

RANCANG BANGUN DAN UJI KINERJA *HIGH VOLUME AIR SAMPLER* UNTUK MENGUKUR *TOTAL SUSPENDED PARTICULATE*

DESIGN AND PERFORMANCE TEST OF HIGH VOLUME AIR SAMPLER TO MEASURE TOTAL SUSPENDED PARTICULATE

Arief Sabdo Yuwono ^{*1)} dan Astiti Puriwigati¹⁾

**¹⁾Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan-IPB
Kampus IPB Darmaga, PO Box 220 Bogor 16002**

^{*)}E-mail: arief_sabdo_yuwono@yahoo.co.id

Abstrak

Total Suspended Particulate (TSP) adalah partikel halus dalam udara ambien yang mengendap sangat lambat dan biasanya diukur menggunakan *High Volume Air Sampler (HVAS)*. HVAS perlu memenuhi beberapa kriteria desain, diantaranya mampu menghasilkan kecepatan volumetrik udara sebesar 1,13 sampai 1,70 m³/menit. Pada penelitian ini, dihasilkan empat (4) buah HVAS dengan menggunakan jenis kipas dan pompa udara yang berbeda-beda, yaitu kipas sentrifugal, kipas aksial, pompa vakum 600 Watt dan pompa vakum 1000 Watt. Pada saat alat beroperasi, kecepatan volumetrik udara terbesar dihasilkan oleh HVAS dengan pompa vakum 1000 Watt, yaitu sebesar 0,518 m³/menit. Hasil uji kinerja dengan membandingkan antara HVAS hasil rancangan dengan HVAS acuan menunjukkan bahwa konsentrasi TSP udara ambien hasil pengukuran HVAS rancangan sebesar 60,3% hasil pengujian dengan HVAS acuan.

Kata kunci: *High Volume Air Sampler*, kualitas udara ambien, partikulat, TSP

Abstract

Total suspended particulate (TSP) is fine particles in ambient air that settles very slowly and is normally measured using *High Volume Air Sampler (HVAS)*. A HVAS should meet several design criteria, such as air flow rate of 1.13 to 1.70 m³/min according to national standard (SNI). This research produced four HVAS units using different types of fan and air vacuum pumps, i.e. centrifugal fan, axial fan, vacuum pumps with the power of 600 Watt and 1000 Watt. During performance test, the highest flow rate in the order of 0,518 m³/min was produced by 1000 Watt vacuum pump HVAS. Comparison test between designed HVAS and the reference HVAS showed that the ambient TSP concentration was 60.3% of those measured by reference HVAS.

Keywords: *ambient air quality, High Volume Air Sampler, particulate matter, TSP*

1. PENDAHULUAN

Dalam Peraturan Pemerintah No. 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara (Anonim, 2004) disebutkan bahwa TSP (*total suspended particulate*) merupakan salah satu parameter kualitas udara ambien. *Suspendable particles (suspended particulate)* atau partikel debu tersuspensi adalah padatan halus dalam udara ambien yang mengendap sangat lambat dan akan tetap tinggal di atmosfer hingga terlarut bersama air hujan. Ukuran maksimumnya adalah sekitar 10 mikron (de Nevers, 1995).

Keberadaan partikel debu ini dapat memberikan dampak negatif bagi lingkungan (Artiola *et al.*, 2004) dan kesehatan manusia terutama pada saluran pernafasan (Zhang, 2005). Pengukuran konsentrasi TSP udara ambien saat ini umumnya menggunakan *High Volume Air Sampler* (HVAS) dimana udara ambien dihisap dengan kecepatan volumetrik berkisar antara 1,13 sampai 1,70 m³/menit sesuai dengan SNI 19-7119.3-2005 (Anonim, 2005) kemudian dialirkan melalui filter. Pengukuran dengan menggunakan metode ini memiliki tingkat akurasi cukup tinggi. Namun demikian, aplikasi metode ini juga memerlukan biaya cukup mahal karena peralatan yang digunakan masih diproduksi di luar negeri. Oleh karena itu, diperlukan langkah inovatif agar alat *sampling* TSP dapat diproduksi di Indonesia dengan harapan agar harga alat tersebut lebih murah serta mudah perawatannya karena suku cadangnya tersedia di dalam negeri. Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut: Merancang dan membangun *High Volume Air Sampler* (HVAS) yang *portable* dengan menggunakan bahan-bahan lokal yang mudah diperoleh di Indonesia. Kedua, melakukan uji kinerja dengan menentukan besarnya penurunan kecepatan volumetrik udara alat HVAS hasil rancangan dengan aplikasi filter. Menghitung rasio konsentrasi TSP udara ambien yang diukur dengan unit HVAS hasil rancangan

terhadap HVAS acuan. Mengukur tingkat kebisingan yang ditimbulkan dari operasi HVAS hasil rancangan.

2. METODA

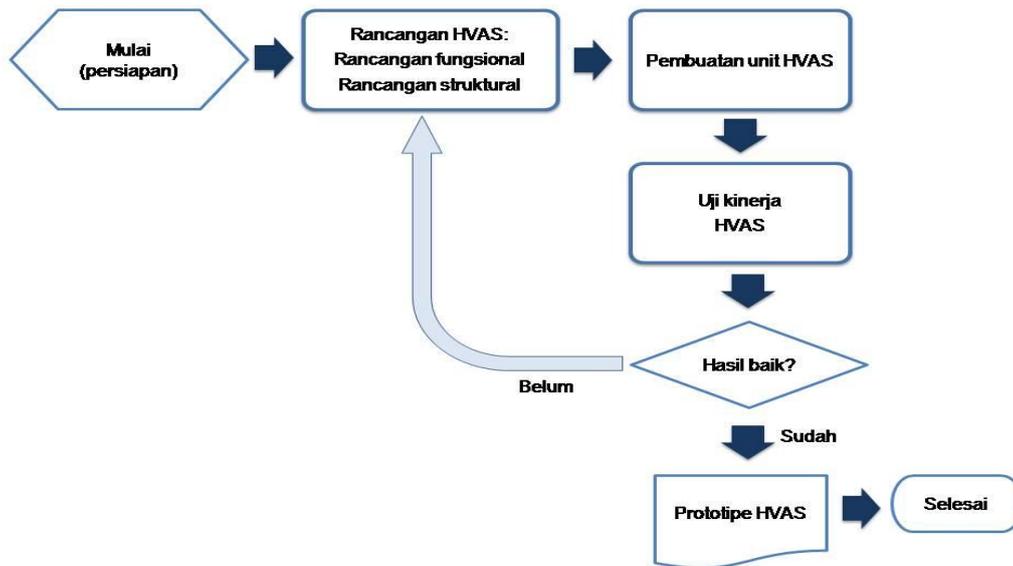
Tahapan penelitian dibagi menjadi perancangan unit, pembuatan unit, dan uji kinerja. Secara garis besar, metodologi kajian ditunjukkan pada Gambar 1. Apabila hasil sudah baik maka akan terbangun unit HVAS. Sedangkan bila HVAS yang dirancang-bangun belum memenuhi standar maka akan dilakukan perbaikan rancangan dan pengembangannya.

Rancangan Fungsional

Secara umum, *High Volume Air Sampler* (HVAS) memiliki beberapa komponen utama, yaitu kipas, dinamo, *casing*, pengunci filter, filter dan tombol pengatur on/off. Masing-masing komponen tersebut memiliki fungsi seperti disajikan dalam Tabel 1.

Rancangan Struktural

Berdasarkan tujuan dari penelitian ini, maka dirancang empat (4) buah HVAS dengan bentuk dan kipas/pompa udara yang berbeda-beda untuk kemudian dibandingkan kinerjanya. Instrumen HVAS terdiri dari beberapa komponen, yaitu *inlet*, penyangga filter, penggerak udara, pengontrol laju alir dan *timer*. Uraian singkat tentang komponen struktur HVAS disajikan dalam bagian berikut. Dalam penelitian ini dibuat empat buah rancangan HVAS dengan jenis pompa yang berbeda-beda, yaitu sentrifugal, aksial, pompa vakum kapasitas sedang dan pompa vakum kapasitas besar. Spesifikasi dari setiap kipas/pompa udara beserta dinamonya dapat dilihat pada Tabel 2 *Casing* atau pelindung alat dirancang sesuai dengan bentuk dan dimensi kipas/pompa udara yang digunakan. Bahan yang digunakan disesuaikan dengan kebutuhan. Material dasar *casing* adalah baja (*stainless steel*) dan polimer (PVC).



Gambar 1. Metodologi kajian

Tabel 1. Komponen utama HVAS dan fungsinya

Komponen Utama	Fungsi
Kipas/pompa udara	Menghisap udara dari lingkungan
Motor listrik	Memutar kipas
Casing	Melindungi kipas/pompa dan komponen di dalamnya
Pengunci filter	Mengunci filter atau mempertahankan posisi filter
Filter	Menyaring partikel berukuran lebih besar dari 0,45 µm
Tombol on/off	Mengaktifkan dan mematikan motor listrik

Tabel 2. Spesifikasi kipas/pompa udara dan dinamo yang digunakan

Jenis kipas/pompa	Diameter (inci)	Spesifikasi dinamo/motor
Sentrifugal	3	50 Hz; 28 W; 0,13 A; 2680 rpm
Aksial	8	50/60 Hz; 65/75 W; 0,29/0,33A; 230 V; 2500/2700 rpm
Vakum #1	4	240 V; 50 Hz; 600 Watt
Vakum #2	5	230; 50 Hz; 1000 Watt

Untuk HVAS yang menggunakan pompa sentrifugal dan vakum 600 W, pengunci filter yang digunakan berupa pengait dinamis berukuran kecil yang terdapat di pasaran. Sedangkan untuk HVAS dengan menggunakan kipas aksial dan vakum 1000 W, pengunci filter dibuat khusus dengan mesin bubut dan dibuat sepasang ulir agar mudah untuk dibuka-tutup. Filter yang digunakan merupakan filter standar berbahan *fiber glass* dengan ukuran pori pada filter yaitu berkisar antara 0,3-0,45 μm . Dimensi filter disesuaikan dengan ukuran inlet pada rancangan.

Uji Kinerja

Pengukuran Kecepatan Volumetrik Udara

Kecepatan volumetrik adalah banyaknya volume udara yang dapat dipindahkan per satuan waktu. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan anemometer dengan merk dan tipe Extech 451104. Pengukuran kecepatan volumetrik udara dilakukan sebanyak lima kali pembacaan pada anemometer dan tiga kali ulangan untuk setiap unit HVAS hasil rancangan. Perlakuan yang digunakan yaitu pengukuran tanpa filter dan pengukuran dengan aplikasi filter.

Perhitungan Penurunan Kecepatan Volumetrik Akibat Aplikasi Filter

Setelah diperoleh hasil pengukuran kecepatan volumetrik unit tanpa filter dan dengan aplikasi filter, kemudian dilakukan perhitungan besarnya penurunan kecepatan volumetrik udara akibat aplikasi filter pada alat.

Perhitungan Rasio Hasil Pengukuran Konsentrasi TSP

Penentuan rasio hasil pengukuran konsentrasi TSP dilakukan dengan membandingkan hasil kinerja antara unit yang dirancang dengan alat *High Volume Air Sampler* buatan Amerika yang telah ada di pasaran sebagai instrumen acuan. Besaran yang akan dibandingkan berupa berat partikel yang dapat disaring oleh filter.

Pengambilan sampel dilakukan selama 45 menit dengan menggunakan dua instrumen sekaligus, yaitu unit hasil rancangan dengan hasil terbaik dan instrumen acuan. Selama pengujian berlangsung, dilakukan pengukuran debit udara, baik ketika memulai pengujian maupun saat akhir pengujian. Selanjutnya, sampel dibawa ke laboratorium untuk dianalisis.

Pengukuran Tingkat Kebisingan HVAS Hasil Rancangan

Pengukuran kebisingan dilakukan untuk mengetahui tingkat keamanan dalam penggunaan HVAS. Kebisingan pada tingkat lebih dari 85 dB dan berlangsung secara kontinu selama 8 jam dapat menyebabkan kehilangan pendengaran pada manusia (Ladou, 2007). Pengukuran tingkat kebisingan dilakukan di ruangan terbuka dengan menggunakan *sound level meter*. Jarak antara alat ukur tingkat kebisingan dengan sumber bising adalah 5 meter dan diberi notasi sebagai " r_1 ".

Pembacaan angka dilakukan setiap 10 detik selama 5 menit sesuai dengan aturan dalam Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 48 Tahun 1996 tentang Baku Tingkat Kebisingan. Setelah itu, seluruh angka yang telah terbaca dihitung nilai rata-ratanya dan kemudian ditentukan tingkat kebisingan pada jarak 10 meter, 15 meter, 20 meter, dan seterusnya hingga 100 meter.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Rancang bangun HVAS

Pada studi ini, dibuat empat buah unit HVAS dengan menggunakan jenis kipas yang berbeda-beda dengan tujuan untuk mengetahui besarnya penurunan kecepatan volumetrik udara untuk setiap jenis kipas. Untuk memudahkan penjelasan selanjutnya maka masing-masing unit diberi nama seperti disajikan dalam Tabel 3. *Casing* untuk HVAS-V1 berupa pipa dengan bahan PVC. Karena ukuran motor yang relatif kecil, maka

digunakan sambungan *reducer* pipa PVC untuk pipa ukuran 4 inchi ke 2 inchi (4"×2").

Tabel 3. Penamaan HVAS berdasarkan jenis kipas dan pompa udara

Nama Unit	Jenis Pompa/Kipas	Daya (Watt)	Motor
HVAS-S1	Sentrifugal	28	
HVAS-A1	Aksial	65/75	
HVAS-V1	Vakum	600	
HVAS-V2	Vakum	1000	

Panjang sambungan pipa tersebut 18 cm dan sangat sesuai untuk motor vakum yang digunakan. Motor vakum yang digunakan sudah memiliki potensiometer sehingga kecepatan putar motor dapat diatur.

Untuk tujuan keamanan, pengatur kecepatan putar motor dan tombol on/off motor diberi kotak pelindung (Gambar 3). Penyangga filter terbuat dari kawat nyamuk berbahan aluminium dan akrilik (*acrylic*). Sama halnya dengan HVAS-S1, filter dan penyangga filter tersebut dijepit oleh pelat ring berbahan besi berdiameter luar 6,8 cm dan diameter dalam 4,7 cm serta dikencangkan oleh tiga buah pengunci di sisi melingkarnya (Gambar 4).

HVAS-S1

Pada HVAS-S1 ini, jenis kipas sentrifugal yang digunakan adalah jenis *backward inclined* dengan Merk Windy Model DB-85. HVAS-S1 menggunakan sambungan *reducer* pipa PVC ukuran 3 inchi ke 2,5 inchi (3"×2,5"), filter serat kaca, ring plat, kawat nyamuk, 3 buah pengunci filter dan *steker*.

Pada HVAS-S1 udara dihisap melalui saluran inlet yang berukuran 3 inchi kemudian keluar melalui saluran outlet berukuran 25 cm². Untuk menyesuaikan dengan filter yang digunakan yang berukuran 5 cm, maka inlet pada HVAS-S1 dirancang berukuran 2 inchi.

HVAS-A1

Rancangan kedua yaitu HVAS dengan menggunakan kipas aksial sebagai penggerak udara. Seperti disajikan pada Gambar 2, *casing* kipas HVAS-A1 menggunakan bahan *stainless steel* dengan ketebalan 1 mm agar tidak berkarat, awet dan memiliki bobot yang relatif ringan. Ukuran lubang inlet pada HVAS-A1 dibuat sedikit lebih besar daripada rancangan sebelumnya, yaitu berdiameter 6 cm. Pengunci filter dibuat dengan sistem ulir agar mudah untuk dibuka-tutup. Penutup belakang *casing* HVAS-A1 menggunakan plat *stainless steel* berlubang 8 mm di seluruh permukaannya sehingga gerakan udara dapat berjalan dengan baik.

Penurunan Kecepatan Volumetrik Udara

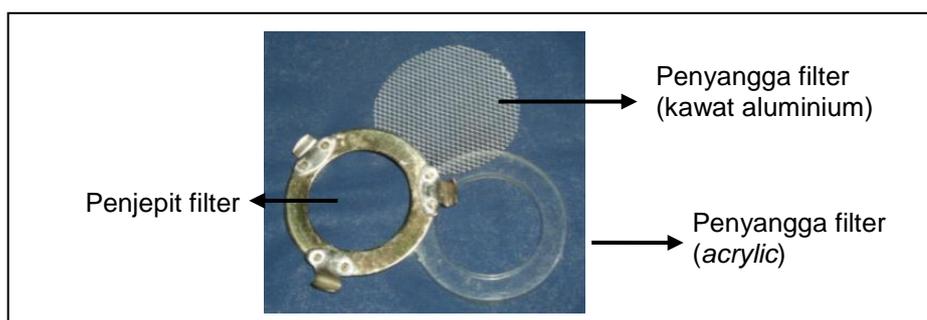
Ketika filter standar berbahan serat kaca (*fiber glass*) diaplikasikan pada alat HVAS, maka akan terjadi penurunan kecepatan volumetrik udara karena aliran udara terhambat oleh filter tersebut. Berdasarkan besarnya penurunan kecepatan volumetrik tersebut dapat diketahui besarnya kapasitas motor yang seharusnya digunakan untuk perancangan HVAS. Hasil pengukuran penurunan kecepatan volumetrik udara HVAS hasil rancangan disajikan dalam Tabel 4. Pada HVAS-S1 dan HVAS-A1 dengan aplikasi filter kecepatan volumetrik udara tidak terdeteksi oleh anemometer. Untuk HVAS-S1, tidak adanya aliran udara disebabkan oleh kapasitas kipas masih terlalu kecil. Penggunaan jenis kipas sentrifugal berukuran kecil dilakukan agar tercapai tujuan pembuatan alat yang mudah untuk dibawa. Selain itu, hal ini dapat terjadi karena salah satu karakteristik kipas sentrifugal dimana aliran udara cenderung turun secara signifikan pada saat tekanan sistem meningkat (Munson *et al.*, 2006). Oleh karena itu, kipas jenis ini kurang sesuai untuk diterapkan pada HVAS.



Gambar 2. *Casing* HVAS-A1 bagian depan (kiri) dan bagian belakang (kanan)



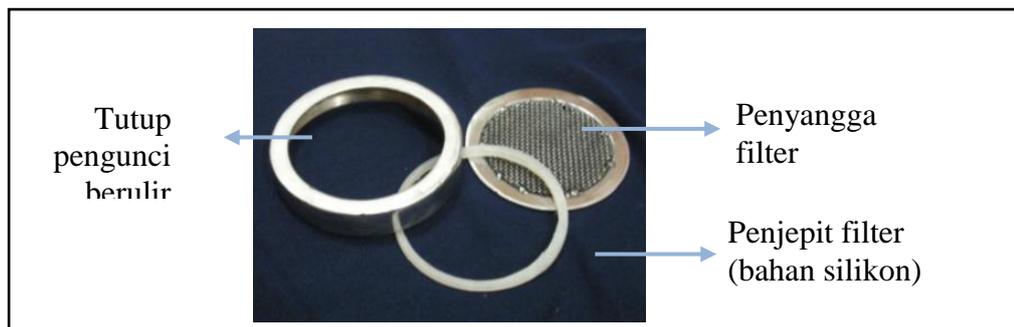
Gambar 3. *Casing* HVAS-V1 bagian depan (kiri) dan bagian belakang (kanan)



Gambar 4. Komponen penyangga dan pengunci filter pada HVAS-V1



Gambar 5. Casing HVAS-V2 berbahan stainless steel



Gambar 6. Komponen penyangga, penjepit dan pengunci filter HVAS-V2

Seperti pada HVAS-S1, kecepatan volumetrik udara pada HVAS-A1 dengan aplikasi filter tidak terukur oleh anemometer. Ini berarti bahwa penurunan kecepatan volumetrik udara hampir mencapai 100%. Kipas aksial yang digunakan memiliki diameter 8 inci dengan kecepatan udara normal (tanpa *casing*) rata-rata 9,03 m/detik atau setara dengan 18,11 m³/menit. Namun demikian, ketika kipas ditutup oleh *casing* yang memiliki bentuk kerucut di bagian depan, kecepatan volumetrik menurun tajam hingga menjadi hanya 1,786 m³/menit.

Ketika filter diaplikasikan, kecepatan volumetrik udara tidak terukur oleh anemometer sehingga HVAS-A1 tidak mungkin berfungsi untuk menghisap debu tersuspensi (TSP) dalam udara ambien. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan kipas aksial untuk HVAS tidak sesuai, karena jenis kipas ini tidak dapat digunakan untuk sistem yang memiliki efek penyumbatan terlalu besar.

HVAS ketiga (HVAS-V1) dibangun menggunakan pompa vakum kapasitas kecil dengan daya 600 Watt. Sebelum filter diaplikasikan, pompa udara ini menghasilkan kecepatan volumetrik udara sebesar 3,115 m³/menit. Namun demikian, ketika filter diaplikasikan pada lubang inlet, terjadi penurunan kecepatan volumetrik sebesar rata-rata 88,9% sehingga kecepatan volumetrik udara menjadi 0,345 m³/menit. Untuk HVAS-V2, jenis pompa yang digunakan adalah pompa vakum yang memiliki kapasitas yang lebih besar dengan daya hingga 1000 Watt.

Kecepatan volumetrik rata-rata yang dihasilkan oleh HVAS-V2 sebelum pemasangan filter sebesar 5,124 m³/menit. Ketika filter diaplikasikan pada inlet HVAS-V2, rata-rata kecepatan volumetrik yang terukur mengalami penurunan 89,9% sehingga kecepatan volumetriknya menjadi 0,518 m³/menit. Berdasarkan nilai penurunan kecepatan volumetrik yang terjadi pada

Tabel 4. Hasil pengukuran penurunan kecepatan volumetrik udara dengan HVAS hasil rancangan

Unit	Jenis pompa	Kecepatan volumetrik udara		Penurunan kecepatan volumetrik (%)
		Tanpa filter	Dengan filter	
HVAS-S1	Sentrifugal	2,049	0	100
HVAS-A1	Aksial	1,786	0	100
HVAS-V1	Vakum 600 Watt*	3,115	0,345	88,9
HVAS-V2	Vakum 1000 Watt	5,124	0,518	89,9

*Pengukuran pada RPM maksimal

HVAS-V1 dan HVAS-V2 tersebut serta untuk mencapai nilai standar nasional kecepatan volumetrik pada pengambilan sampel TSP dengan metode HVAS sebesar 1,13-1,70 m³/menit, maka diperlukan pompa yang memiliki kecepatan volumetrik hingga 11,3-17,0 m³/menit dengan desain *casing* yang sama.

Uji Banding Pengukuran Konsentrasi TSP

Berdasarkan hasil pengukuran besar kecepatan volumetrik pada masing-masing unit HVAS dengan jenis kipas yang berbeda-beda, HVAS-V2 memiliki kecepatan volumetrik rata-rata paling besar, yaitu 0,5182 m³/menit, sedangkan jenis kipas yang lain memiliki kecepatan volumetrik yang masih sangat jauh dari target yang diharapkan. Oleh karena itu, pengujian banding dengan alat HVAS acuan (referensi) hanya berlaku untuk HVAS vakum berdaya 1000 Watt (HVAS-V2). Alat HVAS Model No. 2000 HX yang digunakan sebagai instrumen acuan dalam pengujian ini diproduksi oleh General Metal Works Inc dengan tegangan listrik 220 V.

Filter untuk instrumen acuan berbentuk empat persegi panjang dengan ukuran 8 inchi × 10 inchi dan inlet udara sebesar 7 inchi × 9 inchi. Sedangkan untuk HVAS-V2, filter berbentuk lingkaran dengan ukuran diameter 8 cm dengan inlet udara berdiameter 6 cm. Pengambilan sampel dilakukan di dalam ruang bengkel Akademi Kimia Analisis, Bogor. Pemilihan tempat pengukuran di dalam ruangan bertujuan untuk menghindari perubahan cuaca mendadak seperti pada pengukuran yang dilakukan di luar ruangan dimana dapat mengakibatkan gangguan ketika pengukuran berlangsung. Hasil yang diperoleh

dari uji banding alat HVAS-V2 dengan instrumen acuan dapat dilihat pada Tabel 5. Konsentrasi TSP yang terukur oleh HVAS-V2 sudah cukup baik seperti terlihat dari rasio konsentrasi kedua HVAS yaitu sebesar 60,3%. Namun demikian, kecepatan volumetrik yang dihasilkan oleh HVAS-V2 masih belum memenuhi kriteria sebagai HVAS menurut standar nasional (SNI). Semakin besar kecepatan volumetrik yang dihasilkan oleh pompa vakum, maka semakin besar ukuran partikel yang dapat terbawa oleh udara yang terhisap. Dengan kecepatan volumetrik berkisar antara 1,13-1,70 m³/menit, partikel yang dapat terbawa bisa berukuran hingga 100 µm. Karena kecepatan volumetrik pada HVAS hasil rancangan masih setengah dari kecepatan volumetrik standar, maka ukuran partikel yang terhisap pun hanya berupa partikel ringan sehingga bobot total partikel lebih ringan daripada HVAS acuan. Gambar 7 menunjukkan banyaknya TSP yang tersaring pada filter setelah 45 menit pengoperasian instrumen acuan dan HVAS-V2.

Bila ditinjau dari aspek lain, HVAS-V2 memiliki beberapa keunggulan, yaitu mudah dibawa dan dipindahkan karena ukurannya yang tidak terlalu besar, meskipun masih belum dapat dinyatakan sebagai HVAS karena kecepatan volumetrik udara pada saat alat beroperasi belum sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) untuk pengukuran TSP.

Uji Tingkat Kebisingan

Sesuai definisi dalam Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 48 Tahun 1996 tentang Baku Tingkat Kebisingan (Anonim, 2004), kebisingan adalah bunyi yang tidak

diinginkan dari usaha atau kegiatan dalam tingkat dan waktu tertentu yang dapat menimbulkan gangguan kesehatan manusia dan kenyamanan lingkungan. Salah satu masalah pada HVAS adalah kebisingan yang ditimbulkan sebagai akibat dari pengoperasiannya.

Kebisingan bisa menimbulkan ketidaknyamanan operator pada saat pengambilan sampel dan dapat juga mengganggu kegiatan di sekitar lokasi pengambilan sampel. Oleh karena itu, tingkat

kebisingan alat perlu dijadikan salah satu bahan pertimbangan kelayakan teknis rancangan dan penggunaan alat tersebut.

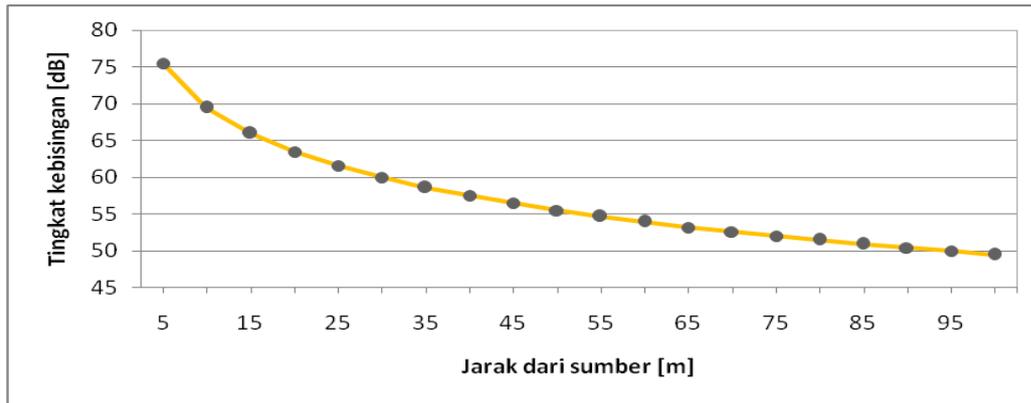
Pengujian tingkat kebisingan HVAS hasil rancangan dengan pompa vakum berdaya 1000 Watt (HVAS-V2) dilakukan di ruangan terbuka dengan titik pengukuran tingkat kebisingan berjarak mulai dari 5 meter dari sumber bising. Gambar 8 menunjukkan tingkat kebisingan yang diakibatkan oleh alat HVAS tersebut ketika beroperasi terhadap jarak dari sumber.

Tabel 5. Hasil uji banding unit HVAS acuan dan HVAS hasil rancangan

Besaran	Satuan	Simbol	HVAS Acuan		HVAS Rancangan		
			Ulangan ke		Ulangan ke		
			1	2	1	2	3
Tekanan udara	mm Hg	P	741	741	741	741	741
Kelembaban relatif udara	%	RH	71,4	70,6	73,75	71,4	70,6
Suhu lingkungan	K	T ₁	302,1	302,6	301	302,1	302,6
		T ₂	302,6	302,9	301,6	302,6	302,9
Durasi pengujian	menit	t	45	45	45	45	45
Kecepatan volumetrik terukur	m ³ /min	Q ₁	1,176	1,12	0,497	0,541	0,500
		Q ₂	1,176	1,12	0,536	0,491	0,486
Kecepatan volumetrik terkoreksi	m ³ /min	Q _{S1}	1,153	1,097	0,488	0,530	0,490
		Q _{S2}	1,152	1,097	0,526	0,482	0,476
Volume udara	m ³	V	51,877	49,374	22,815	22,763	21,750
Bobot filter kosong	gram	M ₁	4,9415	4,9881	0,5252	0,4994	0,5072
Bobot filter setelah pengujian	gram	M ₂	4,9561	4,9972	0,5287	0,5033	0,5093
Bobot TSP	gram	M ₂ -M ₁	0,0146	0,0091	0,0035	0,0039	0,0021
Konsentrasi TSP	µg/Nm ³	C	281,435	184,307	153,409	171,332	96,551
Rata-rata C	µg/Nm ³	C _{rata-rata}	232,871		140,431		
Rasio konsentrasi TSP hasil HVAS-V2 dengan instrumen acuan (%)			60,3				



Gambar 7. TSP tersaring oleh filter pada instrumen acuan (kiri) dan HVAS-V2 (kanan)



Gambar 8. Tingkat kebisingan HVAS-V2 hasil rancangan

Sesuai dengan Gambar 8, HVAS-V2 menghasilkan bunyi yang cukup bising pada jarak yang dekat dengan sumber. Pada jarak 5 meter dari sumber, tingkat kebisingan yang terukur adalah sebesar 75,5 dB. Bila mengacu pada Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 48 Tahun 1996 tentang Baku Tingkat Kebisingan (Anonim, 2004) maka tingkat kebisingan yang dihasilkan oleh HVAS hasil rancangan akan memenuhi baku mutu untuk daerah industri (70 dB) bila kegiatan operasi alat tersebut berjarak minimal sekitar sepuluh 10 meter dari objek pendengar.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini menghasilkan empat (4) buah rancangan dan unit contoh *High Volume Air Sampler* dengan menggunakan jenis kipas dan pompa yang berbeda-beda, yaitu kipas sentrifugal, kipas aksial dan dua macam pompa vakum.

Uji kinerja menunjukkan bahwa penurunan kecepatan volumetrik udara akibat aplikasi filter pada saluran *inlet* paling tinggi terjadi pada HVAS dengan menggunakan pompa sentrifugal dan aksial yaitu sebesar 100%. Pada HVAS dengan menggunakan pompa vakum, penurunan kecepatan volumetrik sebesar 88,9% untuk HVAS-V1 dan 89,9% untuk HVAS-V2.

Rasio hasil pengukuran konsentrasi TSP dengan menggunakan HVAS hasil rancangan terhadap HVAS acuan adalah sebesar 60,3%. HVAS hasil rancangan belum sepenuhnya memenuhi kriteria sebagai pengambil sampel TSP dengan metode *high volume air sampling* dipandang dari aspek kecepatan volumetrik udara.

Tingkat kebisingan HVAS hasil rancangan yang diukur pada jarak 5 meter sebesar 76,5 dB dan akan memenuhi baku mutu untuk daerah industri (70 dB) bila berjarak minimal sekitar 10 meter dari pendengar.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim (2004). Himpunan Peraturan di Bidang Pengelolaan Lingkungan Hidup dan Penegakan Hukum Lingkungan. Kementerian Negara Lingkungan Hidup, Jakarta.
- Anonim (2005). *SNI Nomor 19-7119.3-2005*. Cara Uji Partikel Tersuspensi Total Menggunakan Peralatan *High Volume Air Sampler* (HVAS) dengan Metoda Gravimetri. Badan Standarisasi Nasional.
- Artiola, J.F., I.L Pepper, dan M.L. Brusseau (2004). *Environmental Monitoring and Characterization*. Elsevier Academic Press. San Diego, USA.

De Nevers, N. (1995). Air Pollution Control Engineering. McGraw-Hill, Co. New York.

LaDou, J. (2007). Current Occupational & Environmental Medicine. 4th ed. McGraw Hill. New York, USA.

Munson, B.R., D.F. Young, dan T.H. Okiishi, (2006). Fundamental of Fluid Mechanics 5th ed. John Wiley & Sons, Inc. USA.

Zhang, Y. (2005). Indoor Air Quality Engineering. CRC Press. Boca Raton, Florida.