

PERBAIKAN SISTEM VENTILASI PADA INSTALASI PENYIMPANAN SEMENTARA BAHAN BAKAR NUKLIR BEKAS

Parjono, Budiyo

Pusat Teknologi Limbah Radioaktif - BATAN

ABSTRAK

PERBAIKAN SISTEM VENTILASI PADA INSTALASI PENYIMPANAN SEMENTARABAHAN BAKAR NUKLIR BEKAS. Sistem ventilasi KH-IPSB3 didisain untuk menjaga suhu, kelembaban, dan tekanan negatif ruangan pada standar kondisi operasi yang dipersyaratkan. Sistem ventilasi telah berusia lebih dari 20 tahun, sehingga kinerjanya menurun akibat penuaan pada sebagian komponen. Unit *exhaust fan* yang berfungsi untuk mengevakuasi udara dari dalam ruang gedung KH-IPSB3 telah mengalami kerusakan pada bagian komponen mekanik dan komponen kontrol. Sistem peralatan tidak bisa dioperasikan secara optimal sehingga perlu dilakukan tindakan perbaikan. Perbaikan bertujuan untuk mengembalikan kinerja unit *exhaust fan* berfungsi optimal sesuai dengan spesifikasi teknik yang ditentukan. Metoda yang digunakan dalam kegiatan ini adalah mengganti komponen sistem mekanik dan sistem kontrol yang telah rusak atau menurun kinerjanya, kemudian dilakukan pengujian pasca perbaikan. Tindakan perbaikan unit *exhaust fan* pada sistem ventilasi KH-IPSB3 telah berhasil mempertahankan kondisi standar operasi yang dipersyaratkan untuk *exhaust fan* yaitu nilai arus motor < 48 ampere, kebisingan < 90 dB, suhu bearing < 75 °C, dan *flow rate* udara antara 250 – 325 m/detik. Dengan hasil perbaikan tersebut maka kondisi ruangan kolam KH-IPSB3 dapat dijaga pada suhu operasi 25 °C, kelembaban relatif jauh dibawah 86%, dan tekanan negatif antara 75 – 125 pascal.

Kata kunci: perbaikan, fan penghisap, ventilasi

ABSTRACT

MAINTENANCE OF VENTILATION SYSTEM IN INTERIM STORAGE FOR SPENT FUEL INSTALLATION The ISFSF ventilation system is designed to keep the ambient, humidity and negative pressure of the room at the required operating conditions standard. Ventilation system has been aged more than 20 years, so its performance decreased due to aging in some components. The exhaust fan unit that serves to evacuate the fadng from within the building space of ISFSF has been damaged in the mechanical component parts and control components. The equipment system can not be operated optimally so it needs to be repaired. Improvements aim to restore the performance of the exhaust fan unit to function optimally in accordance with the specified engineering specifications. The method used in this activity is to replace the mechanical system components and control systems that have been damaged or decreased performance, then performed post-repair testing. The repair of the exhaust fan unit in the ISFSF ventilation system has successfully maintained the standard operating conditions required for the exhaust fan ie motor current value <48 amperes, noise <90 dB, bearing temperature <75 oC, and air flow rate between 250 - 325 m / second. With these improvements, the condition of the ISFSF pool room can be maintained at 25 °C operating temperature, relative humidity far below 86%, and negative pressure between 75 - 125 pascal.

Keywords: repair, exhaust fan, ventilation

PENDAHULUAN

Kanal Hubung-Instalasi Penyimpanan Sementara Bahan Bakar Bekas (KH- IPSB3) dibangun pada tahun 1993, berfungsi untuk menyimpan bahan bakar nuklir bekas dan bahan teriradiasi lain yang berasal dari Reaktor Serba Guna GA Siwabessi (RSG-GAS), Instalasi Radio Isotop (IPR), dan Instalasi Radio Metalurgi (IRM). Didalam gedung KH-IPSB3 terdapat kanal transfer dan kolam penyimpanan bahan bakar nuklir bekas yang berisi air. Kualitas suhu air dijaga pada suhu maksimum 35°C. Kondisi suhu ruangan gedung dipertahankan pada suhu dan kelembaban tertentu untuk menjaga keselamatan petugas dan peralatan didalamnya. Suhu dan tingkat kelembaban udara di daerah kolam penyimpanan dijaga $\leq 25^{\circ}\text{C}$ dan kelembaban relatif 40 - 86% RH. Angka ini ditetapkan dengan mengasumsikan bahwa kolam penyimpanan mengalami penguapan dengan kecepatan 250 liter/hari.

Dalam rangka menjaga suhu air kolam dan suhu ruangan KHIPSB3 pada nilai yang ditentukan maka instalasi dilengkapi dengan sistem pendingin. Suhu air kolam dijaga dengan mengoperasikan sistem pendingin air kolam sedangkan suhu ruangan dijaga dengan mengoperasikan sistem ventilasi. Kedua sistem dihubungkan ke unit mesin pendingin (*chiller*) melalui pemipaan dengan media air. *Chiller* adalah mesin refrigerasi yang berfungsi untuk mendinginkan air pada sisi evaporatornya. Air dingin yang dihasilkan selanjutnya didistribusikan ke mesin penukar kalor (FCU / *Fan Coil Unit*). Udara segar dari luar dihembuskan melewati FCU sehingga menghasilkan udara dengan suhu kurang dari 15⁰C.

Sistem tata udara di instalasi KHIPSB3 telah berumur lebih dari 20 tahun, sehingga beberapa komponen telah mengalami penuaan bahkan telah terjadi kerusakan yang berakibat pada penurunan kinerja. Optimasi operasi harus tetap dilakukan agar *output* masih dalam batas kondisi operasi dengan mempertimbangkan kondisi peralatan. Jika kegiatan pemeliharaan dan perawatan fasilitas tidak dilakukan maka operasi peralatan tidak dijamin dapat memenuhi ketentuan Batas Kondisi Operasi (BKO). Jika nilai BKO terlampaui maka penyimpanan bahan bakar nuklir bekas di KH-IPSB3 tidak dijamin berjalan dengan aman dan selamat.

Kegiatan perbaikan bertujuan untuk mempertahankan fungsi sistem tata udara KHIPSB3 sesuai dengan nilai batas kondisi operasi yang ditentukan sehingga menjamin keselamatan pengelolaan bahan bakar nuklir bekas. Perbaikan *exhaust fan* dilakukan dengan penggantian *bearing set*, *pully set*, *V-belt*, dan *Rejacketing* pipa pendingin sedangkan perbaikan sistem kontrol dilakukan dengan penggantian komponen kontaktor, *thermal overload*, *relay*, *pilot lamp*, *push button*, *MCCB*, dan kabel.

TINJAUAN SISTEM

1. Unit Mesin Pendingin (*chiller*)

KH-IPSB3 mempunyai dua unit mesin pendingin merk *carrer* untuk memenuhi kebutuhan suplai air dingin. Dua unit *chiller* diletakkan di atas atap gedung ISPB3. Masing-masing unit dilengkapi dengan panel kendali dan panel *starter* sehingga tidak saling tergantung satu sama lain. Kapasitas 1 unit *chiller* adalah 414 kW. Kapasitas didesain untuk memenuhi kebutuhan pendinginan *cooling coil* AHU sebanyak 319 kW, sistem pendingin air kolam 40 kW, dan sebagai cadangan 55 kW [1]. Setiap unit *chiller* terdiri dari dua *system* yang dilengkapi dengan 4 langkah pengendalian untuk memvariasi kebutuhan pendinginannya. Pada masing-masing saluran masuk dan keluar dipasang *pressure indicator* dan *temperature indicator*. *Pressure indicator* berfungsi untuk mengetahui nilai tekanan air masuk dan keluar *chiller*, sedangkan *temperature indicator* untuk mengetahui besarnya nilai suhu air. Sistem juga dilengkapi dengan *flow switch* untuk mengetahui adanya aliran air. Informasi aliran digunakan sebagai *interlock* pada sistem kontrol.

Sistem ventilasi dilengkapi dengan pompa distribusi. Pompa distribusi berjumlah 2 buah dengan kapasitas masing-masing 51 m³/jam. Pompa berguna untuk mengalirkan air dingin dari mesin pendingin (*chiller*) ke sistem *blower* dan sistem pendingin air kolam. Air yang telah mengambil panas dari *cooling coil* dan *heat exchanger* dialirkan kembali ke *chiller*. Proses sirkulasi berlangsung secara terus menerus. Untuk mengetahui adanya aliran air pada pipa sebelum dan sesudah pompa maka dipasang komponen *pressure indicator*. Sistem juga dilengkapi dengan 2 buah pompa *make up*. Pompa berfungsi untuk menambah volume air pada saluran pipa distribusi yang kemungkinan berkurang. Pompa dikendalikan otomatis dengan komponen *pressure switch*.

2. Sistem Penghembusan

Suplai udara segar ke gedung IPSP3 dilewatkan melalui *ducting* dari unit pengolah udara (AHU) yang terletak di ruang lantai dasar gedung. Unit AHU terdiri dari komponen *balancing damper*, panel filter, bagian filter, *cooling coil*, dan *backward curved centrifugal fan*. KH-IPSB3 memiliki 2 AHU yang beroperasi bergantian (*1 standby*). Sistem dilengkapi dengan *electric heater battery* dan *sound attenuator* yang berfungsi untuk meredam suara. Kapasitas pendinginan *cooling coil* adalah 319 kW dengan volume udara 4,6 m³/s. Motor *fan* mempunyai daya 11 kW dan mampu menghembuskan udara 4,6 m³/s. Tiga buah baterai *electric heater* dengan No. HB2, HB3 dan HB4 dipasang di sistem *ducting* untuk memvariasi suhu udara di daerah kolam penyimpanan, ruang kendali dan ruang ganti. Baterai dikendalikan melalui panel pengendali *thyristor* yang akan mempertahankan suhu di setiap ruangan. Sensor suhu

ditempatkan pada *ducting* yang sesuai. Setiap baterai dihubungkan secara *interlock* dengan fan motor pada AHU1. Damper pengisolasi digerakkan dengan motor MD1, diletakkan di samping *inlet* udara segar sehingga *damper* akan menutup bila sistem tak beroperasi. Damper pengisolasi dengan No. MD7 dipasang pada *ducting* masuk di KH, sehingga *damper* akan menutup bila sistem nonaktif. Pengendali kecepatan aliran udara (*damper* pengisolasi) dipasang di dua tempat, yaitu pada posisi *inlet* dan pada saluran utama, dengan tujuan untuk keseimbangan. Kecepatan aliran udara dipertahankan selalu tetap melalui pengaturan secara manual *damper* D1.

Sistem Penghisapan

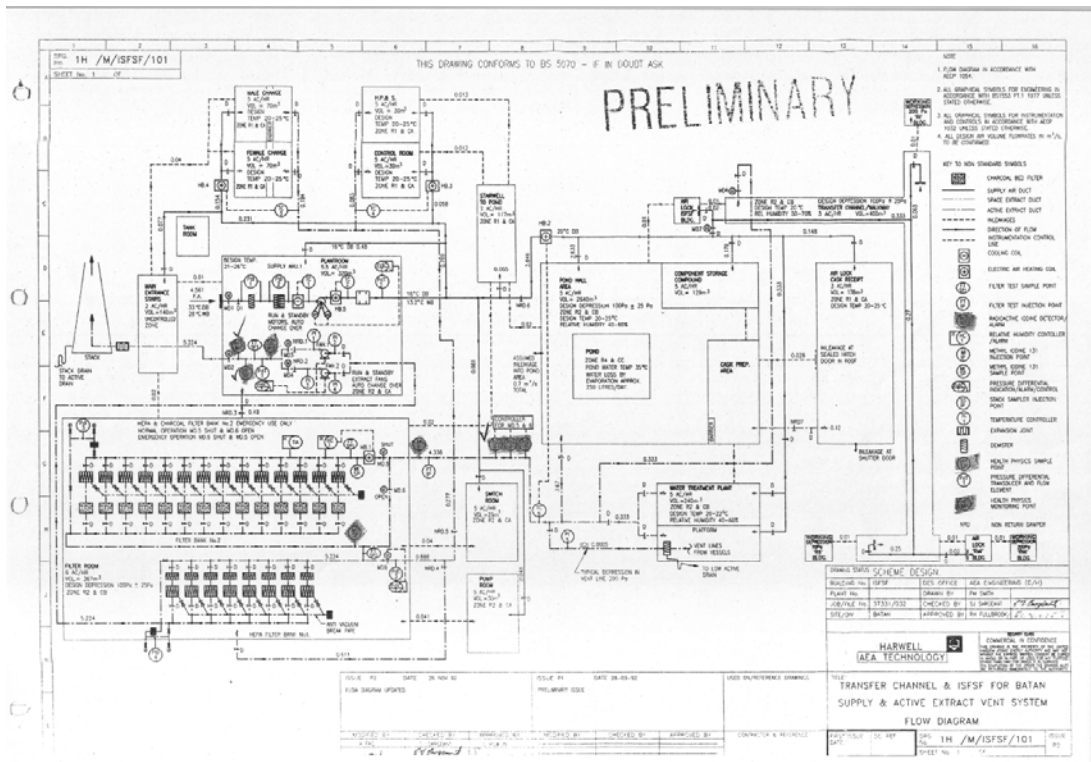
Sistem ventilasi didisain untuk mengatur aliran udara di dalam gedung KH-IPSB3 sehingga gerakan udara selalu menuju sumber kontaminasi. Sistem memperkuat kungkungan pada daerah kontaminasi tinggi dengan mengatur kecepatan udara yang dapat mengendalikan difusi balik. Sistem mampu meminimalkan keluar masuknya udara sehingga menjamin kelayakan fasilitas selama operasi normal maupun darurat. Kestabilan laju aliran udara *extract* di gedung KH-IPSB3 diatur dengan dua buah *fan*. *Fan* dilengkapi dengan pengontrol kecepatan yang berfungsi untuk mengompensasi kenaikan beda tekanan di *extract filter bank* dan juga mempertahankan aliran udara *extract*. Cerobong setinggi 30 m berfungsi untuk menjamin udara yang keluar terdispersi ke lingkungan secara merata. Tinggi cerobong yang berdasarkan pada gedung tertinggi di sekitar fasilitas IPSB3 adalah 30 m. Disain seismik dari cerobong adalah 0,25 g.

Instalasi *Extract Active* terdiri dari dua buah filter bank yaitu *filter bank* nomor 1 dan *filter bank* nomor 2. *Filter bank* nomor 1 mempunyai 8 *canister* yang masing-masing *canister* terdiri atas 1 *pre-filter* dan 1 *HEPA filter*. *Filter bank* nomor 2 mempunyai 14 *canister* yang masing-masing *canister* terdiri atas 1 *HEPA filter* dan 1 *charcoal filter*. *HEPA filter* dipasang di bagian *upstream* terhadap *iodine charcoal filter* bertujuan untuk mencegah *solid* partikel terbawa masuk ke *charcoal filter* juga dipasang *HEPA filter* di bagian *downstream* untuk mengurangi partikulat terkontaminasi yang berasal dari *charcoal*. Diagram sistem ventilasi KH-IPSB3 ditunjukkan pada Gambar 1.

Selama operasi normal, udara dari gedung KH-IPSB3 dialirkan melalui *filter bank* nomor 1 untuk menyaring *particulate* radioaktif sebelum udara dibebaskan ke lingkungan melalui cerobong. Sedangkan pada operasi darurat, udara yang berasal dari daerah kolam, ruang filter dan daerah kanal hubung dilewatkan melalui *filter bank* nomor 2 untuk menyaring gas *iodine*, dan kemudian dilewatkan *filter bank* nomor 1 untuk menyaring *particulate* radioaktifnya. Penyaringan dikendalikan secara otomatis menggunakan detektor *iodine*. Kontaminasi udara di daerah kolam, ruang filter dan kanal hubung dapat timbul bilamana terjadi kecelakaan penanganan bahan bakar, dekontaminasi *flask* dan penggantian filter *HEPA*. Bangunan dalam daerah ini berfungsi sebagai pengungkung. Untuk mencegah aliran balik udara ke ruang penerimaan *cas*, ruang filter, ruang ganti dan daerah ruang kendali, pada saluran ventilasi udara dilengkapi dengan *non-return damper*. Sistem ventilasi mempertahankan tekanan udara di daerah kolam, kanal hubung dan ruang filter pada tekanan negatif (75 – 125) Pa

Suatu pemanas elektrik dipasang pada bagian *upstream charcoal filter* untuk mengurangi dan mengendalikan kelembaban udara sampai < 40% RH, dengan cara menaikkan temperaturnya. Pemanas dipasang *interlok* dengan motor penggerak *damper*. Pemanas dilengkapi dengan *fail safe control* dan sistem alarm untuk mencegah pemanasan yang berlebihan pada *filter charcoal*. *Charcoal filter canister/HEPA* dihubungkan dengan *filter charge operations* secara *on-line*. Sistem ventilasi didisain untuk jangka waktu 40 tahun.

Fan No. 1 dan 2 dipasang pada posisi *downstream* dari *filter bank*. *Fan* bekerja redundan dimana salah satu beroperasi maka lainnya *standby*. *Fan* dikendalikan oleh sebuah *controller* yang menghasilkan suatu sinyal keluaran untuk mempengaruhi kecepatan. *Controller* akan membandingkan harga terukur udara tersaring dengan harga yang telah ditetapkan, dan kemudian menggerakkan pengendali kecepataannya. Pengendali kecepatan aliran ini berfungsi untuk mengompensasi kenaikan beda tekanan pada filter No. 1 dan 2. Kenaikan beda tekanan akan berakibat menurunnya kecepatan aliran udara tersaring. *Fan* No. 1 dan 2 dilengkapi dengan *electrical damper* MD 3 untuk membuka dan menutup jalur aliran udara. Pergerakan *dámp*er dikendalikan oleh *fan start command*. Sistem *extract active* akan beroperasi secara terus menerus dan semua komponen penting harus dapat mempertahankan beroperasinya sistem ini tanpa kegagalan.



Gambar 1. Diagram sistem ventilasi KHIPS B3 [2]

TATA KERJA

1. Bahan

Bahan yang digunakan dalam kegiatan perbaikan ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1: Bahan

No	Bahan	Spesifikasi	Jumlah
1	<i>Pully set</i>	D20 A5 & D18 A5	2 buah
2	<i>Bearing set</i>	<i>Bearing housing SNH 512-610, Bearing 2212K Seals TSNA 512 G, Ring FRB 10/110</i>	4 set
3	<i>V-belt</i>	V-belt 109	10 buah
4	<i>Rejacketing pendingin</i> pipa	plate aluminium 0,8 mm,	5 meter
5	Kontaktor	Kontaktor LC1 D65 <i>with Auxiliary</i> LA1 DN11	2 buah
6	Kontaktor	Kontaktor LC1 D09 01	6 buah
7	Kontaktor	Kontaktor LC1 D09 10	1 buah
8	<i>TOL Delay</i>	<i>TOL Delay LA2 DT2</i>	2 buah
9	<i>Relay</i>	<i>Relay MY4, 220 volt</i>	4 buah
10	<i>Relay</i>	<i>Relay MK 2P-1, 220 volt</i>	19 buah
11	<i>Relay</i>	<i>Relay LY2, 220 volt</i>	4 buah
12	<i>Pilot lamp</i>	<i>Pilot lamp & holder 220 volt</i>	15 pak
13	<i>Push button</i>	<i>Push button & holder 220 volt</i>	12 pak
14	MCCB	MCCB NS 100N, 32/40 A	2 buah
15	MCCB	MCCB NS 100N, 80/100 A	1 buah
16	Kabel	NYY	1 roll

2. Metode

Metoda pelaksanaan perbaikan adalah sebagai berikut :

1. Perbaikan 2 unit *exhaust fan*

Perbaikan *exhaust fan* dilakukan dengan penggantian *bearing set*, *pully set*, *V-belt*, dan *Rejacketing* pipa pendingin.

2. Perbaikan sistem kontrol

Perbaikan sistem kontrol dilakukan dengan penggantian komponen kontaktor, *thermal overload*, *relay*, *pilot lamp*, *push button*, *MCCB*, dan kabel.

3. Pengujian sistem

Pengujian dilakukan terhadap sistem *exhaust fan* pasca perbaikan. Data arus motor, kebisingan, suhu bearing, putaran motor, dan *air flow rate* dijadikan indikator keberhasilan pelaksanaan perbaikan.

Gambar pelaksanaan kegiatan ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Kegiatan perbaikan *exhaust fan*

HASIL DAN PEMBAHASAN

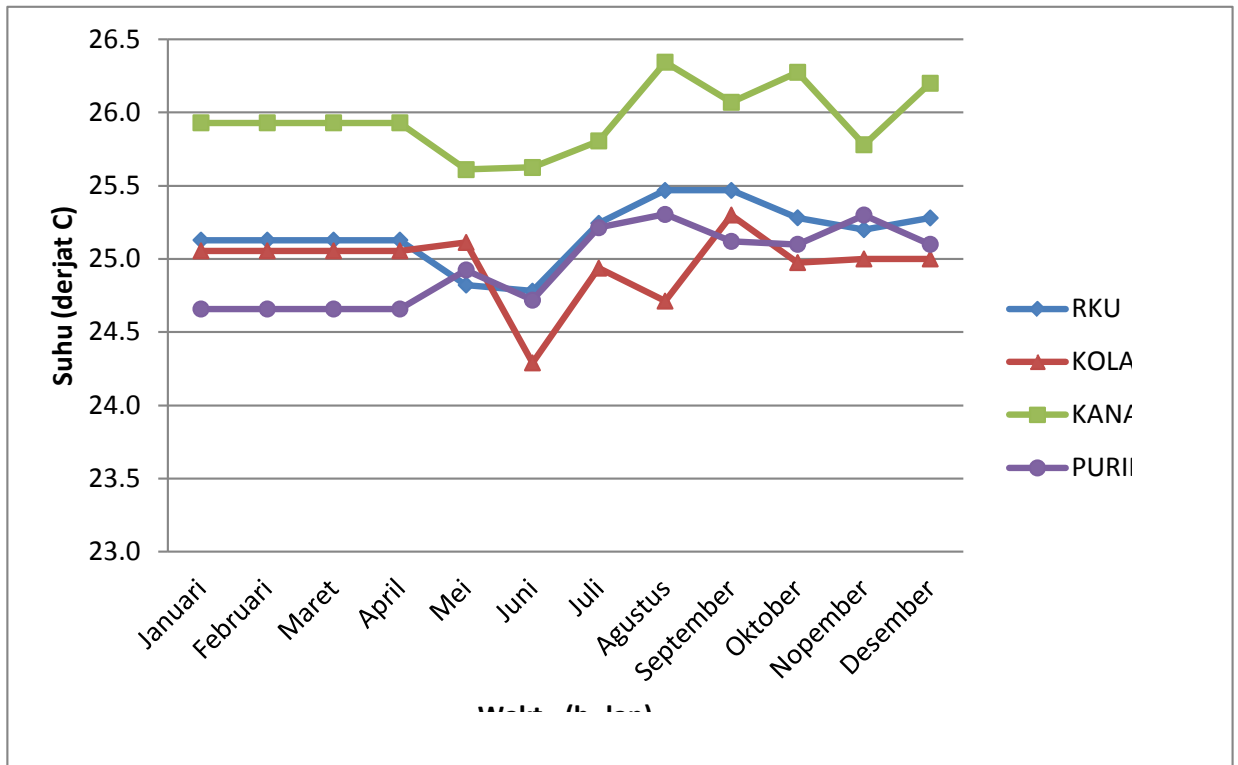
Parameter keberhasilan perbaikan unit *exhaust fan* ditentukan oleh kinerja alat atau sistem yang beroperasi pada kondisi nilai yang dipersyaratkan atau sesuai dengan spesifikasi teknik dari pabrik [4]. Nilai hasil pengujian unit *exhaust fan* pasca perbaikan ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Data hasil perbaikan *exhaust fan* 1 dan 2

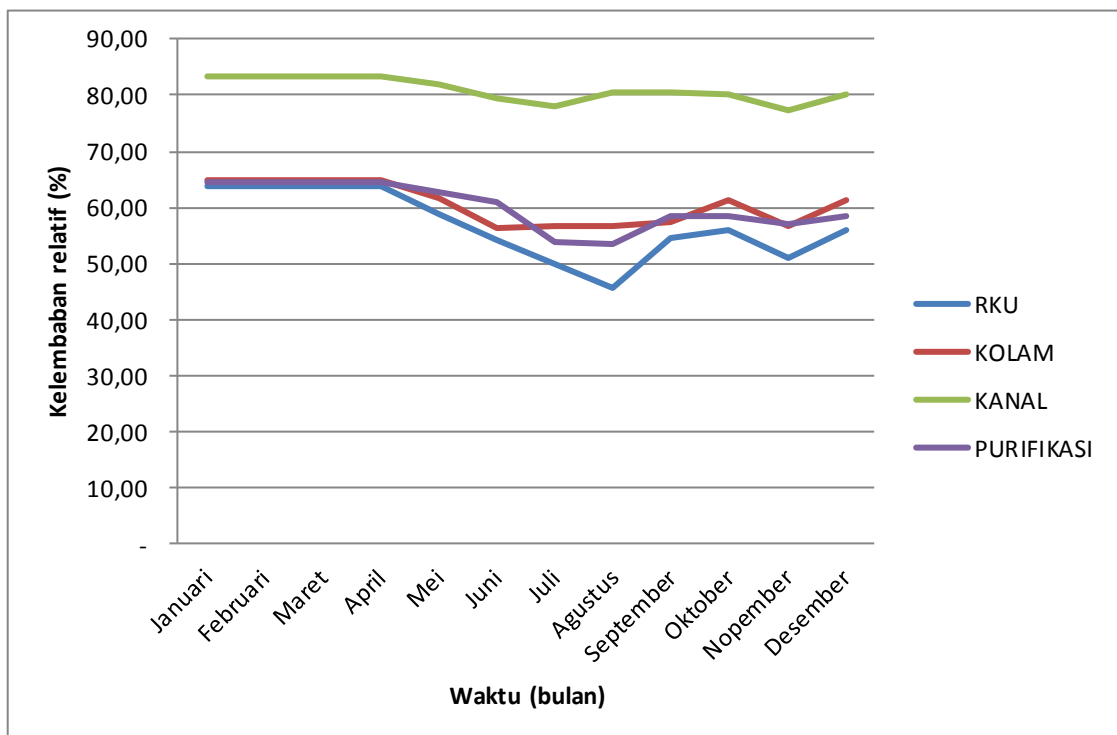
No	Parameter	<i>Exhaust Fan</i> 1	<i>Exhaust Fan</i> 2	Standar [5]
1	Arus motor <i>phase</i> R (Ampere)	41	39	< 48
2	Arus motor <i>phase</i> S (Ampere)	42	40	
3	Arus motor <i>phase</i> T (Ampere)	41	40	
4	Kebisingan (dB)	86	85	< 90
5	Suhu bearing (°C)	36	34	< 75
6	<i>Air flow rate</i> (m/detik)	312	316	250 - 325

Tabel data pengujian menunjukkan bahwa nilai arus nominal tiap fasa pada motor *exhaust fan* 1 bervariasi dari 41- 42 ampere dan motor *exhaust fan* 2 bervariasi dari 39 - 40 ampere. Nilai arus listrik ke dua motor *exhaust fan* memenuhi syarat nilai batas dibawah 48 ampere. Jika ditinjau kesetimbangannya, arus motor *exhaust fan* 1 seimbang antara fasa pada nilai 0,5% demikian juga dengan *exhaust fan* 2 juga seimbang pada nilai 0,5%. Nilai standar toleransi kesetimbangan arus yang digunakan adalah 5% [3]. Artinya bahwa nilai kesetimbangan arus motor *exhaust fan* masih memenuhi syarat toleransi. Nilai parameter pengujian lainnya adalah nilai kebisingan yang terukur antara 85 – 86 dB. Nilai tersebut memenuhi syarat dibawah batas 90 dB. Suhu *bearing* terukur 34-36 °C memenuhi persyaratan dibawah batas 75°C. *Air flow rate* terukur 312 – 316 m³/jam sesuai spesifikasi antara 250 – 325 m/detik.

Unjuk kerja sistem ventilasi setelah perbaikan ditunjukkan pada Gambar 3, Gambar 4, dan Gambar 5. Gambar tersebut mengindikasikan tentang pencapaian target suhu, kelembaban, dan tekanan negatif yang dipersyaratkan untuk instalasi penyimpanan bahan bakar nuklir bekas. Grafik pada **Gambar-3** menunjukkan bahwa nilai rata-rata suhu ruang Kolam, RKU dan Purifikasi masih dalam batas persyaratan. Suhu daerah Kolam berkisar antara 24,3⁰C - 25,3⁰C, ruang RKU berkisar antara 24,8⁰C - 25,5⁰C dan Ruang Purifikasi berkisar antara 24,7⁰C - 25,3⁰C. Suhu diatas batas normal terjadi pada ruang Kanal Hubung yaitu berkisar antara 25,6⁰C - 26,3⁰C. Hal ini disebabkan oleh kecilnya hembusan pada ruang Kanal Hubung. Untuk itu perlu dilakukan penelusuran secara cermat pada saluran hembusan. Jika tidak ditemukan penyebab maka perlu dikaji ulang tentang desain awal sistem *ducting* pada ruang Kanal Hubung untuk dilakukan modifikasi.



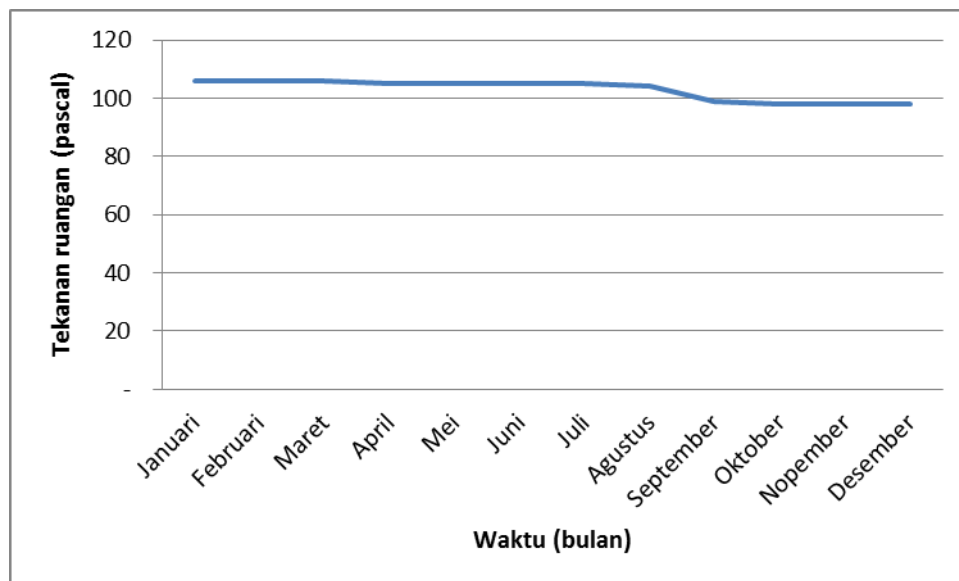
Gambar. 3 Hubungan antara suhu ruang KHIPSB3 dengan waktu pengukuran



Gambar. 4 Hubungan antara kelembaban ruang KHIPSB3 dengan waktu pengukuran

Gambar-4 menunjukkan bahwa nilai rata-rata kelembaban di ruang KHIPSB telah memenuhi syarat. Nilai kelembaban relatif di ruang Kolam berkisar antara 56,3 % - 64,8% ruang RKU berkisar antara

54,6 % - 63,8% ruang Kanal Hubung berkisar antara 77,3 % - 83,4% dan ruang Purifikasi berkisar antara 53,3% - 64,4%. Kelembaban tertinggi terjadi pada ruang Kanal Hubung namun masih sesuai dengan LAK KHIPSB3 yang dibatasi < 86%.



Gambar. 5 Hubungan antara tekanan negatif KHIPSB3 dengan waktu pengukuran

Tekanan negatif ruangan berkisar antara 99,0 - 106,1 pascal. Hasil pengondisian ruang instalasi masih memenuhi BKO antara 75 – 125 pascal. Tekanan negatif berfungsi untuk menjaga daerah kerja dari bahaya kontaminasi udara yang mungkin terjadi. Jika ada kontaminasi di udara daerah kerja maka tidak akan keluar dari gedung penyimpanan sementara bahan bakar nuklir bekas tanpa melalui proses kondisioning. Udara yang keluar melalui cerobong dilewatkan dua buah filter yaitu filter jenis HEPA dan *charcoal*. Hepa filter untuk menangkap partikel-partikel aktif di udara sedangkan *charcoal* untuk menangkap gas *iodine*. Kedua filter dipasang paralel, dipisahkan oleh dua damper yang bekerja otomatis berdasarkan informasi kontaminasi dari sistem saluran udara (SSU). Udara dihisap dari ruangan menggunakan dua buah *exhaust fan*.

KESIMPULAN

Dari bahasan diatas dapat ditarik kesimpulan bahwa kegiatan perbaikan unit *exhaust fan* pada sistem ventilasi KH-IPSB3 telah berhasil mempertahankan kondisi operasi yang dipersyaratkan untuk *exhaust fan* dengan nilai arus motor < 48 ampere, kebisingan < 90 dB, suhu bearing < 75°C, dan *flow rate* udara 250 – 325 m/detik. Dengan hasil perbaikan tersebut maka kondisi ruangan kolam KH-IPSB3 dapat dijaga pada suhu operasi 25 °C, kelembaban relatif jauh dibawah 86%, dan tekanan negatif antara 75 – 125 pascal.

DAFTAR PUSTAKA

1. AEA ENGINEERING, “Transfer Channel and ISFSF for BATAN, Preliminary Design Package, Volume 1”, BATAN, Jakarta, 1992.
2. PTLR, “LAK Kanal Hubung Instalasi Penyimpanan Sementara Bahan Bakar Bekas (KH-IPSB3)”, Pusat Teknologi Limbah Radioaktif, Tangerang, 2009.
3. Pekik Argo Dahono, Kesetimbangan Tegangan dan Pengaruhnya, dikutip dari <https://konversi.wordpress.com/2011/04/15/ketidakseimbangan-tegangan-dan-pengaruhnya/>.
4. Gatot Sumartono, Budiyo, Pemeliharaan dan Perawatan Fasilitas Penyimpanan Sementara Bahan Bakar Nuklir Bekas, Prosiding Hasil Penelitian dan Kegiatan Tahun 2017, PTLR, 2017.
5. PTLR, Program Pemeliharaan Peralatan KH-IPSB3, 2017.