

KAJIAN WAKTU TUTUP DAN KEBOCORAN TIGHT DAMPER ISOLATION

Sentot Alibasya Harahap, Santosa Pujiarta

Pusat Reaktor Serba Guna – BATAN
Kawasan Puspiptek Serpong Gedung No. 30, Kota Tangerang Selatan – Banten
Email : santosa_p@yahoo.co.id

ABSTRAK

KAJIAN WAKTU TUTUP DAN KEBOCORAN TIGHT DAMPER ISOLATION. Makalah ini mengkaji permasalahan materi pengujian katup *tight damper isolation* dalam proses kegiatan perawatan sistem ventilasi gedung reaktor RSG-GAS. Kajian ini dilakukan dalam rangka memperbaiki prosedur perawatan pengujian katup damper berdasarkan kaidah manfaat dan keselamatan operasi reaktor. Untuk menjamin keselamatan operasi telah disusun suatu program perawatan yang telah dibakukan didalam LAK reaktor RSG-GAS, dan ketentuan tersebut harus dilaksanakan oleh penguasa instalasi. Didalam LAK terdapat ketentuan untuk melakukan uji waktu tutup dan uji kebocoran udara pada *tight damper isolation* gedung, sementara dari prosedur perawatan yang ada hanya petunjuk untuk melakukan uji buka dan tutup katup *damper isolation*, sehingga dibuat kajian untuk memperbaiki prosedur yang telah ada. Dari kajian diperoleh hasil bahwa uji waktu tutup tidak diperlukan, tetapi yang diperlukan adalah prosedur perawatan motor *damper* dan pengujian laju kebocoran udara pada *damper* isolasi gedung reaktor RSG-GAS. Dengan adanya pengujian ini maka besarnya pelepasan zat radioaktif ke lingkungan dapat dikendalikan.

Kata kunci: laju kebocoran, pengujian, tight damper, waktu tutup

ABSTRACT

ASSESSMENT OF LEAKAGE AND CLOSING TIME OF ISOLATION TIGHT DAMPER. This paper assesses the problems of isolation tight damper testing material in the process of building ventilation system maintenance activities RSG-GAS reactor. The study was conducted in order to improve maintenance procedures based on the principle of testing the damper valve and safety benefits of reactor operation. To ensure the safety of operations we have prepared a treatment program that has been standardized in the RSG-GAS reactor SAR, and such provision shall be implemented by the ruler of the installation. In the SAR there is provision to do the closing time and air leakage test on isolation building tight dampers, while the maintenance procedures are only clues to open and close damper isolation test, so it was made to improve existing procedures. Results obtained from assesment that closing time test is not required, but what is needed is the damper motor maintenance procedures and air leakage rate testing from isolation dampers of the RSG-GAS reactor building. With the release of this test the amount of radioactive substances into the environment can be controlled.

Keyword: leakage rate, testing, tight damper, closing time

PENDAHULUAN

Sistem ventilasi gedung RSG-GAS merupakan sistem pengatur tata udara yang terpadu. Sistem ventilasi ini mengungkung gedung reaktor dari bahaya terlepasnya zat radioaktif ke lingkungan. Dengan demikian udara yang keluar gedung telah aman dan terbebas dari kontaminasi radioaktif. Untuk

menjamin keselamatan lingkungan dari bahaya kontaminasi, sistem ini harus selalu dijaga dan diperiksa keandalannya. Hal ini tercakup dalam kegiatan perawatan dan pengujian sistem yang dilakukan setiap bulan, 3 bulanan, 6 bulanan, maupun 1 tahunan.

Pengujian suatu komponen atau peralatan sudah menjadi ketentuan di dalam suatu

instalasi nuklir. Hal ini untuk menjamin keselamatan yang berkaitan dengan pekerja radiasi dan masyarakat umum. Demikian juga halnya dengan sistem ventilasi gedung reaktor yang selalu dipantau kualitas udara buangnya. Di dalam Laporan Analisis Keselamatan (LAK, *Safety Analysis Report*, SAR) Revisi 9⁽¹⁾; Halaman: XVII-28 dari XVII-42), tertulis ketentuan bahwa “Uji fungsi untuk damper isolasi pengungkung dilakukan saat uji yang ditujukan untuk sistem tekanan rendah. Uji waktu tutup harus dilakukan tahunan. Uji kebocoran harus dilakukan tahunan”. Pernyataan di dalam LAK (*safety analysis report*, SAR) tersebut mewajibkan kepada pihak penguasa instalasi nuklir untuk melakukan pekerjaan pengujian waktu tutup dan laju kebocoran udara pada damper isolasi gedung reaktor setiap tahunnya untuk memenuhi keselamatan nuklir.

Di dalam melaksanakan ketentuan pengujian waktu tutup dan laju kebocoran damper pengungkung diperlukan suatu pemahaman tentang manfaat dan dampak terhadap perawatan (*maintenance*) sistem, struktur, dan komponen reaktor (SSK), untuk menjaga agar keselamatan operasi reaktor tetap sederhana, diperoleh tekanan total yang dibangkitkan oleh aliran udara sebesar adalah:

Tekanan statis + Tekanan dinamis = Tekanan total yang dapat ditulis dengan Persamaan (1).

$$P_s + \frac{\rho V^2}{2g} = P_T \quad (1)$$

$$\frac{\rho V^2}{2g} = P_T - P_s = \Delta P$$

atau

$$V = C \sqrt{\frac{2g \Delta P}{\rho}} \quad (\text{ms}^{-1})$$

dengan :

C = konstanta tabung pitot, besarnya bergantung kepada faktor koreksi (*correction factor*, cf) fungsi dari kecepatan aliran udara [cf= f(V)] dan jarak antara tangkai tabung pitot (*stem*) dengan objek yang akan di ukur. Jarak yang dimaksud adalah: jarak antara tangkai tabung pitot dan ujung terdapan dari tabung pitot (*tip*)⁽²⁾.

$$C = (0,995 \rightarrow 1)$$

terjaga. Tanpa adanya kedua unsur pemahaman tersebut maka diperlukan kajian ulang atas ketentuan yang tertulis di LAK, karena pada pernyataan uji waktu tutup kurang memenuhi 2 (dua) kriteria di atas, yaitu: azas manfaat dan dampak terhadap perawatan. Untuk penerapan pengujian hanya diprioritaskan pada uji kebocoran kerapatan damper isolasi pengungkung udara gedung reaktor.

Pengujian laju kebocoran udara pada *tight damper* isolasi ini perlu dilakukan sebagai kegiatan rutin perawatan sistem ventilasi gedung reaktor RSG-GAS, dengan tujuan untuk mengetahui besarnya laju kebocoran udara dari gedung reaktor menuju lingkungan. Dengan diketahui besarnya laju kebocoran udara tersebut maka dapat dilakukan tindakan untuk mencegah terjadinya pelepasan zat radioaktif ke lingkungan.

TEORI

Laju kebocoran adalah kemampuan menyekat/mengisolasi (*damper; valve*) untuk menerima laju aliran fluida pada tekanan per satuan waktu. Berdasarkan persamaan Bernoulli yang di

$$g = \text{ gaya gravitasi } [9,81 \text{ m/det}^2]$$

$$\rho = \text{ berat jenis udara } [\text{kg/m}^3].$$

Diasumsikan bahwa kondisi udara dengan kelembaban *relatif (relatif humidity, RH)* 60% dan suhu bola kering 20°C, maka :

$$\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$$

$$\Delta P = \text{ beda tekanan rerata } [\text{kgf/m}^2]$$

sehingga untuk konstanta koreksi tabung pitot, C = 0,995 , maka V dapat dinyatakan dengan Persamaan (2).

$$V = 4,02 \sqrt{\Delta p} = 3,64 \sqrt{(P_T - P_s)} \quad [\text{m/det}] \quad (2)$$

dengan:

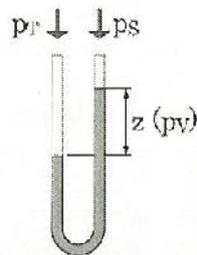
$$P_T = \text{ tekanan total } [\text{kgf/m}^2]$$

$$P_s = \text{ tekanan statis } [\text{kgf/m}^2]$$

Hasil pengukuran tekanan (tekanan statis atau tekanan total) yang diperoleh masih dalam data baku, sehingga diperlukan pengolahan lanjut. Untuk mendapatkan hasil yang akurat di dalam pengukuran beda tekanan maka diperlukan pendekatan empiris dan faktor koreksi agar penggunaan alat ukur konvensional yang direkomendasikan memenuhi standar.

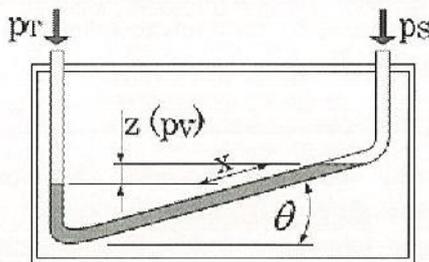
Jenis alat ukur tekanan konvensional yang digunakan, adalah sebagai berikut.

- a. Manometer tabung-U (*U-tube manometer*; Gambar.1.a)
- b. Manometer iklinasi (*inclined manometer*; Gambar.1.b)



$$p_T - p_S = z$$

Gambar 1.a. Manometer Tabung U



$$p_T - p_S = x \sin \theta = z$$

Gambar 1.b. Manometer Iklinasi

Laju aliran udara, adalah:

$$Q = V \times A \left[\frac{\text{m}^3}{\text{det}} \right] \quad (3.a)$$

atau,

$$Q = 4,02 A \sqrt{(P_T - P_S)} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{det}} \right] \quad (3.b)$$

dengan:

A = luas penampang laluan udara [m^2]

Untuk luas penampang damper isolasi pengungkung (AD), adalah:

$$AD = B \times H \left[\text{m}^2 \right] \quad (4.a)$$

sedangkan untuk luas penampang ducting (AT), adalah:

$$AT = \frac{\pi}{4} D_c^2 A \left[\text{m}^2 \right] \quad (4.b)$$

dengan:

D_e = diameter ekuivalen [m]

Dasar perhitungan luas penampang ducting ditentukan dari diameter ekuivalen, karena ada faktor kekasaran permukaan

ducting sehingga ada rugi-rugi akibat gesekan^[3].

Besar diameter ekuivalen, adalah:

$$D_e = 1,3 \left[\frac{(BII)^5}{(B+H)^2} \right]^{-1/8} \left[\text{m} \right] \quad (4.c)$$

maka laju kebocoran, adalah :

$$LQ = 4,02 \times \sqrt{(P_T - P_S)} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{det m}^2} \right] \quad (5)$$

Laju kebocoran rerata untuk n kali pengujian, adalah:

$$LQ = 4,02 \times \frac{A_D}{A_T} \sum_{x=1}^n \left[\sqrt{(P_T - P_S)} \right] \left[\frac{\text{m}^3}{\text{s.m}^2} \right]$$

Dengan adanya pernyataan dalam Laporan Analisis Keselamatan (LAK) yang menyebutkan bahwa perlunya pengujian waktu tutup dan tes kebocoran damper, maka dengan ini perlu diuraikan mengenai azas manfaat dari kegiatan uji waktu tutup dan laju kebocoran damper isolasi pengungkung.

1. Uji waktu tutup damper isolasi pengungkung.
 - a. Manfaat terhadap keselamatan reaktor.

Jika waktu tutup relatif singkat atau di bawah batas waktu yang telah ditentukan oleh pabrik pembuat^[4], maka aliran udara balik menjadi minimal, sehingga pengendalian pengungkungan zona radiasi menengah (*intermediated radiation zone, IR^[1]*) akan beroperasi dengan normal. Jika waktu tutup relatif lambat atau diatas batas waktu yang telah ditentukan oleh pabrik pembuat, maka aliran udara balik menjadi relatif menjadi besar, sehingga pengendalian pengungkungan zona radiasi menengah (*intermediated radiation zone, IRZ^[1]*) beroperasi dengan tidak sewajarnya (*abnormal; malfunction*), hal ini akan berakibat pengkondisian dan pengendalian sistem ventilasi tekanan negatip gedung reaktor harus beroperasi dalam rentang waktu yang relatif lebih lama dengan kondisi beban maksimum, sedangkan konstruksi penampang (*leaf*) damper mempunyai

berat yang relatif cukup besar dengan ditumpu poros setimbang pada titik tengah *damper*. Dengan demikian uji waktu tutup *damper* isolasi menjadi kurang penting karena telah ditetapkan oleh pabrik pembuatnya.

b. Manfaat terhadap perawatan.

Pengujian penutupan *damper* yang dilakukan pada kegiatan perawatan hanya untuk mengetahui unjuk kerja aktuator *damper* pengungkung, sebab kecepatan waktu tutup *damper* telah ditentukan oleh pabrik pembuatnya^[4] dan kecepatan penutupan tersebut di proteksi oleh sistem kendali di dalam motor aktuator katup *damper*. Dengan pengertian tersebut maka waktu pembukaan *damper* relatif lama, berarti sistem kendali dan sistem transmisi atau mekanisme penggerak *damper* mengalami gangguan, dan ini akan diantisipasi oleh alat pengendali putaran motor aktuator *damper* untuk mematikan sistem. Dari pengertian ini bahwa kecepatan penutupan *damper* katup isolasi sudah tidak dapat diubah, tetapi telah diantisipasi dengan pemadaman sistem ventilasi gedung reaktor, karena ada kegagalan penutupan *damper* yang berakibat kegagalan pengoperasian sistem ventilasi zona radiasi menengah.

c. Fungsi keselamatan operasi reaktor.

Pengertian waktu penutupan katup isolasi hanya berlaku dan dipersyaratkan pada sistem pendingin primer, karena berfungsi untuk mencegah terjadinya kecelakaan nuklir akibat kehilangan air pendingin (*lost of cooling accident, LOCA*), sehingga dengan di ketahui parameter waktu tutup katup isolasi akan dapat diprediksi laju kehilangan air pendingin hingga batas aman untuk pengoperasian reaktor, sedangkan pada katup *damper* isolasi tidak diperlukan, dan apabila terdapat kebocoran zat radioaktif didalam gedung reaktor maka sistem pemantau radiasi keluar gedung (KLG 06) akan memberikan respon dan perintah untuk menutup *damper*

isolasi, sehingga udara yang dalam gedung akan terkungkung (*containment/isolation building*).

2. Uji laju kebocoran *damper* isolasi pengungkung.

a. Manfaat terhadap keselamatan reaktor.

Uji laju kebocoran *damper* isolasi pengungkung sudah terstandarisasi secara nasional/internasional, yaitu pada:

1) *American Society of Mechanical Standard, ASME N510-1995*^[4]. Pengujian sistem pengendalian udara bersih pada instalasi nuklir (*testing of nuclear air-treatment system*), pada paragraf 6 dan 7 tentang laju kebocoran maksimum *damper* isolasi pengungkung, adalah sebesar: 0,0005 CFM per ft³ volume *damper* pada tekanan 10 in.w.g ($\approx 30 \text{ dm}^3/\text{h.m}^3$ pada tekanan 25 mbar)

2) Data & spesifikasi teknik *damper*^[3] isolasi pengungkung di RSG-GAS, telah mempersyaratkan, laju kebocoran maksimum adalah $10 \text{ dm}^3/\text{h.m}^2$ dengan beda tekanan sisi masuk dan sisi keluar *damper* 100 mbar

3) Standar keselamatan dari *Underwriters Laboratories*^[5,7] untuk *fire damper*, UL[®]555 mempersyaratkan bahwa laju alir udara minimum yang diijinkan adalah 2.400 fpm ($\approx 4.080 \text{ m}^3/\text{h}$) dengan beda tekanan sisi masuk dan sisi keluar *damper* 4 in.w.g ($\approx 10 \text{ mbar}$)

b. Manfaat terhadap perawatan.

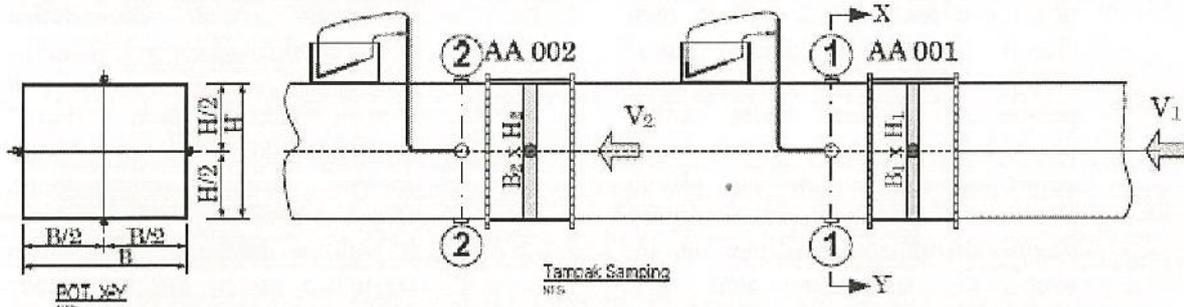
Manfaat pengujian kebocoran *damper* untuk kegiatan perawatan adalah berfungsi untuk mengetahui unjuk kerja *damper* isolasi pengungkung, secara khusus untuk mengetahui kelayakan komponen perapat (*tightness*) antara bilah (*flap*) dengan rumah (*housing*) *damper*, dan secara keseluruhan untuk mengetahui unjuk kerja sistem ventilasi di daerah radiasi menengah (*intermediate radiation zone, IRZ*).

METODA

Metoda pengukuran laju kebocoran *damper* isolasi pengungkung, bergantung kepada jenis penggunaan alat ukur yang digunakan, sebab untuk alat ukur produksi masa sekarang (*digital type*) tampilan hasil pengukuran dapat berupa kecepatan aliran udara [V, m/det] dan tekanan statis atau tekanan jumlah (*total pressure*) [p_s ; p_t ; dalam Pa], sedangkan untuk alat ukur tekanan konvensional harus melakukan perhitungan ulang, dalam melakukan pengukuran dapat

menggunakan 1(satu) dari 2 (dua) jenis alat ukur tekanan, yaitu; alat ukur jenis manometer tabung-U (*U-tube manometer*) atau jenis manometer iklinalasi (*inclined manometer*), untuk mendapatkan hasil yang akurat maka di rekomendasikan menggunakan jenis manometer iklinalasi.

Konstruksi *damper* isolasi pengungkung menggunakan dua unit *damper* (lihat Gambar 2) yang beroperasi secara serempak dalam kondisi menutup atau membuka.



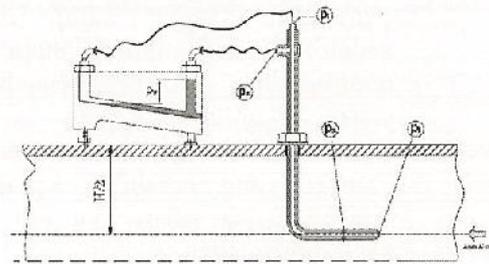
Gambar 2. Lokasi Pengukuran Laju Kebocoran Pada Katup Isolasi NTS

Tujuan pemasangan 2 (dua) unit *damper* dalam jalur *ducting* yang sama adalah untuk meminimalisasi laju kebocoran dan untuk menjamin keandalan isolasi pengungkung.

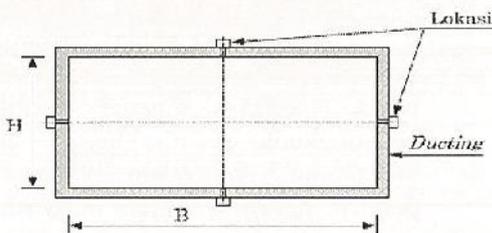
Persyaratan yang harus dipenuhi didalam pengukuran laju kebocoran, adalah:

1. Lokasi dan posisi tabung pitot

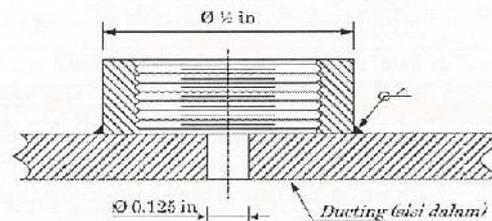
Lokasi pengukuran harus ditengah-tengah *ducting* (lihat Gambar 3 dan 4) dan posisi ujung tabung pitot harus mengarah ke arah aliran ($H/2, 90^0$ atau $B/2, 90^0$). Diameter lubang pengukuran $\varnothing 0,125$ in (3,175 mm) untuk pengukuran tekanan statis permanen (lihat Gambar 5 dan Gambar 6).



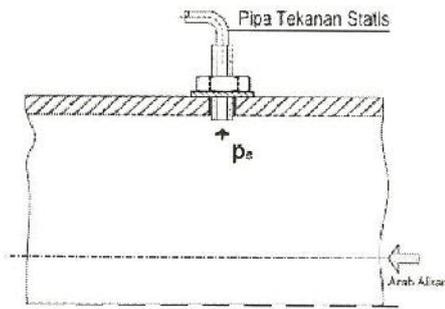
Gambar 4. Posisi dan Penempatan Pitot Tube^[7] NTS



Gambar 3. Lokasi Pengukuran Tekanan NTS^[7]



Gambar 5. Lubang Pengukuran Tekanan^[7]



Gambar 6. Lubang dan Posisi Tekanan Statis Permanen NTS^[7]

2. Penentuan lokasi dan jarak tabung pitot ke *damper*.

Penentuan lokasi pengukuran dan jarak tabung pitot ke *damper* harus ditentukan terlebih dahulu agar tidak menimbulkan kesalahan pengambilan data pengukuran, dianjurkan pada jarak

$$3H \geq L > 1,25H.$$

3. Uji waktu tutup *damper* isolasi pengungkung

Proses pengujian waktu tutup *damper* adalah kegiatan pengukuran waktu yang dimulai saat ada gangguan (*faults; trigger*) dari posisi buka hingga menutup. Secara *visual* (lihat & dengar) masih kurang akurat, sebab kesemua dilakukan masih tergantung kepada emosi & psikologi operator. Untuk mendapatkan hasil yang mendekati dengan kondisi sesungguhnya maka di harapkan dapat di rancang suatu mekanisme pengukuran waktu tutup *damper* isolasi pengungkung.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data hasil pengukuran laju kebocoran disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Laju Kebocoran *Tight Damper*

No	Posisi <i>Tight Damper</i>	Laju Kebocoran [m ³ /det.m ²]		Keterangan
		Hasil Pengukuran	Batas Izin	
1	Pasokan udara segar (KLA10 AA001)	0,14993	10,00	Baik
2	Keluaran udara radiasi menengah atau <i>filter plant</i> dari gedung (KLA20 AA002)	0,8656	10,00	Baik
3	Keluaran udara radiasi tinggi dari gedung, terdiri dari:			
3.1	KLA20 AA003	0,00000	10,00	Bermasalah
3.2	KLA20 AA004	7,74212	10,00	Baik

Hasil pengukuran yang diperoleh menampilkan, bahwa dari 4 (empat) lokasi pengukuran laju kebocoran *tight damper* isolasi pada sistem ventilasi gedung reaktor RSG-GAS, terdapat 2 (dua) unit *damper* isolasi menunjukkan hasil yang baik, yaitu: *damper* untuk pasokan udara segar (KLA10 AA001) dan *damper* untuk pengeluaran udara dari gedung reaktor setelah yang melewati *filter plant* (KLA20 AA002). Kriteria laju kebocoran pada *damper* tersebut dinyatakan baik, karena telah memenuhi kriteria dimana laju kebocoran udara melalui *damper* masih jauh dari batas yang diijinkan (batasan standar laju kebocoran udara adalah 10 m³/det.m²), berarti *damper* dapat bekerja serta berfungsi dengan sangat baik.

Pada *damper* isolasi yang berada dijalur pengeluaran udara daerah radiasi menengah atau *filter plant* dari gedung (KLA20 AA003) menunjukkan bahwa alat tidak merespon adanya beda tekanan atau kecepatan aliran antara *damper*. Hal ini dapat terjadi akibat:

1. Kesalahan penempatan posisi tabung pitot; atau
2. Aliran udara balik pada sisi dalam *damper*.

Berikut ini diberikan uraian tentang permasalahan dan penyelesaian.

Kesalahan penempatan posisi tabung pitot dapat mengakibatkan pembacaan yang menyimpang. Hal ini disebabkan oleh dalam satu jalur aliran udara (*ducting*) akan ada beda

tekanan yang dibangkitkan oleh kecepatan aliran dari *fan/blower*. Jika realita menunjukkan bahwa aliran udara akan mengarah dari titik A ke B ($A \rightarrow B$) dan fakta menunjukkan aliran udara dari titik B ke A ($A \leftarrow B$), maka hasil pengukuran akan mengalami kesalahan, sebab pada alat ukur telah ditetapkan bahwa: sisi masuk aliran bertanda positif (+) dan sisi keluaran aliran bertanda negatif (-). Kemungkinan ini dapat terjadi karena ada tarikan udara dari sistem ventilasi tekanan rendah (KLA40 AN101/201/301). Permasalahan tersebut dapat diselesaikan dengan mengevaluasi pola laju aliran (*flow pattern*) pada jalur *ducting* sisi keluaran udara radiasi tinggi (KLA 20 AA003), kemudian dapat ditentukan penempatan tabung pitot yang terbaik, agar dapat mencegah aliran udara balik.

Untuk *damper* isolasi pada sisi terluar dari jalur pembuangan udara dari gedung reaktor (KLA20 AA004), diperoleh hasil pengukuran laju kebocoran telah mencapai 77,4% dari batas yang diizinkan, maka harus dipersiapkan suku cadang pengganti, berupa: komponen perapat (*seals*) dari bilah/daun *damper* dan penumpu poros *damper* (*bushing type*). Kesemua antisipasi ini bertujuan untuk menjamin keselamatan pengoperasian reaktor dan keselamatan nuklir.

Pada pengujian laju kebocoran udara dipergunakan alat ukur beda tekanan, dengan model: Magnesense® Series MS¹⁶ dengan akurasi $\pm 2\%$ pada rentang penukuran hingga 1250 Pa (125 mbar atau 5 in.wg. Catu daya listrik, sebesar 10 - 35 V_{DC} dengan arus maksimum, sebesar 40 mA dan tampilan *digital* (LED).

KESIMPULAN

Berdasarkan uraian di atas dapat diambil kesimpulan bahwa pengujian waktu tutup tidak perlu dilakukan, tetapi pengujian kebocoran harus dilakukan pada *tight damper isolation*, sebab berkontribusi terhadap keandalan *tight damper* dalam mengisolasi gedung.

Kontribusi uji kebocoran, meliputi:

1. dapat mencegah pelepasan udara terkontaminasi ke lingkungan;
2. dapat mengetahui unjuk kerja *tight damper* sebagai acuan surveilen (*surveillance*) untuk pengendalian batas kondisi

pengoperasian *tight damper* yang diizinkan; dan

3. menggugurkan pemberlakuan prosedur perawatan pengujian waktu tutup *tight damper*.

Inisiasi pengukuran kebocoran *tight damper* telah diperoleh hasil berupa 2 (dua) *tight damper* berindikasi sangat baik (KLA10 AA001 & KLA20 AA02), 1 (satu) *tight damper* mengalami penyimpangan hasil pengukuran (KLA20 AA003) dan 1 (satu) *tight damper* memerlukan alokasi penyediaan suku cadang pengganti karena telah mendekati nilai ambang batas kebocoran, yaitu 95% dari batas yang diizinkan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Anonim, Laporan Analisis Keselamatan, Revisi 9.
2. Anonimous, *Using a pitot static tube for velocity and flow rate measurement*, http://www.flowmeterdirectory.com/flowmeterartc/flowmeter_artc_02111201.html
3. Arismunandar, W. dan Sato, H., *Penyegaran Udara*, Cetakan Kelima. PT. Pradnya Paramita (Persero), Jakarta. (1995).
4. *Contamination Technology Corporation-Specification*, www.file-specifications.html
5. *Data sheet*, *Spec*, 19.00269.6.No. A1. (1986)
6. *Anonymous, Dwyer Instruments, Inc., Series MS Magnesense® Differential Pressure Transmitter. Bulletin A-26. ©Copyright 2006. Printed in USA. P.O.Box 373. Michigan City, IN 43361-0373, US, (2006).*
7. *Anonymous., AMCA Publication 203., Part 3 – A Guide to the measurement of fan-system performance in the field., Air Movement And Control Association (AMCA), Inc. 30 West University Drive. Arlington Heights, Illinois 60004. Printed in USA., (1976).*
8. *Anonymous, Ruskin®, 3900 Dr. Greaves Road. Kansas City, MO 6430., USA, <http://www.ruskin.com/catalog/servefile.aspx?id=2200>, (2002).*