press
- Wang, T., Rovira, J., Sierra, J., Chen, S.-J., Mai, B.-X., Schuhmacher, M., & Domingo, J. L. (2019). Characterization and risk assessment of total suspended particles (TSP) and fine particles (PM_{2.5}) in a rural transformational e-waste recycling region of Southern China. *Science of the Total Environment*, 692, 432-440.
- Yuwono, A. S. (2012). Rancang bangun dan uji kinerja high volume air sampler untuk mengukur total suspended particulate. *Jurnal Purifikasi*, 13(1), 65-75.
- Zhang, R., Wang, G., Guo, S., Zamora, M. L., Ying, Q., Lin, Y., . . . Wang, Y. (2015). Formation of urban fine particulate matter. *Chemical reviews*, 115(10), 3803-3855.