

## UNIT FILTRASI PARTIKEL UDARA BERGERAK

Abdul Hafid, A. Pinitoyo, Dedy Haryanto, Sagino, Inzar Anas, Paidjo, Tamzil Musa, Sapta Teguh P.

### ABSTRAK

**UNIT FILTRASI PARTIKEL UDARA BERGERAK.** Unit filtrasi partikel udara bergerak (*mobile filter*) ditujukan untuk proses dekontaminasi udara ruangan. Jika kecelakaan nuklir terjadi, akan menimbulkan kontaminasi pada semua ruang termasuk ruang yang tidak dilengkapi filter udara. Guna mengatasi kontaminasi tersebut maka unit filtrasi partikel udara ini dapat digunakan untuk membersihkannya. Unit filtrasi ini dilengkapi 2 (dua) jenis filter, masing-masing adalah *Pre-filter* yang terdiri dari *panel filter* dan *medium-filter* dan *High Efficiency Particulate Air (HEPA) filter*. Udara yang terkontaminasi mula-mula dialirkan melalui *panel filter* kemudian dilanjutkan mengalir melalui *medium filter*. Setelah proses pembersihan pada *panel filter* dan *medium filter* selesai, udara terkontaminasi tersebut dialirkan melalui *HEPA filter*. Oleh karena *HEPA filter* mampu menyaring partikel debu hingga satu mikron maka dapat dipastikan udara hasil penyaringan sudah bersih. Untuk mengalirkan udara secara paksa ke filter dilakukan dengan menggunakan *blower* model FLD312DD tipe *FlexLine Centrifugal Fan*, diameter 310 mm, tekanan statik 747 Pa (3"kg), kecepatan 2820 rpm dan daya motor 1,5 kW. Jenis filter yang digunakan adalah model *AAF Am-air 300* untuk *pre filter*, model *AAF Varicel 6-2424-12AM* untuk *medium filter* dan *AAF Astrocel 1 15A77J9T2GO HCX* untuk *HEPA filter*. Ketiganya produk dari *American Air Filter (AAF)*.

Kata Kunci: Unit Filtrasi Partikel Udara Bergerak.

### ABSTRACT

**MOBILE AIR FILTER UNIT.** *Mobile air filter unit is used for air decontaminations processes. If the accident occur on the nuclear instalations would be made contantaminations at all the rooms included rooms witaout air filter. The contaminations rooms could be decontamination with mobile filter unit. The mobile filter unit completed by two kind of filter, there are pre filter consist of panel filter and medium filter, and High Efficiency Particulate Air (HEPA) filter. First time the air contaminant flow on panel filter, and then flow to medium filter. After clean processes on the panel filter and medium filter, the air flow to HEPA filter. Because of the HEPA filter can be filtered the particle contaminant air until one micron, so the air much be clean. Forced flow the particulate air processes by blower model FLD321DD type FlexLine Centrifugal Fan by diameter 310 mm, static pressure 747 Pa (3"kg), velocities 2820 rpm, and motor power 1,5 kW. The kinds of filter are model AAF Am-air 300 for pre filter, model AAF Varicel 6-2424-12AM for medium filter, and AAF Astrocel 1 15A77J9T2GO HCX for HEPA filter. Threads of products by American Air Filter (AAF).*

Key words: *Mobile filter unit.*

### PENDAHULUAN

Pada setiap instalasi nuklir untuk upaya keselamatan dalam pencegahan kontaminasi radiasi dan penyebarannya ke lingkungan selalu dilengkapi dengan sistem filtrasi yang terpasang tetap dan terbangun menjadi satu kesatuan dengan instalasi nuklir tersebut. Udara dari dalam instalasi yang mengandung partikel-partikel radioaktif

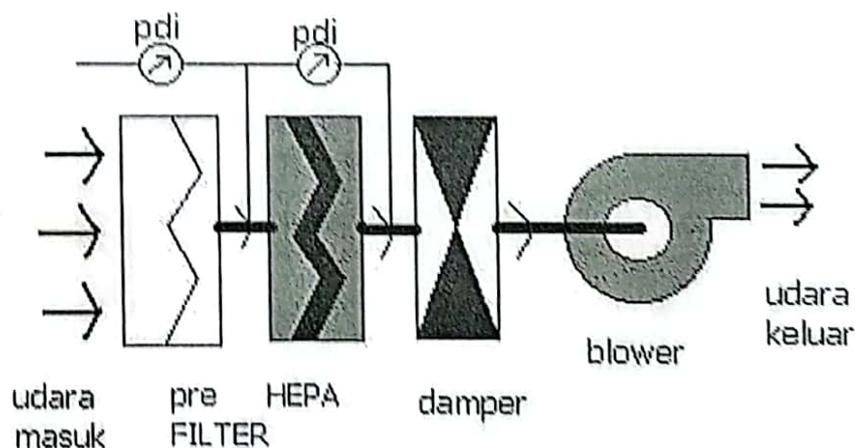
dihisap dan dialirkan melalui filter dengan efisiensi tinggi (> 99,97% untuk uji DOP ukuran 0,3 mikron) atau dikenal sebagai filter HEPA (*high efficiency particulate air*) sebelum dilepas dan diencerkan ke udara atmosfer lewat cerobong tinggi. Sistem filtrasi ini hanya dapat difungsikan pada ruangan atau alat yang memang didesain dan

terbangun (*built-in*) untuk ruangan atau alat tersebut.

Bila terjadi kecelakaan radiasi dengan penyebaran partikel radioaktif di dalam ruangan atau pada alat yang tidak dilengkapi sistem filtrasi seperti pada instalasi nuklir, maka diperlukan suatu unit sistem filtrasi untuk keperluan darurat yang mudah dipindah tempatkan (*mobile*) untuk membersihkan partikel udara terkontaminasi dengan sirkulasi dan menyaringnya berulang-ulang (resirkulasi). Demikian pula apabila penyebaran partikel terjadi di ruangan atau alat dalam instalasi nuklir

untuk memperbesar dan mempercepat penyaringan atau apabila sistem filtrasi yang terbangun setempat tidak berfungsi (rusak), maka unit filtrasi bergerak tersebut akan sangat membantu.

Oleh karena itu dilakukan rancang bangun untuk membuat suatu unit sistem filtrasi yang praktis dan kompak serta mudah bergerak dengan beroda untuk dipindah tempatkan dan mampu dioperasikan di sembarang tempat yang tersedia sumber listrik PLN ataupun dari pembangkit listrik jinjing (*portable gen-set*).



Gambar 1. Susunan aliran udara

#### PENENTUAN JENIS DAN UKURAN FILTER

Pada dasarnya filter udara terdiri atas beberapa jenis dengan media berujud serat dari bahan sintetik atau serabut gelas (*fiber glass*) dan tersedia dalam beberapa ukuran standar di pasaran. Dikenal beberapa merek dagang yang memproduksi filter udara dan kelengkapannya, antara lain AAF (*American*

*Air Filter*), Camfil, Cambridge, Delbag, Air Guard. Satu atau sejumlah filter elemen dalam susunan konfigurasi tertentu dipasang di dalam rumah filter untuk kapasitas alir udara sesuai rancangan berdasarkan aliran nominal tiap filter elemen. Apapun merek filter elemen dapat saling mengganti mengisi rumah filter yang ada asal mempunyai spesifikasi teknis yang sama, sehingga

hanya dipilih berdasarkan pertimbangan kemudahan pasok dan harga yang bersaing.

Setiap elemen filter kebanyakan berpenampang lintasan segi empat dengan elemen berbentuk kotak, namun ada juga yang berpenampang lintasan lingkaran dengan elemen berbentuk tabung atau silinder. Filter elemen diklasifikasi dalam ukuran standar dan konstruksi struktur yang terdiri bahan rangka dan separator penahan lipatan. Rangka luar sebagai pelindung dibuat dari bahan pelat logam, kayu lapis atau papan partikel. Media dari bahan serat berupa lembaran yang untuk memperbesar luas permukaannya dibentuk kantong-kantong (*bags filter*) atau dibuat pelipit berlipat-lipat.

#### Filter HEPA

Unit filtrasi udara yang dirancang unjuk kerjanya akan dipengaruhi filter absolut berefisiensi tinggi atau HEPA yang dipergunakan. Untuk kemudahan konstruksi dan pengadaannya ditentukan menggunakan filter HEPA tunggal ukuran standar yang paling banyak digunakan dan diperdagangkan, yaitu 24" x 24" x 11 ½ " .

Elemen filter ukuran standar ini dalam susunan konfigurasi paralel untuk kapasitas aliran yang lebih besar banyak digunakan di instalasi-instalasi nuklir di Pusat Penelitian Teknik Nuklir-BATAN, Serpong, yaitu Reaktor GA. Siwabessy, Instalasi Radiometalurgi, Instalasi Elemen Bakar Eksperimental, Instalasi Pengolahan Limbah Radioaktif dan milik PT. BATAN Teknologi

yakni Instalasi Produksi Elemen Bakar Reaktor dan Instalasi Produksi Radioisotop.

Kapasitas alir udara yang disirkulasikan melewati unit filtrasi udara rancangan ditentukan berdasarkan kecepatan alir nominal filter HEPA. Berdasarkan katalog filter HEPA produksi AAF, diperoleh spesifikasi produk sebagai berikut:

Efisiensi, uji DOP	: > 99, 97 %
Ukuran Filter	: 24" x 24" x 11 ½ "
(Actual Filter Size)	
Kapasitas Nominal	: 1150 cfm
(Rated Air Flow Capacity)	
Pada Tahanan Awal	: 1 " kolom air
(Initial Resistance)	

#### Pre filter

Filter udara yang dipakai di instalasi nuklir adalah filter yang "sekali pakai terus buang" atau *disposable*, bukan jenis yang dapat dibersihkan atau dicuci (*washable*) untuk dipakai ulang. Saat pemakaian, partikel-partikel pengotor akan terperangkap dalam media filter yang berupa serat-serat sehingga memperbesar tahanan aliran. Lama pemakaiannya bila tidak rusak adalah sampai mencapai tahanan aliran tertentu seperti direkomendasikan pabrik sebagai tahanan akhir (*final resistance*) atau dengan kata lain filter dianggap jenuh.

Harga filter HEPA relatif mahal terhadap filter medium yang efisiensinya lebih rendah, sekitar 4 sampai dengan 5 kali lebih mahal. Agar umur filter HEPA dapat lebih panjang maka perlu dijaga dari pengotor-pengotor berukuran besar, serangga dan dedaunan dengan memasang

*pre filter* di depannya. Sebagai *pre filter* dapat dipakai filter medium atau filter panel yang lebih murah. Dengan konsekuensi ada daya terbuang yang lebih besar untuk melawan tahanan filter. Untuk mencapai tahanan final filter HEPA dapat dipakai dalam waktu yang jauh lebih lama dengan hanya mengganti *pre filter*nya 3 atau 4 kali, dibanding bila sama sekali tanpa *pre filter*.<sup>[1]</sup>

Sebagai *pre filter* ditentukan Filter Medium sebagai berikut:

Efisiensi Rata-rata : 60 – 65 %  
Ukuran Filter : 24" x 24" x 12 "  
Kapasitas Nominal : 2000 cfm (500 fpm)  
Pada Tahanan Awal : 0,50 " kolom air  
(Filter Baru)

Aliran udara saat dioperasikan diperhitungkan sama dengan kapasitas alir nominal filter HEPA, yaitu 1150 cfm.

#### PENENTUAN KIPAS UDARA

Untuk membangkitkan paksa aliran udara melewati filter diperlukan kipas udara (*blower*). Syarat kipas udara yang akan dipergunakan adalah harus mampu mengalirkan udara sesuai besar kapasitas alir udara rencana dan harus mampu melawan tahanan filter, damper dan rugi-rugi aliran udara akibat gesekan<sup>[2]</sup>. Unjuk kerja kemampuan kipas udara dalam spesifikasi dikenal dalam kapasitas alir dan tekanan statik. Kendala di pasaran adalah sulit mendapatkan kipas udara yang berkapasitas alir kecil dengan tekanan statik tinggi. Tekanan statik kipas harus lebih besar dari tahanan aliran yang ada.

Secara teoritis, tahanan filter dapat diperhitungkan. Dengan mengambil data masukan berupa kecepatan volume aliran udara sebesar 1150 cfm, tahanan awal filter medium 0,2 " k.a. dan tahanan akhirnya 1,2" k.a., selanjutnya, tahanan awal filter HEPA 1" k.a. dan tahanan akhirnya 3" k.a. Bila dianggap bahwa filter berada pada kondisi tahanan akhir, maka total nilai tahanan seluruhnya 4,2" k.a. Berdasarkan data tersebut di atas maka dapat diperoleh besar daya kipas yang dibutuhkan, yaitu dengan menggunakan persamaan  $W = (62,3 P Q)/(12 \times 33.000)$ , dengan W sebagai daya kipas dalam satuan HP, P sebagai tahanan statik dalam *inchi* kolom air (" k.a.), dan Q sebagai kecepatan volume alir dalam satuan cfm. Setelah disubstitusikan nilai-nilai tersebut di atas maka akan diperoleh nilai 0,75 HP atau setara dengan 573 Watt untuk besar daya kipas. Karena sulitnya mendapatkan kipas dengan unjuk kerja sebagaimana penjelasan di atas, maka dipilih kipas yang ada di pasar dengan daya motor 1500 Watt.

Berdasarkan hasil survai pasar dan hasil perhitungan, guna kemudahan mendapatkan kipas (*blower*) dengan mutu yang baik dan waktu pasok yang tepat serta pertimbangan harga yang sesuai, maka dipilih kipas udara merek FANTECH tipe/model FLD312DD yang dikopel langsung dengan motor listrik dengan unjuk kerja dan karakteristik sesuai spesifikasi teknis yang sesuai kriteria desain yang dikehendaki. Data spesifikasi teknis kipas udara tersebut adalah sebagai berikut :

Merek/Model : Fantech / FLD312DD  
 Volume : 0,56 m<sup>3</sup>/detik  
                   = 2000 m<sup>3</sup>/jam  
 Tekanan Statik : 747 Pa = 3" k.a.  
 Tipe Fan : *FlexLine Centrifugal Fan*  
                   – Standard TE Motor  
 Diameter : 310 mm  
 Kecepatan : 47 rps = 2820 rpm  
 Daya Motor : 1,5 kW  
 Catu Listrik : 415 V / 50 Hz / 3,2 A  
 Jumlah Kutup : 2

### PEMILIHAN FILTER UDARA

Dari hasil survai di pasaran terhadap beberapa merek filter udara yang diperdagangkan, kemudahan mendapatkannya, mutu, waktu pasok dan pertimbangan harga diperoleh Filter Udara produk dari AAF (*American Air Filter*) dengan spesifikasi teknis sebagai berikut.

Elemen Filter HEPA<sup>[3]</sup> :

Merek/Model : AAF Astrocel  
                   I 15A77J9T2GO HCX  
 Ukuran : 24" x 24" x 11 1/2"  
 Efisiensi : minimum 99,97 %  
                   (DOP Test)

Sebagai *Pre Filter* menggunakan gabungan seri Filter Panel dan Filter Medium. Filter Panel yang lebih murah dipasang di depan untuk melindungi Filter Medium yang lebih mahal. Keduanya melindungi Filter HEPA yang jauh lebih

mahal agar dapat digunakan lebih lama. Spesifikasi elemen filter medium dan filter panel adalah sebagai berikut.

Elemen Filter Medium<sup>[3]</sup> :

Merek/Model : AAF Varicel  
                   6-2424-12AM  
 Ukuran : 24" x 24" x 12"  
 Efisiensi : 60 - 65 %

Elemen Filter Panel<sup>[3]</sup> :

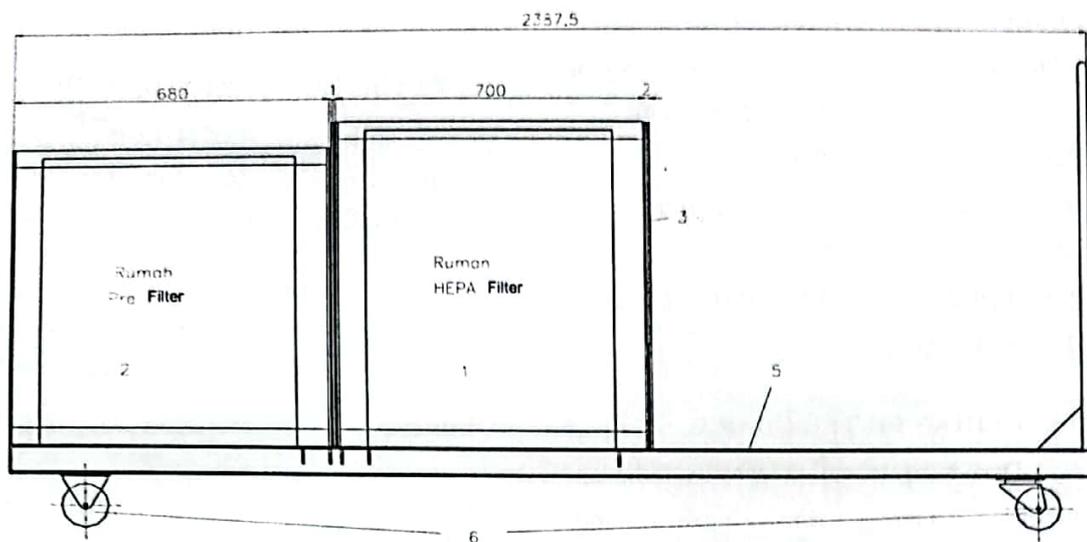
Merek/Model : AAF Am-air 300  
 Ukuran : 24" x 24" x 2"  
 Efisiensi : 25 - 30 %

### KOMPONEN DAN PERLENGKAPAN LAIN

Untuk dapat dirakit menjadi satu unit alat filtrasi yang dapat bergerak (*mobile*) diperlukan komponen dan perlengkapan lain sebagai berikut.

- |   |        |
|---|--------|
| 1. Rumah Filter HEPA                          | 1 set  |
| 2. Rumah <i>Pre Filter</i>                    | 1 set  |
| 3. Damper                                     | 1 set  |
| 4. Indikator Pengukur<br>Tahanan Filter (PDI) | 2 buah |
| 5. Rangka dari Besi Profil<br>C 60x30         | 1 set  |
| 6. Roda (Castor)                              | 4 buah |
| 7. Panel Listrik dan Kabel                    | 1 set  |

Susunan komponen-komponen tersebut di atas adalah seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Komponen perlengkapan Unit Filtrasi Partikel Udara Bergerak (*Mobile Filter*)

#### PROSES PEMBUATAN UNIT FILTRASI

1. Berdasarkan data dimensi rumah filter, damper dan kipas udara dibuat gambar rancangan unit untuk menentukan bentuk rangka dudukan dari besi profil dan penempatan roda.
2. Rangka dudukan dibuat dengan sambungan las, roda-roda dipasangkan padanya.
3. Rumah Filter HEPA dan *Pre Filter* digabungkan dengan pelat dan sambungan baut dan didudukan pada rangka.
4. Kipas Udara dipasang pada dudukan dan dihubungkan dengan damper dan rumah filter dengan saluran udara (*ducting*).

5. Pemasangan instalasi listrik dan panel yang berisi kontaktor, MCB dan tombol *start/stop* sistem DOL (*direct on line*).
6. Pemasangan pengukur tahanan filter dan menghubungkan lubang tap dengan posisi ukur menggunakan selang.

Semua komponen tersebut diatas disatukan dengan cara dirakit satu dengan lainnya hingga menjadi satu unit alat yang kompak. Susunan pemasangannya adalah sebagaimana yang ditunjukkan pada Gambar 1. Secara kompak dan menyeluruh hasil rancangan unit filtrasi partikel udara bergerak (*mobile filter*) sebagaimana ditunjukkan pada gambar yang tertera pada lampiran.

## UJI FUNGSI DAN ANALISIS

Unit Filtrasi Udara Bergerak yang telah terakit dilakukan uji fungsi untuk melihat kinerjanya. Tahapan uji fungsi yang telah dilaksanakan sebagai berikut.

1. Kemudahan untuk dipindah tempatkan dengan mendorong dan menarik Unit Filtrasi di atas lantai datar dapat dilakukan dengan mudah oleh satu orang.
2. Menyambung dengan sumber listrik dengan stop kontak 3 fasa kemudian menghidupkan dan mematikan kipas udara dengan menekan tombol *on* atau *off* dapat berfungsi dengan mudah.
3. Uji fungsi aliran udara melalui filter dilihat dari pengukuran tahanan filter dengan mengoperasikan kipas udara dan posisi damper terbuka penuh, mengukur masing-masing filter baru secara individual dan bersama-sama dengan hasil pengukuran seperti tabel berikut.

Pada uji fungsi individual, terukur tahanan *HEPA filter* sebesar 1,05 " k.a., nilai ini tidak jauh berbeda dibandingkan dengan

karakteristik filter HEPA tipe HCX baru yaitu 1,00" k.a pada kecepatan nominal 1550 cfm. Sedangkan pada uji fungsi dengan kondisi semua filter terpasang, tahanan filter total sebesar 0,85" k.a. pada kecepatan alir  $\pm$  1300 cfm. Untuk ketepatan pengukuran kecepatan alir diperlukan alat pengukur kecepatan alir udara atau anemometer, kemudian kecepatan alirnya dapat divariasikan dengan membuka/menutup damper hasil pengukuran uji fungsi seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

Kinerja alat sebagai sistem filtrasi atau penyaring pembersih udara di dalam ruangan dapat dibuktikan dengan mengoperasikan Unit Filtrasi tersebut di dalam ruangan tertutup kemudian dilakukan pencacahan jumlah partikel di dalam udara ruangan sebelum dan setelah jangka waktu pengoperasian tertentu. Untuk pencacahan partikel diperlukan alat pencacah partikel (*Particle Counter*) dengan Laser.

TABEL 1. Hasil Pengukuran Uji fungsi filter dan kondisi awal filter baru sesuai spesifikasi AAF

Jenis dan Susunan Filter	Tahanan Alir Terukur (" k.a.)		Tahanan Alir <sup>[3]</sup> Filter Baru pd. Kec.Nominal (" k.a.)
	PDI-1	PDI-2	
Filter Panel	0,13	0	0,17 (2000 cfm)
Filter Medium	0,38	0	0,33 (2000 cfm)
Filter Panel + Medium	0,62	0	-
Filter HEPA	0	1,05	1,00 (1500 cfm)
Filter Panel + Medium + HEPA	0,40	0,85	-

## KESIMPULAN

Unit Filtrasi Partikel Udara Bergerak yang dibuat telah dapat dioperasikan. Kinerja yang dihasilkan menunjukkan telah memenuhi kriteria desain, yaitu tahanan awal filter baru untuk *pre filter* yaitu filter panel 0,13 pada kecepatan nominal 1500 cfm- kurang dari tahanan filter spesifikasi yaitu 0,17 pada kecepatan 2000 cfm, sedangkan *HEPA filter* adalah 1,05" k.a. pada kecepatan nominal 1500 mendekati nilai tahanan filter baru menurut spesifikasi sebesar 1" k.a. pada kecepatan nominal yang sama. Terlihat dari hasil pembacaan

pengukuran tahanan filter dibandingkan dengan data karakteristik spesifikasi filter produk AAF.

## DAFTAR PUSTAKA

1. C.A. Burchsted, et all, NUCLEAR AIR CLEANING HANDBOOK, Energy Research and Development Administration (ERDA 76-21), Oak Ridge, Tennessee 37830, USA, 1979.
2. Theodore Baumeister, MARKS' STANDARD HANDBOOK FOR MECHANICAL ENGINEERS, 7<sup>th</sup> Edition, 1972.
3. American Air Filter (AAF), REPLACEMENT AIR FILTER PRODUCTS, Katalog/ Kumpulan Leaflet.

