

PENGGUNAAN TABUNG PENANGKAP EMISI MODEL FILTER GANDA UNTUK MENURUNKAN CO KENDARAAN BERMOTOR 4 LANGKAH

Damas Nurisa Aji*, Siti Hani Istiqomah**, Y. B. Kamat Kartono***

*JKL Poltekkes Depkes Yogyakarta, Jl.Tatabumi 3, Banyuraden, Gamping, DIY 55293

** JKL Poltekkes Depkes Yogyakarta, email: hani-ist@yahoo.co.id

***JKL Poltekkes Depkes Yogyakarta

Abstract

Motorcycle and car derived from technology development, apart from their advantages as transportation vehicles are contributing to emit pollution gases such as carbon monoxide (CO) to environment. Another source for CO emission is repair shop. In order to decrease CO pollution from that place, this emission catchment tube with double filter was developed. The tool consists of activated carbon and glass wool as the adsorbent filter agents. The study used a 100 cc 4-strokes motorcycle as the source of CO emission and auto check 974/5 for measuring the CO concentration. Both descriptively and analytically, the results showed that the tube was able to decrease the pollutant concentration (p value 0,016). However, it is suggested that any follow-up studies should explore the other possible material of the adsorbent, as well as the effective saturation time and the effective amount or number of the the filter.

Kata Kunci: emisi CO, adsorben, arang aktif, glass wool

PENDAHULUAN

Pertumbuhan penduduk yang disertai dengan pertumbuhan ekonomi yang pesat, sangat berkaitan dengan pertumbuhan industri, transportasi, serta kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi (iptek) yang meningkatkan kualitas dan kenyamanan hidup manusia. Salah satu bentuk kemajuan iptek yang diciptakan manusia adalah kendaraan bermotor seperti mobil dan sepeda motor.

Kendaraan bermotor sebagai sarana transportasi, di samping berguna untuk mobilitas orang dan barang, juga mempunyai kontribusi dominan pada pencemaran lingkungan berupa emisi material kimia yang dihasilkan atau dikeluarkan dari kendaraan tersebut. Material kimia yang dihasilkan tersebut antara lain timah hitam atau Pb, karbon monoksida (CO), oksida nitrogen (NO_x), hidrokarbon (HC), dan oksida sulfur (SO_x) yang diketahui mempunyai dampak dan efek serius bagi kesehatan manusia dan lingkungan ⁽¹⁾.

Pemanasan global (*global warming*) sebagai masalah yang sedang hangat dan serius yang dihadapi oleh masyarakat dunia, salah satu penyebabnya adalah banyaknya emisi CO yang ada di udara. Dalam hal ini, konvensi lingkungan yang diadakan di Bali pada tanggal 3-14 Desember 2007 menyebutkan bahwa Indonesia termasuk dalam kategori negara yang sudah tercemar CO dalam jumlah yang cukup relatif tinggi ⁽²⁾.

Menurut data dari Bank Dunia, pencemaran di kota-kota besar di dunia, termasuk di Indonesia, 70% berasal dari emisi gas buang kendaraan bermotor. Data dari Kementerian Lingkungan Hidup RI juga menyebutkan bahwa polusi udara dari kendaraan bermotor dengan bahan bakar bensin (*spark ignition engine*) menyumbang 100% Pb, 70% CO, 60% HC, dan 60% NO_x.

Masyarakat di kota besar yang bertempat tinggal di pinggir jalan dengan lalu lintas kendaraan bermotor yang padat atau di sekitar lingkungan industri merupakan kelompok yang rentan terhadap

pemaparan CO dari asap, debu dan gas yang memasuki saluran pernafasan.

Hasil pengamatan yang dilakukan oleh Bapedalda DIY pada tahun 1997 s/d 2002 yang diperkuat dengan hasil penelitian kualitas udara *ambient*, menunjukkan adanya indikasi terus meningkatnya beban pencemar di udara baik dalam bentuk gas maupun partikulat. Dari hasil penelitian tersebut diketahui bahwa pencemaran emisi CO mempunyai kandungan beban pencemaran udara yang tinggi, yaitu sekitar 72,4%, dan disusul oleh HC dengan 26,6%⁽³⁾. Dalam hal ini kadar CO yang diperbolehkan oleh SK Gubernur DIY No. 167 tahun 2003 tentang Baku Mutu Emisi Sumber Bergerak Kendaraan Bermotor adalah 4,5% untuk sepeda motor 2 dan 4 langkah.

Pemaparan CO dapat mengakibatkan dampak negatif pada kesehatan manusia berupa gangguan pada syaraf pusat, syaraf tepi, sistem kardiovaskuler, dan sistem hemopoetik; serta gangguan jiwa atau perilaku, gangguan fungsi ginjal, gangguan pencernaan, kekurangan darah, muntah, kejang-kejang, gangguan otak, berat badan berkurang, gangguan sistem reproduksi, selain juga bersifat karsinogenik.

Selain menimbulkan efek buruk bagi manusia, pemaparan CO pada lingkungan juga bisa menghambat pertumbuhan dan produktifitas tanaman serta menyebabkan kerusakan kronis yang ditandai dengan menguningnya warna daun karena terhambatnya mekanisme pembentukan klorofil.

Selain berasal dari kendaraan bermotor yang bergerak di jalan raya dan dari gas buang hasil proses produksi di industri-industri besar, emisi CO juga dapat berasal dari bengkel-bengkel tempat servis kendaraan bermotor, baik berskala kecil yang terletak di pinggir jalan, ataupun yang berskala besar. Emisi CO tersebut berasal dari knalpot kendaraan bermotor yang diservis pada saat pemanasan mesin, perbaikan dan pengecekan mesin.

Berdasarkan hasil survei pendahuluan yang dilakukan pada tanggal 20 Februari 2008, diketahui masih banyak industri jasa perbengkelan di kota Yog-

akarta yang belum mengolah emisi gas buang yang dihasilkan dari proses servis kendaraan bermotor. Emisi gas buang tersebut berpotensi mencemari lingkungan dan dapat mengganggu kesehatan manusia karena bengkel merupakan tempat berkumpulnya orang sehingga kemungkinan mereka terpapar oleh CO sangatlah besar.

Dari uraian di atas, atas dasar kepentingan kelestarian lingkungan hidup dan upaya menjaga kesehatan manusia, maka perlu disusun langkah strategis berupa penciptaan sarana bagi manusia yang mengedepankan teknologi ramah lingkungan. Salah satunya adalah dengan melakukan inovasi teknologi baik pada sumber yang bergerak ataupun tidak bergerak.

Inovasi teknologi tersebut dapat dilakukan secara teknis yaitu pada mesin, knalpot, alat bantu penangkap dan penyerap emisi, serta substitusi bahan bakar yang ramah lingkungan; atau bersifat non teknis berupa pengendalian pencemaran udara dengan mengurangi dan menanggulangi pencemaran CO melalui peraturan perundangan yang dapat merencanakan, mengatur dan mengawasi segala macam bentuk kegiatan industri dan teknologi di suatu tempat sehingga tidak terjadi pencemaran.

Dalam hal teknis di atas, penulis tertarik untuk mengembangkan dan memodifikasi sebuah alat penyerap emisi gas buang untuk mengurangi emisi CO yang berasal dari knalpot kendaraan bermotor saat pemanasan, perbaikan, dan pengecekan mesin di bengkel.

Alat tersebut dirancang untuk dapat menyerap, menangkap dan menurunkan kadar emisi CO, dan dinamakan tabung penangkap emisi dengan model "filter ganda". Tabung tersebut dilengkapi dengan filter yang menggunakan adsorben berupa *glass wool* dan arang aktif karena kemampuannya dalam menangkap dan menyerap CO. Alat tersebut di pasang pada knalpot kendaraan bermotor 4-langkah pada saat pemanasan, perbaikan dan pengecekan mesin pada proses servis di bengkel.

Penulis berharap penelitian ini dapat bermanfaat dalam menambah informasi

baru dalam ilmu Pengendalian Pencemaran Lingkungan Fisik dan Kesehatan Udara, yang berkaitan dengan penanggulangan pencemaran udara secara teknis, khususnya bagi lingkungan di sekitar bengkel. Selain itu, penelitian ini juga diharapkan dapat berguna bagi pemilik, karyawan dan pelanggan bengkel dalam meminimalkan keterpaparan CO.

METODA

Penelitian ini bersifat eksperimen dengan desain *One Group Pre and Post Design* yang dianalisis secara deskriptif dan analitik. Penelitian dilaksanakan pada bulan Mei sampai Juni 2008, di Laboratorium Rekayasa Dinas Lingkungan Hidup Kota Yogyakarta.

Alat penyerap emisi berupa tabung yang digunakan dalam penelitian ini dibuat dengan prosedur sebagai berikut: 1) siapkan satu buah drum bervolume 26 liter dan satu tabung besi dengan ketebalan 3 mm bervolume 6 liter; 2) di bagian depan tabung besi, tambahkan papan berukuran setengah diameter tabung disusun *zig-zag*, dan kemudian buat ruangan untuk menempatkan *glass wool* dengan kontruksi melingkari tabung dan dilubangi; 3) rangkai tabung besi tersebut pada tengah-tengah drum atau jari-jari drum yang telah dibuat tempat untuk *glass wool* dan tempat untuk meletakkan arang aktif, kemudian dilas; 4) tutup bagian sisa antara dinding tabung dengan dinding drum menggunakan plat besi ketebalan 3 mm dan dilas memutar mengikuti kedua dinding; 5) buat tutup tidak permanen pada filter di bagian *glass wool* untuk mempermudah penggantian bahan adsorben tersebut; 6) buat tutup tidak permanen pada drum dan buat lubang *inlet* pada bagian tengah dan *outlet* pada bagian atas tutup; 7) sambung bagian *inlet* dan *outlet* tersebut dengan tabung besi berdiameter 1,25 inci dan panjang 18 cm kemudian dilas; 8) lakukan pengecatan agar hasil lebih baik; 9) pasang arang aktif pada tempat yang sudah disiapkan yang berketebalan 1,5 cm; 10) pasang *glass wool* pada tempat yang sudah disiapkan dengan ketebalan 1 cm kemudian ditutup; 11) rangkai filter

dengan tabung karet yang berfungsi sebagai *inlet* dan tabung PVC ukuran 1,25 inci menggunakan penyambung *elbow* sebagai *outlet*; 12) tabung penangkap emisi model filter ganda siap digunakan.

Pipa *inlet* pada alat penangkap emisi ini dibuat dari bahan karet yang menyerupai belalai gajah sehingga memudahkan dalam pengoperasian karena sifatnya yang lemas dan tahan terhadap panas. Pipa *inlet* pada ujung belalai berdiameter 10 cm yang kemudian semakin mengecil dengan diameter akhir 1,25 inci dan panjangnya 1,2 m. Adapun pipa *outlet* pada alat ini berdiameter 1,25 inci.

Beberapa variabel pengganggu dapat mempengaruhi pengukuran CO, oleh karenanya dikendalikan dengan cara sebagai berikut: 1) lama pembakaran dan suhu, dengan cara mengambil sampel 10 sampai 15 menit setelah pembakaran agar suhu yang didapat mencapai kurang lebih 80 °C; 2) bahan bakar, dengan cara menggunakan bensin tanpa oli; 3) jenis arang aktif, berasal dari pembakaran tempurung kelapa; 4) ketebalan *glass wool*, 1 cm; 5) ketebalan arang aktif 1,5 cm.

Instrumen pengukur emisi CO yang digunakan adalah *auto check* 974/5, dengan prosedur pengukuran sebagai berikut: 1) siapkan kendaraan bermotor 4 tak yang keadaan mesinnya semula dingin dan siapkan instrumen pengukur; 2) hidupkan mesin sepeda motor selama 10-15 menit sehingga diperkirakan mencapai suhu 80 °C; 3) hidupkan tomol *on* pada instrumen pengukur; 4) setelah pemanasan mesin selesai, tekan tanda *petrol* (bensin) pada instrumen pengukur untuk melakukan pengujian pengambilan sampel; 5) tunggu instrumen pengukur selama 30 detik agar proses pengukuran berlangsung stabil; 6) setelah itu *probe* dimasukkan ke dalam knalpot atau saluran pembuangan selama 30 detik untuk mendapatkan data emisi CO.

Sampai dengan tahap di atas, data pengukuran untuk *pre-test* sudah diperoleh. Untuk memperoleh data *post-test*, mesin kendaraan dimatikan terlebih dahulu selama lima menit untuk mendinginkan mesin. Setelah itu mesin dihidupkan

kembali selama 10-15 menit untuk mendapatkan kembali suhu 80 °C. Selanjutnya pasang tabung penangkap emisi yang sudah dilengkapi dengan filter dan prosedur 3) sampai 6) dilakukan kembali. Pengukuran CO untuk data *pre-test* dan *post-test* tersebut dilakukan masing-masing sebanyak lima kali pengulangan.

Data yang diperoleh dianalisis secara deskriptif, dan secara analitik dengan *paired t-test*, menggunakan perangkat lunak SPSS 11,5 for Windows pada taraf signifikansi 0,05.

HASIL

Data pengukuran kadar emisi CO sebelum dan sesudah penggunaan tabung penangkap emisi model filter ganda serta penurunannya dapat dilihat dalam tabel berikut:

Tabel 1.
Hasil pengukuran kadar emisi CO sebelum dan sesudah penggunaan tabung penangkap emisi model filter ganda

Ulangan	Kadar CO (%)		Selisih Penurunan (mg/l)	Penurunan (%)
	<i>Pre-test</i>	<i>Post-test</i>		
1	6,17	2,70	3,47	56,24
2	5,54	2,92	2,62	47,29
3	5,55	3,54	2,01	36,22
4	4,92	3,51	1,41	28,66
5	4,59	4,07	0,52	11,33
Σ	26,77	16,74	10,03	180,74
X	5,35	3,35	2,00	37,38

Berdasarkan tabel di atas diketahui bahwa rata-rata kadar emisi CO sebelum penggunaan tabung penangkap emisi model filter ganda adalah sebesar 5,35 %; sedangkan setelah penggunaan tabung sebesar 3,35 %. Hal itu berarti rata-rata selisih kadar CO antara sebelum dan setelah dipasang tabung penangkap emisi adalah 2,00%. Jika dinyatakan dalam bentuk prosentase, pemasangan tabung tersebut menurunkan kadar CO sebesar 37,38%.

Dari analisis secara deskriptif tersebut terlihat bahwa ada pengaruh penggunaan tabung penangkap emisi model

filter ganda terhadap penurunan kadar emisi CO. Analisis statistik lebih lanjut menggunakan *t-test* diperoleh *p-value* 0,016; sehingga dapat disimpulkan bahwa penggunaan tabung penangkap emisi yang digunakan dalam penelitian ini pada kendaraan bermotor 4-tak dapat menurunkan kadar emisi CO kendaraan tersebut.

PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil analisis deskriptif dan analitik di atas dapat diketahui bahwa terjadi penurunan kadar CO dan ada pengaruh penggunaan tabung penangkap emisi model filter ganda terhadap penurunan polutan tersebut pada kendaraan bermotor 4-langkah. Hal ini sesuai dengan pendapat Sunu⁽⁴⁾, bahwa CO dapat dikendalikan dari sumbernya dengan menggunakan 4 metoda yaitu insenerasi, adsorpsi, absorpsi, dan kondensasi. Dari ke empat metoda tersebut, yang penulis gunakan dalam penelitian ini adalah metoda adsorpsi.

Adsorpsi adalah proses dimana suatu partikel menempel pada suatu permukaan adsorben. Molekul-molekul pada permukaan zat padat mempunyai gaya tarik-menarik ke arah dalam karena tidak ada gaya-gaya lain yang mengimbangi. Adanya gaya-gaya ini menyebabkan zat padat mempunyai gaya adsorpsi⁽⁵⁾.

Ada 2 jenis adsorpsi menurut Margono⁽⁶⁾, yaitu adsorpsi fisika dan adsorpsi kimia. Adsorpsi fisika yaitu adsorpsi yang disebabkan oleh adanya gaya *Van der Waals* yang ada pada permukaan adsorben sehingga akan terbentuk suatu lapisan tipis partikel-partikel halus pada permukaan adsorben tersebut. Penyerapan CO termasuk ke dalam jenis adsorpsi ini, di mana gas CO diserap oleh adsorben yang digunakan dalam penelitian ini yaitu arang aktif. Penyerapan tersebut disebabkan karena permukaan arang aktif terkena gaya *Van der Waals*, sehingga terbentuk lapisan tipis partikel-partikel halus.

Daya serap adsorben terhadap gas tergantung dari jenis adsorben yang digunakan, jenis gas, luas permukaan, je-

nis adsorben, temperatur serta tekanan gas ⁽⁵⁾. Bahan padat penyerap polutan CO yang dapat digunakan dalam proses adsorpsi tersebut antara lain karbon aktif dan silikat.

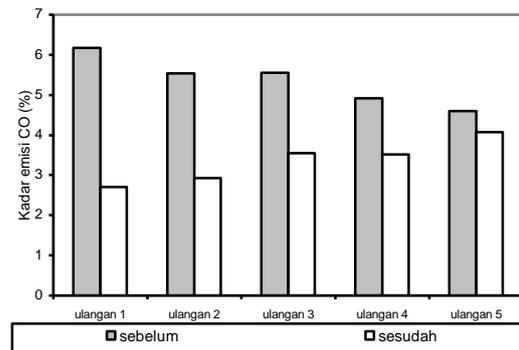
Penelitian ini menggunakan adsorben berupa arang aktif dari tempurung kelapa serta menggunakan *glass wool* yang berfungsi sebagai filter. Arang aktif yang digunakan setebal 1,5 cm; sedangkan *glass wool* yang digunakan sebanyak 2 lempeng dengan ketebalan 1 cm dan berat 80 gram.

Cara kerja alat ini sederhana, yaitu sebelum mesin dihidupkan terlebih dahulu alat ini dipasang dengan cara memasukkan belalai karet pipa *inlet* ke dalam ujung knalpot. Pada waktu mesin dihidupkan, gas yang keluar dari knalpot akan masuk ke dalam tabung emisi melalui pipa *inlet* tersebut. Selanjutnya gas akan masuk ke ruangan pertama di dalam tabung dan akan membentur arang aktif yang tersusun *zig-zag* sehingga terjadi proses adsorpsi di mana gas emisi tersebut akan menempel pada arang aktif. Selanjutnya gas masuk ke ruangan ke dua yang di dalamnya terdapat *glass wool* yang berfungsi sebagai filter. Pada ruangan kedua ini gas emisi disaring oleh *glass wool* dan kemudian keluar melalui lubang lubang kecil yang ada menuju pipa *outlet*.

Secara umum, arang aktif biasanya terbuat dari tempurung kelapa yang dibakar dengan pemanasan pada suhu 600-2000 °C dan pada tekanan tinggi. Pada kondisi ini akan terbentuk rekatan-rekatan (rongga) sangat halus yang jumlahnya sangat banyak, sehingga luas permukaan arang tersebut pun menjadi besar. Satu gram karbon aktif pada umumnya memiliki luas permukaan seluas 500-1500 m² sehingga sangat efektif dalam menangkap partikel-partikel yang berukuran sangat halus. Karbon aktif bersifat sangat aktif dan akan menyerap apa saja yang kontak dengannya baik di dalam media air maupun udara.

Untuk memperlihatkan *trend* hasil pengukuran kadar emisi CO sebelum serta sesudah pemasangan tabung penangkap emisi model filter ganda, disajikan grafik berikut:

Grafik 1.
Kadar emisi CO sebelum dan sesudah penggunaan tabung penangkap emisi model filter ganda



Berdasarkan grafik di atas, terlihat ada penurunan selisih perbedaan pengukuran emisi CO antara sebelum dan sesudah penggunaan tabung penangkap emisi di antara ulangan 1 sampai dengan 5. Hal ini disebabkan karena kadar emisi pada pengukuran *pre-test* menunjukkan kecenderungan turun dan sebaliknya untuk pengukuran *post-test* ada kecenderungan naik.

Kecenderungan penurunan emisi CO pada pengukuran *pre-test* tersebut disebabkan karena jika mesin sepeda motor yang digunakan semakin lama dihidupkan maka pembakaran pada mesin tersebut akan berjalan lebih stabil dan maksimal, oleh karena itu gas buang atau kadar emisi yang dikeluarkan oleh sepeda motor tersebut menjadi semakin berkurang pada ulangan-ulangan berikutnya.

Sebaliknya, kecenderungan peningkatan emisi CO pada pengukuran *post-test* disebabkan karena media adsorpsi dan filter yaitu arang aktif dan *glass wool* yang digunakan semakin lama mengalami kejenuhan. Perbedaan kedua kecenderungan tersebut menyebabkan selisih penurunan emisi CO terlihat semakin mengecil dari ulangan ke ulangan berikutnya.

Pada grafik di atas juga terlihat bahwa pada ulangan ketiga pengukuran *pre-test* terjadi peningkatan kadar CO sebesar 0,01 % dari hasil ulangan ke dua. Hal ini disebabkan karena mesin dari kendaraan bermotor yang digunakan untuk pengujian mengalami gangguan secara teknis berupa pengujian stasioner yang tidak stabil sehingga mesin mudah

mati dan frekuensi putaran mesin sulit dikontrol. Tetapi, pada ulangan ke empat dan ke lima stasioner mesin sudah diatur terlebih dulu untuk mendapatkan hasil yang lebih *valid*.

Karena bahan adsorben semakin lama digunakan akan semakin mengalami kejenuhan sehingga mempengaruhi banyaknya emisi, maka perlu dilakukan penggantian yang baru. Dalam hal ini, secara umum adsorben memang mempunyai daya kejenuhan sehingga selain diperlukan pergantian rutin, bersifat *disposal* (sekali pakai buang) atau dapat juga dibersihkan dahulu sebelum kemudian dipergunakan kembali ⁽⁷⁾.

Hal-hal lain perlu dilaporkan dalam pelaksanaan penelitian ini adalah: 1) jumlah media arang aktif maupun *glass wool* yang digunakan belum disesuaikan dengan jumlah emisi yang dikeluarkan oleh kendaraan bermotor 4-tak yang digunakan. Hal tersebut disebabkan karena memang belum ada formula mengenai hal tersebut yang berkenaan dengan berapa banyak media yang diperlukan agar dapat dengan seimbang mengikat secara maksimal emisi CO. Tetapi, dengan berat arang aktif 80 gram dan *glass wool* 2 lembar, tabung penangkap emisi ini sudah dapat menurunkan kadar emisi CO sebesar 37,38 %.

2) Pada penelitian ini adsorben yang digunakan yaitu arang aktif yang terbuat dari tempurung kelapa karena menurut Suhardiyono ⁽⁸⁾ daya adsorpsi arang aktif dari tempurung kelapa lebih tinggi dibanding arang aktif yang dibuat dari bahan lain.

3) Sesuai aturannya, kondisi alat uji *auto check 974/5* harus berada dalam keadaan baik. Aturan tersebut juga mensyaratkan bahwa pada saat pengukuran gas buang, filter di dalam *auto check 974/5* harus dalam keadaan baru atau belum pernah terpakai sebelumnya sehingga adsorpsi filter pada alat akan lebih optimal dan tingkat akurasinya lebih *valid*. *Filter* pada alat tersebut boleh digunakan untuk 100 kali pengujian. Namun, dalam penelitian ini walaupun kondisi alat uji *auto check* dalam keadaan baik tetapi untuk *filter* keadaannya tidak baru atau sudah pernah terpakai.

Faktor pendukung yang memudahkan dalam pelaksanaan penelitian ini adalah berupa perizinan yang diberikan oleh Dinas Lingkungan Hidup Kota Yogyakarta dalam menyediakan tempat penelitian. Sedangkan faktor penghambat yang dihadapi adalah relatif sulitnya mencari bahan untuk pembuatan tabung penangkap emisi model filter ganda ini, serta proses pembuatannya yang memakan waktu cukup lama.

KESIMPULAN

Ada pengaruh penggunaan tabung penangkap emisi model filter ganda dengan menggunakan media arang aktif dan *glass wool* terhadap penurunan kadar emisi CO yang dikeluarkan oleh mesin sepeda motor 4-langkah (*p-value* 0,016). Adapun penurunan kadar emisi CO setelah penggunaan tabung penangkap emisi model filter ganda tersebut adalah sebesar 37,38 %.

SARAN

Bagi Dinas Lingkungan Hidup: alat penangkap emisi yang diciptakan dapat dijadikan wacana untuk peningkatan pengendalian pencemaran akibat kendaraan bermotor dan juga sebagai tambahan informasi yang bisa dijadikan salah satu solusi dan upaya pencegahan pencemaran lingkungan.

Bagi pemilik bengkel: agar dapat menggunakan alat penangkap emisi ini dalam rangka meminimalkan bahan buangan terutama emisi CO yang ditimbulkan oleh kendaraan bermotor pada saat proses penservisan sehingga tidak mengganggu kesehatan karyawan dan pelanggan bengkel.

Bagi peneliti lain yang tertarik untuk melanjutkan penelitian ini agar: 1) meneliti jumlah atau kadar arang aktif dan *glass wool* yang paling efektif, 2) menggunakan jenis mesin yang berbeda, sehingga hasil penelitian bisa diterapkan untuk jenis mesin yang lain, 3) meneliti waktu efektif penggunaan media adsorben terhadap emisi sehingga dapat mengetahui tingkat kejenuhan alat tersebut dalam menyerap zat polutan, 4) meng-

gunakan kelompok kontrol agar hasil penelitian dapat lebih akurat, 5) mengeksplorasi jenis media adsorben yang lain, dan 6) melakukan penggantian bahan adsorben dan filter dalam setiap ulangan agar hasil pengukuran yang diperoleh lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

1. Parlan, H., 2005. *Advokasi Pencemaran Udara*, Wahana Lingkungan Hidup.
2. *Global Warming*, (Online), (<http://www.kompas.com>, diakses 12 Desember 2007).
3. Bapedalda DIY, 2003. *Baku Mutu Emisi Gas Buang*, Bapedalda, Yogyakarta.
4. Sunu, P., 2001. *Melindungi Lingkungan dengan Menerapkan ISO 14001*, PT Grasindo, Yogyakarta.
5. Sukardjo, 1997. *Kimia Fisika*, Rineka Cipta, Yogyakarta.
6. Margono, dkk, 1997. *Buku Pedoman Pengajar Mata Ajaran Kimia Lingkungan untuk Institusi Pendidikan D III Kesehatan Lingkungan dan Sanitasi*, Pusdiknakes Depkes RI, Jakarta.
7. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, *Arang Aktif dan Tempurung Kelapa*, (Online), (<http://www.lipi.com>, diakses 25 Februari 2008).
8. Suhardiyono, 2002. *Taman Kelapa, Budi Daya dan Pemanfaatannya*, Kanisius, Yogyakarta.

