
RANCANG-BANGUN SISTEM PENCUPLIK UDARA MODEL PORTABLE-ADJUSTABLE

Dikdik Sidik Purnama¹, Muhamad Yuyus¹, Haryo Seno¹, dan Rian Fitriana¹

¹Pusat Sains dan Teknologi Nuklir Terapan-BATAN
Jalan Tamansari No. 71, Bandung, 40132

E-mail : dikdiksp@gmail.com

Diterima: 08-01-2020

Diterima dalam bentuk revisi: 12-01-2020

Disetujui: 30-03-2020

ABSTRAK

RANCANG-BANGUN SISTEM PENCUPLIK UDARA MODEL PORTABLE-ADJUSTABLE. Dalam upaya melindungi pekerja, masyarakat, serta lingkungan, perlu dilakukan monitoring dan pengawasan secara berkala mencakup seluruh aspek keselamatan di lingkungan fasilitas nuklir yang mengacu kepada peraturan perundang-undangan. Monitoring perlu dilakukan untuk mengetahui nilai radioaktivitas komponen lingkungan yang berpotensi berdampak bagi kualitas lingkungan sehingga dijadikan dasar evaluasi pengelolaan lingkungan. Udara merupakan salah satu komponen lingkungan yang dipantau dengan pengukuran secara tidak langsung di laboratorium. Monitoring terhadap komponen udara memerlukan sistem sarana dan peralatan pendukung lainnya. Selain itu, sarana yang ada dinilai kurang praktis mengingat kondisi dan kendala di lapangan. Oleh karena itu, pada tulisan ini dijelaskan mengenai pemenuhan sarana yang diperlukan dengan cara merancang sistem pencuplik udara yang cukup ekonomis, desain model portable-adjustable sehingga selain mendapatkan sarana yang relatif murah, juga memberikan kemudahan untuk dapat meminimalisasi beberapa kendala yang dihadapi di lapangan. Perancangan dilakukan dengan cara mengidentifikasi kendala yang dihadapi di lapangan, menentukan bagian-bagian sistem yang diperlukan, lalu membangun sistem dengan memanfaatkan komponen yang telah tersedia dan mudah didapat di pasaran. Telah dirancang dan dibuat sistem alat pencuplik udara model portable-adjustable. Sistem alat telah dioperasikan dan digunakan untuk kegiatan monitoring komponen udara.

Kata kunci: Rancang bangun, Pencuplik udara, Monitoring radioaktivitas lingkungan

ABSTRACT

DESIGNING OF PORTABLE-ADJUSTABLE AIR SAMPLER SYSTEM MODEL. In order to protect workers, people, and environment, the periodic monitoring and supervising all of safety aspects in the nuclear facility is needed that referring to the regulations. Monitoring should be done to determine the value of radioactivity in the environmental components that have potentially impact to the environmental quality, so that it becomes base of evaluation of environmental management system. Air is the one of the environmental components that could be monitored by indirect measurement method in the Laboratory. Monitoring of air components requires tools and other equipment as a system. The existing tools are considered have less practical given by conditions and problems in the field. Therefore, this paper describes the fulfilment of means needed by designing economically air sampler system with relatively cheap tools portable-adjustable models also practically to minimize of problems faced in the field. The designing has been done by identifying of problems in the field, determining of parts needed, then manufacturing of system with utilize the components that has been available and easily to obtain. A portable-adjustable air sampling system model has been designed and manufactured. It has been operated and used for monitoring air component.

Keywords: Designing, air sampler, environmental radioactivity monitoring

1. PENDAHULUAN

Pusat Sains dan Teknologi Nuklir Terapan (PSTNT) mempunyai fasilitas reaktor TRIGA 2000 dan laboratorium pengguna zat radioaktif. Dalam upaya melindungi pekerja, masyarakat, serta lingkungan, perlu melakukan monitoring dan pengawasan secara berkala mencakup seluruh aspek keselamatan baik pekerja, fasilitas, dan lingkungan yang mengacu kepada PP No. 33 tahun 2007 tentang Keselamatan dan Keamanan Sumber Radiasi Pengion, Perka Bapeten No. 4 tahun 2010 tentang Sistem Manajemen Fasilitas dan Kegiatan Pemanfaatan Tenaga Nuklir, Perka Bapeten No.4 tahun 2013 tentang Proteksi Radiasi dan Keselamatan dalam Pemanfaatan Sumber Radiasi Pengion, dan Perka Bapeten No.7 tahun 2017 tentang Perubahan Perka Bapeten No. 7 tahun 2013 tentang Nilai Batas Radioaktivitas di Lingkungan.

Monitoring terhadap komponen lingkungan, salah satunya udara perlu dilakukan untuk mengetahui nilai radioaktivitas yang berpotensi berdampak bagi kualitas lingkungan sehingga dijadikan dasar penilaian untuk evaluasi kesesuaian dengan ketentuan yang ditetapkan serta dasar dilakukannya perbaikan sehingga kondisi keselamatan lingkungan dapat tercapai. Data hasil monitoring yang diperoleh menjadi arsip data PSTNT dan bahan pelaporan yang ditujukan kepada lembaga berwenang yaitu Badan Pengawas Tenaga Nuklir (Bapeten) dan Badan Pengelola Lingkungan Hidup (BPLH) di

pemerintahan daerah setempat. Manfaat dari kegiatan dan data yang dihasilkan ini diantaranya adalah:

1. Mengetahui perubahan kualitas komponen udara di lingkungan suatu fasilitas sebagai indikator dan dasar penilaian.
2. Fungsi perwujudan tanggung jawab instansi pemerintah dalam pengelolaan lingkungan terhadap pengembangan proyek pemerintah, pemilik usaha (instalasi nuklir, fasilitas zat radioaktif)
3. Sebagai bukti ketaatan hukum perizinan dari badan pengawas
4. Fungsi kontrol terhadap pemanfaatan sumber daya alam dilakukan pemilik usaha yang tetap sesuai dengan prinsip dan berwawasan lingkungan
5. Memperkecil risiko dan potensi gugatan hukum dari pihak eksternal terkait dampak kegiatan di fasilitas terhadap lingkungan.

Salah satu monitoring yang dilakukan yaitu terhadap komponen partikulat udara di dalam maupun di luar kawasan dalam radius tertentu yang menjadi tanggung jawab pengelola fasilitas nuklir akibat efluen udara yang dikeluarkan dari kegiatan normal pengoperasian dan penelitian di fasilitas nuklir yang berpotensi berdampak bagi kualitas lingkungan.

Guna menunjang upaya pengelolaan dan menjamin kualitas dan keselamatan lingkungan dibutuhkan sarana dan prasarana yang dinilai cukup mahal. Selain itu, sering dijumpai kendala terkait kegiatan sampling yang disebabkan oleh kesulitan akses

menuju lokasi dan kondisi medan di titik sampling. Oleh karena itu untuk mendapatkan sarana yang praktis, mudah, dan ekonomis perlu dikembangkan sebuah sistem pencuplik udara *portable-adjustable*.

Kegiatan ini bertujuan untuk mengembangkan sistem pencuplik udara *portable-adjustable* yang praktis, mudah, dan ekonomis. Manfaat yang diharapkan adalah memudahkan petugas sampling dalam menunjang kegiatan monitoring keselamatan lingkungan di dalam maupun di luar kawasan fasilitas.

Sistem alat ini digunakan untuk menjawab dan mendukung kebutuhan personil petugas sampling komponen udara di laboratorium serta personil Sub Bidang Keselamatan Kerja dan Proteksi Radiasi (KKPR) Bidang Keselamatan Kerja dan Keteknikan (K3) di PSTNT dan pengguna lain di luar PSTNT sehingga lebih mudah dan praktis mengingat kendala dan keterbatasan yang ada.

2. TATA KERJA

2.1 Identifikasi kendala yang dihadapi

Metodologi yang digunakan pada kegiatan ini dapat ditunjukkan oleh Dari beberapa pengalaman petugas ketika melakukan kegiatan pengambilan cuplikan udara untuk dianalisis lebih lanjut di laboratorium, diperoleh beberapa data kendala teknis diantaranya sebagai berikut:

1. Sistem alat yang digunakan sebelumnya memerlukan *supply* arus AC yang sulit ditemukan di lapangan (lahan terbuka,

kebun warga, jalan raya, dan sebagainya).

2. *Supply* arus AC alat pencuplik udara sebelumnya dihasilkan oleh generator set memerlukan bahan bakar minyak sehingga mengeluarkan gas buangan dan suara bising ketika dioperasikan, memiliki bobot yang relatif berat, serta dimensi volume yang relatif besar tidak praktis untuk diangkut.
3. Alat pencuplik udara sebelumnya memiliki bobot yang relatif berat sekitar 10 kg.
4. Volume udara yang diambil dipengaruhi oleh durasi operasi sistem alat. Semakin presisi waktu operasi alat akan semakin presisi hasil pengukuran
5. Persebaran lokasi titik pengambilan cuplikan udara sebagian besar sulit untuk dilalui dan diakses kendaraan roda empat pengangkut.

2.2 Penentuan bagian-bagian utama dan perancangan sistem alat yang diperlukan

Mempertimbangkan beberapa kendala yang telah diidentifikasi sebagaimana diuraikan di atas, maka bagian-bagian sistem yang diperlukan diantaranya sebagai berikut:

1. *Supply* arus untuk pengoperasian sistem alat diganti menggunakan arus DC maka diperlukan *dynamo* motor yang dapat beroperasi dengan arus DC
2. *Generator set* semula sebagai *supply* arus diganti dengan baterai
3. Diperlukan satu set alat sistem vakum dengan bobot yang lebih ringan
4. Diperlukan *timer* yang terintegrasi dengan sakelar untuk memutus arus secara

otomatis sesuai durasi operasi yang diinginkan

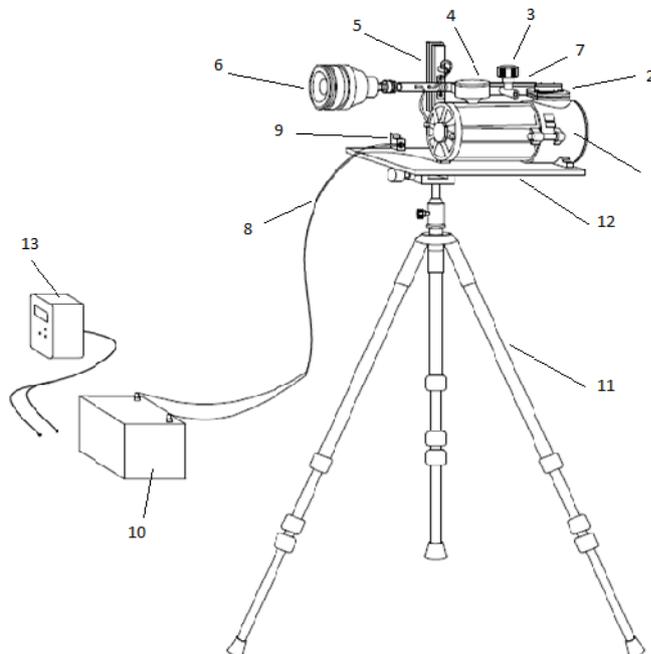
5. Diperlukan sistem alat dengan sistem bongkar-pasang sehingga mudah diangkut

Berikut ini adalah komponen atau bagian-bagian penyusun dalam sistem alat pencuplik udara *portable-adjustable* yang telah didapat:

1. Motor (*dynamo*) model 107CDC20-898 (12V DCHZ 8.0A)
2. Sistem vakum hisap (*integrated with motor system*)
3. Valve regulator/flowrate control (*integrated with motor system*)
4. Barometer (*capacity range 0-760 mmHg*)
5. Flowratemeter model HI-Q (*capacity range 0-70 LPM*)

6. Corong hisap model HI-Q CAT# RVH-20
7. Pipa dan selang udara model V-FLO-70 serial# 23023
8. Kabel (standard panjang 150 mm)
9. Saklar (standard)
10. Baterai MF model panasonic tipe LC-P1242NA 40A 12V
11. Tipod model excell UFO 360 (*height range 40-160 cm*)
12. Dudukan pelat (multiplex 80 mm x 250mm x 250mm)
13. Digital intelegent charger model i-MAX 901-Dc-A110-R1 CHG8B HEX

Adapun rancangan sistem alat pencuplik udara *portable-adjustable* dapat dilihat pada Gambar 1 berikut ini:



Gambar 1. Rancangan sistem alat pencuplik udara model *portable-adjustable*

2.3 Perakitan sistem alat

Berdasarkan rancangan pada Gambar 1, dilakukan perakitan dengan tahapan sebagai berikut:

1. Komponen yang telah tersedia dirangkai berdasarkan kesesuaian fungsi
2. Perangkaian dimulai dari sistem alat hisap yaitu motor *dynamo*, vakum, pipa dan corong yang dihubungkan dengan selang pendek
3. Membuat dudukan pelat agar alat hisap yang sudah terangkai dapat diposisikan di atas kaki penopang
4. Merangkai sistem alat hisap dengan dudukan pelat digabungkan menggunakan mur dan baut
5. Merangkai sistem alat hisap beserta dudukan pelat dengan kaki penopang memanfaatkan *ball joint* yang telah terintegrasi pada tripod.
6. Memasang sakelar yang dihubungkan dengan kabel
7. Sistem alat terangkai dapat dioperasikan menggunakan baterai (arus DC)
8. Daya baterai di isi ulang dengan menggunakan *inteleigent digital charger*

Adapun detail bentuk komponen penyusun sistem alat pencuplik udara portable-adjustable dapat dilihat pada Gambar 2 sampai dengan Gambar 12 sebagai berikut:



Gambar 2. Komponen motor (*dynamo*) model 107CDC20-898 (12V DCHZ 8.0A)



Gambar 3. Komponen vakum hisap (*integrated with motor system*)



Gambar 4. Komponen *valve regulator/flowrate control* (*integrated with motor system*) dan barometer (capacity range 0-760 mmHg)



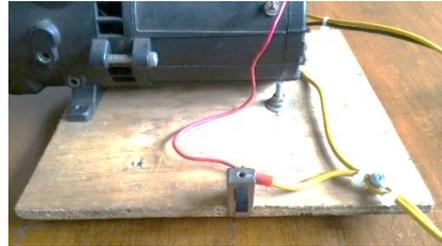
Gambar 5. Komponen *flowratemeter* model HI-Q (capacity range 0-70 LPM)



Gambar 6. Komponen Corong hisap model HI-Q CAT# RVH-20



Gambar 7. Komponen pipa dan selang udara model V-FLO-70 serial# 23023



Gambar 11. Komponen dukungan pelat (multiplek 80 mm x 250 mm x 250 mm)



Gambar 8. Komponen saklar (standard)



Gambar 12. Komponen *digital intelegent charger* model i-MAX 901-DC-A110-R1 CHG8B HEX



Gambar 9. Komponen baterai MF model panasonic tipe LC-P1242NA 40A 12V)



Gambar 10. Komponen tripod model excell UFO 360 (height range 40-160 cm)



Gambar 13. Sistem pencuplik udara model *portable-adjustable* secara keseluruhan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Komponen *dynamo* motor, sistem vakum hisap, *valve regulator*, *flowrate* meter, barometer, dan corong hisap adalah satu kesatuan vendor HI-Q Inc., namun merupakan komponen terpisah. *Dynamo* motor, sistem vakum hisap, *valve regulator* dengan sistem pipa yang terdapat *flowratemeter*, barometer, dan corong hisap belum dapat dioperasikan sebelum dihubungkan menggunakan selang udara tambahan. Sementara komponen lainnya yang menjadi bagian di dalam sistem ini adalah saklar, tripod model Excell, baterai, *digital intelegent charger* model i-max, kabel, klem, penjepit buaya, mur, dan baud.

Sistem pencuplik udara ini relatif lebih mudah dibawa dan dipindahkan dari satu tempat ke tempat yang lain (*portable*) dibandingkan alat yang sebelumnya digunakan (Gambar 13). Meskipun demikian alat ini tetap membutuhkan arus listrik untuk dapat beroperasi. Jenis arus listrik yang digunakan adalah DC 12 V. Maka digunakan baterai jenis MF (*maintenance free*) dengan tujuan mudah dalam perawatan dengan kapasitas 40 A tegangan 12 V. Spesifikasi ini disesuaikan dengan sistem kerja *dynamo* motor.

Penggunaan baterai 40 A dinilai cukup memenuhi kebutuhan operasi untuk setiap kali kegiatan pengambilan sampel di minimal lima lokasi dengan durasi 30-60 menit pada masing-masing lokasi dengan catatan baterai dalam kondisi daya penuh sebelumnya. Jika dibandingkan dengan sumber listrik yang digunakan sebelumnya

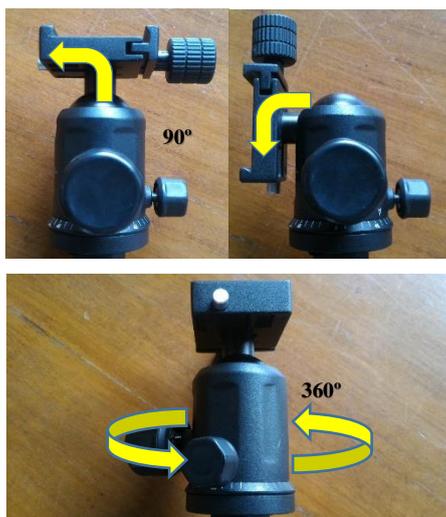
(arus AC), dibutuhkan *generator set* yang berukuran besar dan berbobot hingga 50 kg serta alat pencuplik udara yang berbobot hingga 10 kg (Gambar 14), tentunya lebih menyulitkan petugas sampling terutama ketika harus melakukan pengambilan pada kondisi medan yang berat yang tidak bisa dilalui kendaraan. Selain itu, penggunaan *generator set* dapat menimbulkan polusi udara akibat bahan bakar yang digunakan dan suara bising yang dikeluarkan sehingga mengganggu lingkungan sekitar.

Sampel udara yang diambil memungkinkan berbeda-beda posisi ketinggiannya tergantung dari tujuan sampling. Ketinggian yang diharapkan dapat disesuaikan dengan ketinggian rata-rata manusia pada umumnya, yaitu 150-170 cm. Maka, agar dapat menyesuaikan tinggi atau rendahnya posisi corong hisap alat pada kondisi operasi (*adjustable*), digunakanlah tripod dengan sistem teleskopik rentang ketinggian 40-160 cm dari permukaan tanah.



Gambar 14. Sistem alat pencuplik udara (model staflex sumber arus AC dari generator set)

Berdasarkan spesifikasinya tripod ini berbahan *solid alloy* dan cukup mampu menopang beban hingga 5 kg sehingga dapat digunakan untuk menopang sistem alat dengan bobot 4 kg. Sedangkan bobot tripod sendiri adalah 1,5 kg. Maka secara keseluruhan bobot hanya 4,5 kg sehingga relatif mudah untuk dibawa. Tripod yang menjadi penyangga sistem alat yang berada di atasnya didesain mudah dilepas untuk mengurangi dimensi volume alat secara keseluruhan sehingga tidak memerlukan ruang yang besar ketika diangkut. Selain fitur teleskopik, tripod yang digunakan memiliki fitur *adjustable* terhadap arah yang dapat diputar 360° serta geometri penopang dudukan pelat berbentuk *spherical* yang dapat diputar ke segala arah untuk penyesuaian arah yang diinginkan dan posisi hadap corong hisap (atas dan bawah) tanpa harus merubah posisi kaki tripod secara keseluruhan (Gambar 15).



Gambar 15. Sistem *ball joint* penopang dudukan pelat dengan geometri *spherical* dan *rotateable*

Penggunaan tripod untuk sistem ini terdapat kendala karena tidak sesuai dengan peruntukannya, maka dibutuhkan dudukan pelat agar sistem alat dapat ditempatkan di atasnya dengan kuat dan stabil. Dudukan pelat dibuat dengan dimensi ukuran 250 mm x 250 mm berbasis kayu berlapis dengan tujuan mengurangi bobot dan mudah dibentuk.

Pada saat perencanaan desain awal pengembangan, stop kontak yang akan digunakan sebagai pemutus arus dilengkapi dengan sistem pengaturan waktu secara otomatis. Namun dengan kendala tidak tersedianya komponen yang diperlukan maka dipasang saklar model standar dengan kelemahan pengaturan durasi operasi alat (memutus arus) harus dilakukan secara manual. Pengaturan tekanan dan *flowrate* dengan satuan skala LPM (liter per menit) pada sistem pipa udara untuk memperhitungkan volume udara dihisap yang disesuaikan dengan durasi operasi. Jika pada sistem alat lama ditentukan rata-rata *flowrate* hisap 180 SCFH selama 30 menit didapatkan volume udara terhisap 2548,52 L, maka dengan alat baru dapat dicapai dengan durasi operasi selama 36,41 menit dengan pengaturan *flowrate* pada 70 LPM. Hal ini berarti bahwa tidak terdapat perbedaan besar pada kemampuan daya hisap kedua alat tersebut.

Perawatan baterai telah dipermudah dengan menggunakan *digital intelligent charger* (model i-max) yang dapat secara otomatis mendeteksi kondisi performa baterai dan kapasitas arus yang disimpan

oleh baterai. Berdasarkan kondisi bahwa baterai yang digunakan belum mengalami penggantian hingga sekarang dan masih dapat digunakan dengan baik meski sudah berumur empat tahun. Baterai ini sudah digunakan sejak sebelum sistem *adjustable* diterapkan.

Kelemahan pada sistem alat yang baru adalah durasi operasi alat yang relatif singkat. Hal tersebut diakibatkan oleh terbatasnya kapasitas daya yang dihasilkan dari penggunaan baterai (arus DC) sebagai penggerak motor. Namun demikian, untuk dapat mencapai volume cuplikan udara yang sama dengan alat lama, dapat dicapai dengan durasi operasi yang tidak terlalu jauh berbeda berdasarkan perhitungan konversi satuan SCFH ke LPM sebagaimana telah dibahas.

Berdasarkan uraian sebagaimana telah dibahas, maka diperoleh resume perbandingan antara sistem alat pencuplik

udara model sebelumnya dengan sistem alat pencuplik udara model baru yang disajikan pada Tabel 1.

Sistem pencuplik udara *portable-adjustable* telah digunakan oleh petugas sampling di laboratorium beserta mahasiswa yang sedang menempuh praktik kerja setiap kali melakukan sampling udara di dalam maupun di luar kawasan fasilitas nuklir. Penggunaan efektif sistem *portable-adjustable* sejak 2017 hingga saat ini (Gambar 16).

Berdasarkan perbandingan data hasil analisis kualitatif radioaktivitas terhadap cuplikan partikulat udara pada filter yang diambil dengan menggunakan sistem alat pencuplik udara model sebelumnya dengan sistem alat pencuplik udara model baru menunjukkan kesamaan, sehingga menunjukkan bahwa penggunaan kedua sistem alat tersebut tidak mempengaruhi hasil analisis kualitatif.

Tabel 1. Perbandingan sistem alat pencuplik udara model lama dengan sistem alat pencuplik udara model baru

Sistem pencuplik udara model lama	Sistem pencuplik udara model baru
1. Sumber tenaga listrik dari arus AC generator set	1. Sumber tenaga listrik dari arus DC baterai
2. Membutuhkan bahan bakar minyak selama operasi sehingga mengemisikan gas buang karbon	2. Tidak membutuh-kan bahan bakar minyak selama operasi sehingga mengemisikan gas buang karbon
3. Mengeluarkan suara bising selama operasi dari <i>generator set</i> yang digunakan	3. Tidak mengeluar-kan suara bising (suara hanya dari motor vakum)
4. Bobot keseluruhan sistem alat (mesin vakum, filter, <i>genset</i>) 60 kg	4. Bobot keseluruhan sistem alat (mesin vakum, filter, baterai) 14,5 kg
5. Membutuhkan per-alatan angkut untuk dapat dipasang di tempat pengambilan cuplikan	5. Tidak membutuh-kan peralatan pengangkut untuk dapat dipasang di lokasi pengambilan cuplikan (<i>portable</i>)
6. Posisi ketinggian corong hisap tidak dapat disesuaikan	6. Posisi ketinggian corong hisap dapat disesuaikan (40-160 cm dari permukaan tanah)
7. Posisi arah hadap corong hisap tidak dapat disesuaikan	7. Posisi arah hadap corong hisap dapat disesuaikan



Gambar 16. Kegiatan pengambilan cuplikan udara menggunakan sistem pencuplik udara *portable-adjustable* oleh petugas di lokasi titik pengambilan cuplikan (gang, perumahan, halaman, jalan raya, dan lapangan)

4. KESIMPULAN

Disimpulkan bahwa telah dilakukan kegiatan rancang bangun alat pencuplik udara *portable-adjustable* yang lebih praktis dan mudah untuk diangkut dan dioperasikan. Sistem alat telah berhasil dibuat dan cukup efektif digunakan dibandingkan dengan sistem alat sebelumnya sehingga dirasakan manfaat dan kemudahannya bagi petugas sampling baik di laboratorium maupun fasilitas untuk melakukan sampling

komponen udara di beberapa lokasi dengan berbagai kondisi di lapangan.

5. UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih diucapkan kepada kepala Pusat Sains dan Teknologi Nuklir Terapan (PSTNT) – BATAN dan penanggung jawab (PJ) kegiatan yang telah memberi kepercayaan pada kami untuk melaksanakan penelitian ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

1. Peraturan Pemerintah Nomor 33 tahun 2007 tentang Keselamatan dan Keamanan Sumber Radiasi Pengion
2. Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nasional. Nomor 4 tahun 2010 tentang Sistem Manajemen Fasilitas dan Kegiatan Pemanfaatan Tenaga Nuklir
3. Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nasional. Nomor 4 tahun 2013 tentang Proteksi Radiasi dan Keselamatan dalam Pemanfaatan Sumber Radiasi Pengion
4. Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nasional. Nomor 7 tahun 2013 tentang Nilai Batas Radioaktivitas di Lingkungan.
5. International Atomic Energy Agency, Programmes and Systems for Source and Environmental Radiation Monitoring, Safety Reports Series No. SR-S No. 64, Viena (2010)
6. International Organization For Standardization, General Principles for Sampling Airborne Radioactive Materials, ISO-2889, ISO, Geneva (1975)

[Halaman Ini Sengaja Kosong]