

## EVALUASI PENUAAN PERALATAN SARANA DUKUNG FASILITAS INSTALASI ELEMEN BAKAR EKSPERIMENTAL

Ahmad Paid, Eko Yuli R., Kusyanto

Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir - BATAN  
Kawasan PUSPIPTEK, Serpong – Tangerang Selatan  
Email : [a\\_paid@batan.go.id](mailto:a_paid@batan.go.id)

### ABSTRAK

Evaluasi penuaan peralatan sarana dukung perlu dilakukan dalam menjamin keberlangsungan operasi sarana dukung Fasilitas Instalasi Elemen Bakar Eksperimental untuk memberi kontribusi pada proteksi dan keselamatan instalasi karena struktur, sistem dan komponen (SSK) dapat mengalami perubahan fisik akibat penuaan sehingga mempengaruhi fungsi keselamatan dan umur layanannya, program manajemen penuaan disusun untuk merencanakan dan melaksanakan upaya-upaya yang secara sistematis dan memadai dalam mengelola efek penuaan terhadap SSK dan tujuan dilakukan evaluasi penuaan peralatan fasilitas sarana dukung IEBE untuk mengetahui kelayakan operasi. Metode yang digunakan untuk kegiatan ini meliputi identifikasi penuaan, pemeriksaan, evaluasi. Dari hasil pemeriksaan dan evaluasi dengan menggunakan batasan 70 °C yang dijadikan batasan sebagai bahan evaluasi telah dilakukan tindakan perbaikan pada Panel PVI-CFE.1B, MCCB power utama supply untuk Chiller 2B, Panel power Chiller 2B system-1, untuk pemeriksaan peralatan motor sarana dukung masih dalam kondisi normal, sedangkan untuk pemeriksaan getaran dan visual pada peralatan sistem VAC dan Sarana Dukung terdapat kategori *unacceptable* yang dapat mengakibatkan terjadi kerusakan pada mesin sehingga perlu dilakukan tindakan perbaikan dan penggantian alat yaitu pada supply CDT-3, CDT-4 dan *exhaust* CFE-2.1

Kata kunci: evaluasi, penuaan, struktur, sistem dan komponen (SSK), sarana dukung.

### PENDAHULUAN

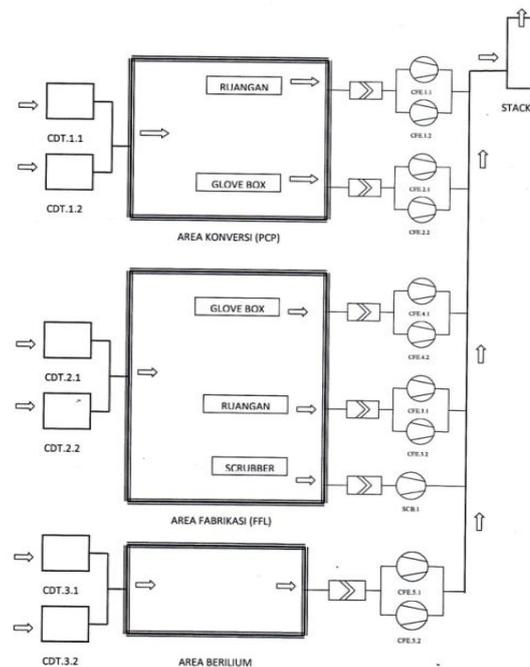
Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir (PTBBN) yang diberi tugas untuk melaksanakan penelitian dan pengembangan teknologi fabrikasi bahan bakar nuklir dan Instalasi Elemen Bakar Eksperimental (IEBE) merupakan Instalasi Nuklir Non Reaktor (INNR)<sup>[1]</sup>, yang dimiliki PTBBN untuk melaksanakan kegiatan Penelitian dan Pengembangan Bahan Bakar Nuklir. Untuk melayani tugas dan fungsinya tersebut, IEBE dilengkapi dengan fasilitas struktur, sistem dan komponen (SSK). Struktur, sistem dan komponen IEBE adalah elemen yang memberi kontribusi pada proteksi dan keselamatan instalasi. Penuaan adalah proses perubahan karakteristik struktur, sistem dan komponen (SSK) sebagai fungsi waktu dan/atau akibat pemanfaatan pada kondisi operasi yang menyebabkan degradasi material<sup>[2,3]</sup>. SSK yang penting untuk keselamatan dapat mengalami perubahan fisik akibat penuaan sehingga mempengaruhi fungsi keselamatan dan umur layanannya. Salah satu perubahan fisik yang terjadi sebagai

fungsi waktu pada suatu instalasi nuklir adalah penuaan (*aging*) fisik pada segenap komponen dan peralatan yang ada di instalasi tersebut. Penuaan dapat menurunkan tingkat ketersediaan (*availability*) dan kehandalan (*reliability*) SSK sehingga akan mempengaruhi kinerja pengoperasian instalasi secara keseluruhan<sup>[4]</sup>. Proses perubahan karakteristik SSK secara berangsurangsur seiring dengan waktu dan/atau penggunaan selama masa operasinya, baik pada kondisi operasi normal maupun pada kejadian operasional terantisipasi (*Anticipated Operational Occurrence*), yang akan menyebabkan terjadinya degradasi material<sup>[5]</sup>.

Jika penuaan ini terjadi pada SSK yang terkait dengan fungsi keselamatan, maka akan membahayakan aspek keselamatan pekerja instalasi, masyarakat serta lingkungan di sekitar instalasi. Sehingga dalam perlaksanaannya diperlukan adanya Program Manajemen Penuaan yaitu rancangan mengenai upaya yang secara sistematis dan memadai untuk mengelola efek dari penuaan terhadap SSK kritis, sedangkan Manajemen Penuaan adalah kegiatan rekayasa, operasi dan perawatan untuk mengendalikan agar pengaruh penuaan pada SSK Kritis masih dalam batas yang dapat diterima<sup>[2]</sup>.

Program Manajemen Penuaan disusun untuk merencanakan dan melaksanakan upaya-upaya yang secara sistematis dan memadai dalam mengelola efek penuaan terhadap SSK. Khususnya SSK yang penting untuk keselamatan namun rentan terhadap penuaan. Peralatan sarana dukung yang meliputi catu daya listrik & instalasi listrik, catu media dan sistem *ventilation and air conditioning* (VAC) gedung Instalasi Elemen Bakar Eksperimental (IEBE) yang diperlukan untuk mendukung kegiatan Penelitian dan Pengembangan Bahan Bakar Nuklir perlu menjamin keberlangsungan operasi dan memberi kontribusi pada proteksi serta keselamatan instalasi. Struktur, sistem dan komponen (SSK) yang telah beroperasi sekitar 30 tahun tentunya dapat mengalami degradasi akibat penuaan. Evaluasi penuaan pada fasilitas sarana dukung IEBE bertujuan untuk mengantisipasi sedini mungkin kerusakan yang akan terjadi akibat penuaan dan degradasi material/komponen untuk menghindari kegagalan operasi yang dapat mengakibatkan terhentinya kegiatan pada fasilitas IEBE. Adapun kegiatan evaluasi pada makalah ini meliputi kegiatan penapisan SSK, identifikasi penuaan, surveilan penuaan, pengumpulan data, dan evaluasi penuaan, sehingga dapat diketahui kondisi peralatan sarana dukung dalam menjaga keberlangsungan kegiatan operasi fasilitas IEBE.





Gambar: 2. Diagram Sistem VAC dan Sarana Dukung IEBE

## Pemeriksaan

Untuk mengetahui perubahan yang diakibatkan oleh adanya penuan dilakukan pemeriksaan secara visual melalui pengamatan secara langsung dan penggunaan alat. Penggunaan kamera inframerah dengan visualisasi warna dan skala temperatur untuk mengamati peta distribusi temperatur pada permukaan alat atau bagian komponen menggunakan Thermografi Inframerah dengan kamera pencitraan termal (*Thermal Imager*) *FLUKE Ti32 IR Fusion Technology* <sup>[6]</sup> dan *software* analisis *SmartView* hasil pemeriksaan ditampilkan dengan gambar termal (*thermal imaging*) yang digunakan untuk mengetahui anomali panas pada komponen, sedangkan pengukuran getaran atau vibrasi menggunakan *Vibration Meter Model VB-8201HA* <sup>[7]</sup> untuk mengukur getaran peralatan yang disebabkan oleh gaya eksitasi getaran berasal dari mesin yang beroperasi, disebabkan antara lain kondisi yang tak seimbang (*unbalance*) baik yang statis maupun dinamis pada mesin, *crash* atau Cacat yang terjadi pada elemen-elemen rotasi atau ketidaksempurnaan bagian/fungsi mesin, untuk mengetahui potensi dini kerusakan alat/mesin.

Selanjutnya hasil data pemantauan kondisi komponen ataupun peralatan, dianalisa untuk dapat diketahui penyimpangan panas ataupun vibrasi pada area yang dicurigai telah terjadi degradasi atau kerusakan akibat penuaan.

## Evaluasi

Dari pengamatan secara visual dan inspeksi menggunakan peralatan yang dilaksanakan secara periodik atau yang terjadual untuk semua komponen dan sistem dilaksanakan. Gejala atau efek penuaan dapat terdeteksi melalui adanya kelainan atau perubahan parameter operasi. Hasil pemeriksaan dilaksanakan analisa dan evaluasi untuk mengetahui kecenderungan gejala yang dapat mengindikasikan adanya masalah penuaan dalam pengoperasian fasilitas sarana dukung IEBE sehingga dapat dilakukan tindakan perawatan, perbaikan ataupun penggantian peralatan berdasarkan hasil temuan. Hasil pemeriksaan analisa dan dievaluasi untuk mengetahui kecenderungan gejala yang dapat mengindikasikan adanya masalah penuaan dalam pengoperasian fasilitas sarana dukung IEBE, selanjutnya yang terjadi adanya ketidaksesuai atau tidak normalan operasi dilakukan tindakan perawatan, perbaikan ataupun penggantian peralatan berdasarkan hasil temuan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pemeriksaan Instalasi Listrik

Pada pelaksanaan pemeriksaan yang telah dilaksanakan untuk jaringan pengkabelan dan panel listrik yang terdapat pada fasilitas IEBE telah dilakukan dan hasil pemeriksaan untuk peralatan listrik dan panel seperti instalasi pada Gambar 1. Blok diagram kelistrikan fasilitas IEBE. Hasil analisa panas permukaan pada peralatan listrik, yang meliputi *Low Voltage Medium* Distribusi Panel (LVMDP) dan Panel, menggunakan alat pencitraan termal (*Thermal Imager*) data hasil pemeriksaan dianalisis menggunakan *software SmartView* ditemukan beberapa yang mengalami ketidaknormalan, meliputi :

#### 1. Panel PVI-CFE.1B / CR-29 (Gd.65)

- Pada Panel PVI-CFE.1B yang berlokasi di CR-29 Gedung 65 untuk MCB, CFE-1B untuk peralatan ventilasi area *Basement* mengalami *over heat* terutama untuk fasa R dengan temperatur terukur 85,0 °C seperti pada gambar 3. Sehingga perlu dilakukan tindakan perbaikan, seperti pada gambar dibawah ini:



Gambar 3. Pemeriksaan MCB CFE.1B untuk area *Basement* sebelum perbaikan

Data hasil pemantauan analisa pengukuran MCB – CFE.1B, sebelum perbaikan :

Name	Avg	Min	Max	Emissivity	St. Dev.
R	39.1°C	33.0°C	85.0°C	0.95	12.19
S	39.3°C	31.7°C	73.4°C	0.95	10.47
T	38.5°C	32.4°C	62.6°C	0.95	7.94

Dari hasil pemeriksaan MCB masih layak digunakan tetapi terdapat kelonggaran pada baut pengikat fasa dan dilakukan tindakan dengan mengencangkan baut pengikat masing-masing fasa, hasil dari tindakan tersebut temperatur yang terukur maks. 37,7 °C, seperti pada gambar 4, adapun data hasil perbaikan dapat dilihat di bawah ini :



Gambar 4. Pemeriksaan MCB CFE.1B untuk area *Basement* setelah perbaikan

Data hasil pemantauan analisa pengukuran MCB – CFE.1B, setelah perbaikan :

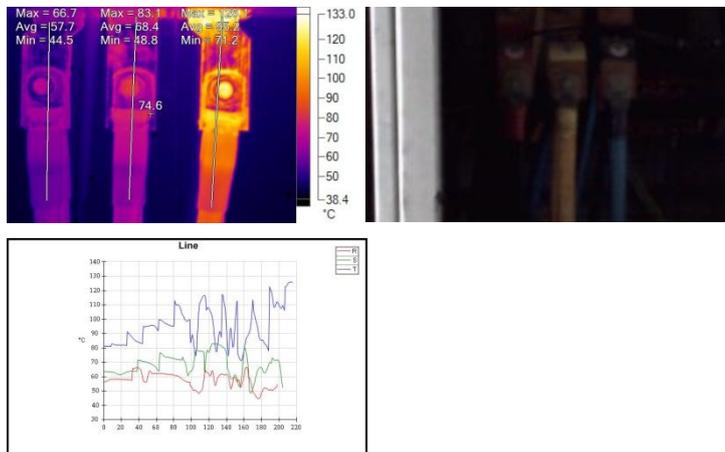
Name	Avg	Min	Max	Emissivity	St. Dev.
R	34.8°C	34.1°C	36.9°C	0.95	0.67
S	35.2°C	33.6°C	37.7°C	0.95	1.14
T	34.8°C	34.0°C	36.7°C	0.95	0.71

## 2. MCCB power utama supply untuk Chiller 2B

- Terjadinya *over heat* pada MCCB power utama supply untuk Chiller 2B yaitu pada Panel – CP.2 / Lokasi Ruang Pompa (Gd.64). Dari pemeriksaan/pendeteksian instalasi listrik menggunakan kamera Thermografi Inframerah (*Thermal Scanning*) hasil *scanning* pada MCCB power utama supply untuk Chiller 2B, telah terindikasi adanya titik panas / *hot-spot* sehingga terjadi *over heat* mencapai temperatur

maks. 126,1 °C, sehingga perlu dilakukan perbaikan pada MCCB, seperti pada gambar 5 dibawah ini :

Sebelum perbaikan



Gambar 5. Pemeriksaan MCCB – Chiller 2B sebelum perbaikan

Data hasil pemantaun analisa pengukuran MCCB – Chiller 2B, sebelum perbaikan

:

Name	Avg	Min	Max	Emissivity	St. Dev.
R	57.7°C	44.5°C	66.7°C	0.95	5.10
S	68.4°C	48.8°C	83.1°C	0.95	7.66
T	95.2°C	71.2°C	126.1°C	0.95	13.35

Untuk menanggulangi *over heat* pada MCCB power utama supply untuk Chiller 2B, dilakukan perawatan meliputi pembersihan sambungan dan perbaikan dengan melakukan penggantian MCCB serta penggantian kabel, dari hasil temperatur yang terukur maks. 61,3 °C dari sebelumnya 126,1 °C seperti pada gambar 6, adapun data hasil perbaikan dapat dilihat di bawah ini :

Setelah perbaikan



Gambar 6. Pemeriksaan MCCB – Chiller 2B setelah perbaikan

Data hasil pemantaun analisa pengukuran MCCB – Chiller 2B, setelah perbaikan :

Name	Avg	Min	Max	Emissivity	St. Dev.
R	46.9°C	40.4°C	59.0°C	0.95	4.86
S	48.4°C	39.5°C	61.1°C	0.95	5.25
T	47.3°C	41.0°C	61.3°C	0.95	5.13

### 3. Kabel Power Chiller 2 B

Hasil pemeriksaan pada Panel power Chiller 2B system-1 temperatur yang terditeksi maks.73,7 °C seperti pada gambar 7, dan pemeriksaa pada kabel sudah terindikasi penuaan dapat dilihat pada gambar 8, dan data hasil pemeriksaan seperti berikut:

Kabel Power Chiller 2B-sys-1 / Ruang Panel Chiller (Gd.64)



Gambar 7. Pemeriksaan Panel power Chiller 2B system-1 sebelum perbaikan

Data hasil pemantaun analisa pengukuran Kabel Power Chiller 2B-sys-1, sebelum perbaikan:

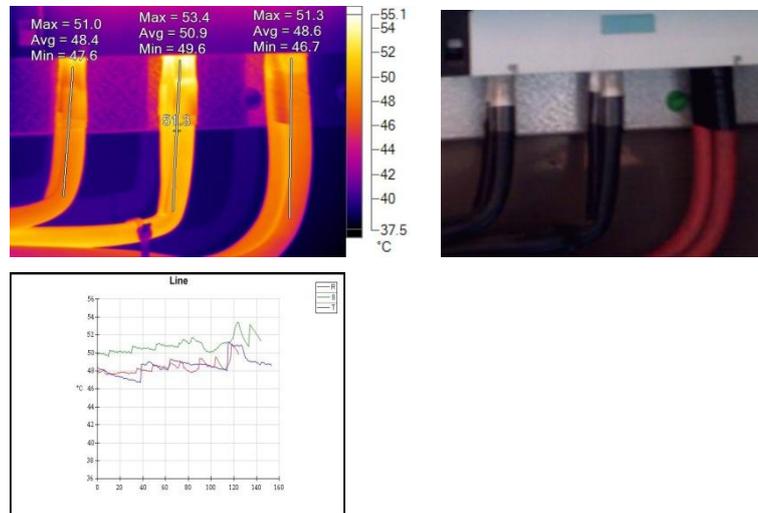
Name	Avg	Min	Max	Emissivity	St. Dev.
R	48.2°C	47.0°C	49.3°C	0.95	0.49
S	51.4°C	48.7°C	57.0°C	0.95	1.98
T	64.0°C	57.4°C	73.7°C	0.95	4.04



Gambar 8 : Kabel pada power Chiller 2B yang teridikasi penuaan

Sehingga dilakukan tindakan perbaikan dan penggantian kabel untuk kabel pada system-1 dan tindakan pembersihan pada MCCB power chiller 2 B, adapun hasil

perbaiki temperatur yang terukur untuk system-1 maks. 53,4, seperti pada gambar 9. Dan data hasil pengukuran sebagai berikut :



Gambar 9. Pemeriksaan Panel power Chiller 2B system-1 setelah perbaikan

Data hasil pemantauan analisa pengukuran Kabel Power Chiller 2B-sys-1, setelah perbaikan:

Name	Avg	Min	Max	Emissivity	St. Dev.
R	48.4°C	47.6°C	51.0°C	0.95	0.70
S	50.9°C	49.6°C	53.4°C	0.95	0.81
T	48.6°C	46.7°C	51.3°C	0.95	0.98

Dalam melakukan evaluasi mengacu pada Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2011 (PUIL 2011)<sup>[8]</sup>, dengan penggunaan kabel tembaga menggunakan isolasi selubung dengan batasan 70 °C yang dijadikan batasan sebagai bahan evaluasi untuk menghindari terjadinya kerusakan pada isolasi kabel seperti diperlihatkan pada Gambar 8 yang terjadi kerusakan isolasi kabel dan apabila terjadi fasa yang lainnya dapat menimbulkan terjadi hubungan singkat.

### Pemeriksaan Motor

Dari pemeriksaan peralatan motor sesuai Gambar 2. Diagram Sistem VAC dan Sarana Dukung IEBE, dengan menggunakan *Thermal Imager FLUKE Ti32 IR Fusion Technology* data yang telah dikumpulkan dari hasil analisis menggunakan *software SmartView* untuk peralatan sistem VAC dan Sarana Dukung, seperti pada Tabel 1.

Tabel 1.: Hasil pemeriksaan panas permukaan pada peralatan Sistem VAC dan Sarana Dukung

No	Nama Alat / Sistem	Temperatur (°C)			Keterangan
		Min.	Maks		
1	Motor PP-9 / R.Pompa (Gd.64)	50,9	60,9	●	Normal : $\leq 80\text{ }^{\circ}\text{C}$
2	Motor PP-8 / R.Pompa (Gd.64)	31,8	54,4	●	Normal : $\leq 80\text{ }^{\circ}\text{C}$
3	Motor PS-9 / R.Pompa (Gd.64)	47,7	60,1	●	Normal : $\leq 80\text{ }^{\circ}\text{C}$
4	Motor CFE-42 / HR-51 (Gd.65)	38,0	60,4	●	Normal : $\leq 80\text{ }^{\circ}\text{C}$
5	Poros dan Bearing CFE-4.2/HR-51 (Gd.65)	35,6	48,9	●	Normal : $\leq 80\text{ }^{\circ}\text{C}$
6	Motor CFE-4.2 / HR-51 (Gd.65)	53,3	60,6	●	Normal : $\leq 80\text{ }^{\circ}\text{C}$
7	Bearing poros CFE-1-2 / HR-51 (Gd.65)	43,8	49,5	●	Normal : $\leq 80\text{ }^{\circ}\text{C}$
8	Bearing poros CFE-1-2 / HR-51 (Gd.65)	43,6	49,3	●	Normal : $\leq 80\text{ }^{\circ}\text{C}$
9	Bearing poros CFE-1-2 / HR-51 (Gd.65)	43,3	48,0	●	Normal : $\leq 80\text{ }^{\circ}\text{C}$
10	Motor CFE-1-2 / HR-51 (Gd.65)	46,5	53,5	●	Normal : $\leq 80\text{ }^{\circ}\text{C}$
11	Blower CFE2-1/ HR-51 (Gd.65)	36,8	45,3	●	Normal : $\leq 80\text{ }^{\circ}\text{C}$
12	Motor CFE2-1 / HR-51 (Gd.65)	36,6	67,6	●	Normal : $\leq 80\text{ }^{\circ}\text{C}$
13	Motor CFE2-1 / HR-51 (Gd.65)	57,6	69,5	●	Normal : $\leq 80\text{ }^{\circ}\text{C}$
14	Motor Scrubber / HR-51 (Gd.65)	36,1	51,3	●	Normal : $\leq 80\text{ }^{\circ}\text{C}$
15	Bearing Fan Scrubber / HR-51 (Gd.65)	33,4	55,9	●	Normal : $\leq 80\text{ }^{\circ}\text{C}$
16	Bearing Fully / R-51 (Gd.65)	35,6	58,3	●	Normal : $\leq 80\text{ }^{\circ}\text{C}$
17	Motor CFE-3-2 / HR-51 (Gd.65)	42,5	57,7	●	Normal : $\leq 80\text{ }^{\circ}\text{C}$
18	Bearing CFE-3-2 / HR-51 (Gd.65)	38,4	47,3	●	Normal : $\leq 80\text{ }^{\circ}\text{C}$
19	Bearing CFE-3-2 / HR-51 (Gd.65)	36,2	44,1	●	Normal : $\leq 80\text{ }^{\circ}\text{C}$
20	CDT-1-1-Motor / HR-51 Gd.65)	27,0	34,9	●	Normal : $\leq 80\text{ }^{\circ}\text{C}$
21	CDT-1-1-Blower bearing / HR-51 (Gd.65)	20,1	36,7	●	Normal : $\leq 80\text{ }^{\circ}\text{C}$
22	CDT-2-2-Motor / HR-51 (Gd.65)	25,7	47,3	●	Normal : $\leq 80\text{ }^{\circ}\text{C}$
23	CDT-2-2-Blower bearing / HR-51 (Gd.65)	18,8	30,3	●	Normal : $\leq 80\text{ }^{\circ}\text{C}$
24	CDT-3-1-Motor / Roof (Gd.65)	34,7	37,4	●	Normal : $\leq 80\text{ }^{\circ}\text{C}$
25	CDT-3-1-Blower bearing / Roof (Gd.65)	29,5	54,4	●	Normal : $\leq 80\text{ }^{\circ}\text{C}$
26	CDT-4-Motor / Roof (Gd.65)	35,0	47,8	●	Normal : $\leq 80\text{ }^{\circ}\text{C}$
27	CDT-4- Blower Bearing / Roof (Gd.65)	32,4	47,0	●	Normal : $\leq 80\text{ }^{\circ}\text{C}$

Pada pengukuran peralatan ini dilakukan pada saat sedang dioperasikan peralatan tersebut dengan melakukan pemeriksaan dan dilakukan scanning secara menyeluruh menggunakan termografi inframerah ditemukan panas bagian motor dan *bearing* yang panas lebih tinggi. Untuk mengevaluasi batasan panas normal menggunakan parameter  $80\text{ }^{\circ}\text{C}$  mengacu pada *bearing* untuk maksimal  $120\text{ }^{\circ}\text{C}$  tetapi pada suhu operasi normal sekitar  $<80\text{ }^{\circ}\text{C}$ , sedangkan untuk motor menurut *The National Electrical Manufacture Association* (NEMA) membagi empat kelas isolasi yang digunakan yaitu: A, B, F, dan H <sup>[9]</sup> yang digunakan pada insulasi motor listrik klas F adalah  $155\text{ }^{\circ}\text{C}$ , dengan *temperature rise*  $105\text{ }^{\circ}\text{C}$  pada temperatur ambien  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$  dengan margin suhu tambahan  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ , sedangkan pada pengukuran motor pada bagian luar untuk seperti pada makalah Pengaman Motor Listrik dengan Sensor Suhu IC LM 135 <sup>[10]</sup>. Dari data hasil pemeriksaan peralatan masih dalam kondisi normal hal ini dilakukan

untuk menghindari terjadinya panas yang berlebihan atau *overheating* yang dapat mengakibatkan kerusakan pada isolasi motor. Isolasi merupakan komponen yang berperan vital terhadap keamanan operasi motor induksi sebagaimana kegagalan isolasi adalah faktor penyebab kerusakan<sup>[11]</sup>. Pada dasarnya, kemampuan isolasi akan mengalami penurunan secara perlahan-lahan akibat penuaan. Sehingga perlu dilakukan pemeriksaan secara berkala untuk mengantisipasi kemungkinan yang dapat menimbulkan kerusakan pada motor.

**Pemeriksaan getaran dan visual**

Dari hasil pemeriksaan getaran yang dilakukan pada peralatan sistem VAC dan Sarana Dukung IEBE, seperti pada tabel sebagai berikut :

Tabel 2 : Pengukuran Vibrasi peralatan sistem VAC dan Sarana Dukung

No	Nama Alat	Vibrasi mm/s		Klas	Keterangan
		Min.	maks		
1	CDT-1.1 / Supply Sistem VAC Area PCP	2,9	7,8	Klas 2	<i>unsatisfactory</i>
2	CDT-2.2 / Supply Sistem VAC FFL	6,0	12,6	Klas 3	<i>unsatisfactory</i>
3	CDT-3.1 / Supply Sistem VAC Berillium	9,9	18,9	Klas 1	<i>unacceptable</i>
4	CDT-4 / Supply Area Bengkel	20,4	100,4	Klas 1	<i>unacceptable</i>
5	CFE-1.2 / Exhaust Area PCP	2,7	4,1	Klas 3	<i>satisfactory</i>
6	CFE-2.1 / Exhaust Glove box Area PCP	4,2	48,3	Klas 1	<i>unacceptable</i>
7	CFE-3.2 / Exhaust Area FFL	6,3	10,0	Klas 3	<i>unsatisfactory</i>
8	CFE-4.2 / Exhaust Glove box Area FFL	5,0	11,9	Klas 1	<i>unacceptable</i>
9	Scrubber / Exhaust Fumehood FFL	2,6	10,0	Klas 2	<i>unsatisfactory</i>
10	CFE-5.2 / Exhaust Area Berillium	2,4	8,7	Klas 2	<i>unsatisfactory</i>

Tabel 3: Standar getaran ISO 2372 (10816)

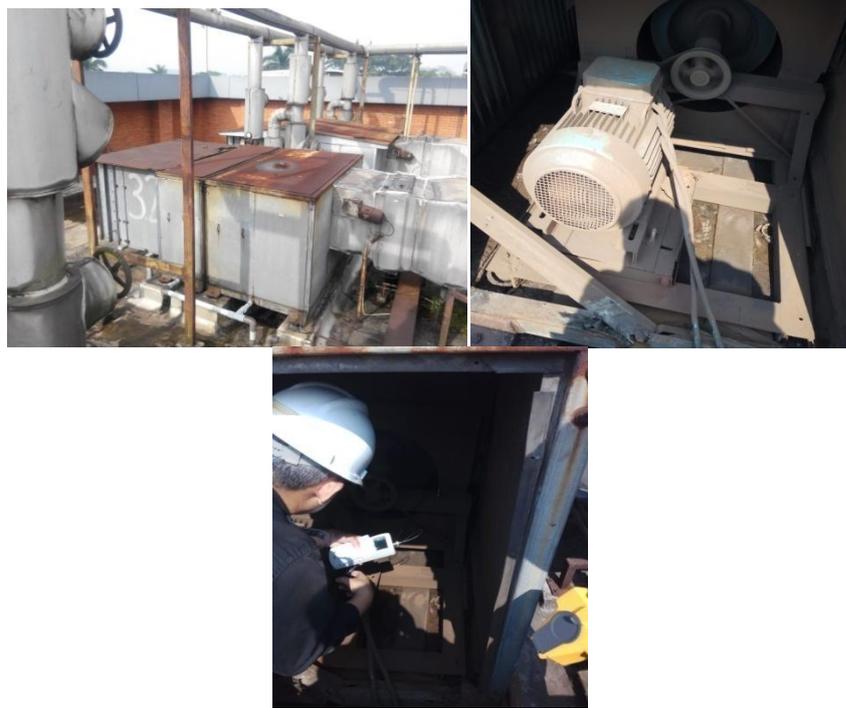
VIBRATION SEVERITY PER ISO 10816					
Machine		Class I small machines	Class II medium machines	Class III large rigid foundation	Class IV large soft foundation
in/s	mm/s				
Vibration Velocity Vrms	0.01	0.28			
	0.02	0.45			
	0.03	0.71		good	
	0.04	1.12			
	0.07	1.80			
	0.11	2.80		satisfactory	
	0.18	4.50			
	0.28	7.10		unsatisfactory	
	0.44	11.2			
	0.70	18.0			
	0.71	28.0		unacceptable	
1.10	45.0				

Dalam standar getaran ISO 2372 (10816) <sup>[12]</sup> seperti pada Tabel 3 yang digunakan untuk menentukan tingkat getaran suatu mesin dikelompokkan berdasarkan klasifikasi daya penggerak dan pondasi yang digunakan yaitu :

- kelas 1 untuk mesin yang mempunyai daya dibawah 15 kw.
- kelas 2 untuk mesin dengan daya antara 15 - 75 kw.
- kelas 3 untuk mesin dengan daya diatas 75 Kw dengan pondasi rigid.
- kelas 4 untuk mesin dengan daya diatas 75 Kw dengan pondasi *soft*.

Sedangkan nilai getaran yang dihasilkan dibandingkan dengan nilai standar masuk kategori normal (*good*), kategori *satisfactory* dapat dioperasikan dengan waktu operasi mesin tidak terus menerus/lama, kategori *unsatisfactory* dianggap tidak memuaskan untuk pengoperasian terus menerus untuk waktu yang lama, dan kategori *unacceptable* dapat mengakibatkan terjadi kerusakan pada mesin.

Dari data hasil pemeriksaan pada Tabel 2 dan dibandingkan dengan Tabel 3 terdapat peralatan yang masuk kategori *unacceptable* yaitu untuk CFE-4.2 *exhaust glove box area* FFL pada keausan *bearing blower*, sedangkan peralatan yang lain masuk kategori *unacceptable* adalah CDT-3.1 untuk supply Sistem VAC Berilium, CDT-4 / Supply Area Bengkel dan CFE-2.1 *exhaust glove box area* PCP sudah mengalami degradasi perlu dilakukan tindakan perbaikan dan penggantian. Kondisi yang terjadi adalah adanya *crash* atau cacat yang terjadi pada elemen-elemen rotasi dan ketidaksempurnaan bagian/fungsi dari mesin sehingga terjadi tak seimbang (*unbalance*) pada saat mesin beroperasi dan menimbulkan getaran/vibrasi. Dalam pemeriksaan secara visual dapat dilihat seperti pada gambar 11 dan 12, seperti berikut :



Gambar 11 : Peralatan supply CDT-3



Gambar 12 : Peralatan supply CDT-4

Peralatan CDT-3 dan CDT-4 dapat dilihat secara visual sudah mengalami kerusakan akibat penuaan alat, sehingga peralatan CDT-3 perlu dilakukan tindakan perbaikan/penggantian peralatan untuk supply dan telah dilakukan penggantian alat, seperti pada gambar 13, sedangkan untuk CDT-4 telah dilakukan analisis kerusakan untuk dilakukan tindakan perbaikan sesuai dengan ketersediaan dana.



Gambar 13 : Penggantian dengan pemasangan peralatan supply CDT-3 yang baru

## KESIMPULAN

Dari hasil pemeriksaan pada peralatan sarana dukung fasilitas IEBC untuk peralatan listrik dengan batasan 70 °C yang dijadikan batasan sebagai bahan evaluasi telah dilakukan tindakan perbaikan pada Panel PVI-CFE.1B, MCCB power utama supply untuk Chiller 2B, Panel power Chiller 2B system-1, untuk pemeriksaan peralatan motor sarana dukung masih dalam kondisi normal, sedangkan untuk pemeriksaan getaran dan visual pada peralatan sistem VAC dan Sarana Dukung terdapat kategori *unacceptable* yang dapat mengakibatkan terjadi kerusakan pada mesin sehingga perlu dilakukan tindakan perbaikan dan penggantian alat yaitu pada supply CDT-3, CDT-4 dan *exhaust* CFE-2.1.

## Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan Kepala BPFBB-PTBBN dan seluruh staf yang terlibat dalam kegiatan evaluasi ini, khususnya Bpk. Nasorudin, ST yang telah membantu dalam penyusunan makalah ini.

## DAFTAR PUSTAKA

1. BAPETEN.. Peraturan Kepala BAPETEN No. 11 Tahun 2007 tentang Ketentuan Keselamatan Instalasi Nuklir Non Reaktor. BAPETEN. Jakarta.2007.

2. BAPETEN, Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir, Nomor 7 Tahun 2012, Tentang Manajemen Penuaan Instalasi Nuklir Nonreaktor, Bapeten 2012.
3. IAEA TECDOC-792, Management of Research Reactor Ageing, VIENNA, 1995.
4. Budiyo, Parjono, "Manajemen Penuaan Instalasi Penyimpanan Bahan Bakar Nuklir Bekas", Prosiding Hasil Penelitian dan Kegiatan PTLR Tahun 2017, PTLR 2017
5. Diah Hidayanti S., Sulistiyoningsih, Sudarto, "Kajian Manajemen Penuaan Di INNR Mengacu pada Konsep Manajemen Penuaan di Reaktor Nuklir", Prosiding Seminar Keselamatan Nuklir, Bapeten, 2011.
6. FLUKE, "Fluke Users Manual Ti32 Thermal Imagers" July 2009
7. LUTRON, "Operation Manual, Acceleration, velocity VIBRATION METER", Model VB-8201HA
8. Badan Standardisasi Nasional, "Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2011 (PUIL 2011)", SNI 0225:2011.
9. "NEMA Insulation Classes". [www.engineeringtoolbox.com](http://www.engineeringtoolbox.com).
10. Saud Maruli Tua, Tonny Siahaan, Suhardi, Wagiman, "Penambahan Pengaman Motor Listrik dengan Sensor Suhu IC LM 135", Hasil-hasil Penelitian EBN Tahun 2006, ISSN 0854 – 5561.
11. Mochammad Wahyudi, Dimas Anton Asfani, I Made Yulistya Negara, Daniar Fahmi, I Gusti Ngurah Satriyadi Hernanda, "Evaluasi Degradasi Isolasi Motor akibat *Multi-factor Aging* berdasarkan Indeks Polarisasi dan SEM-EDX", JNTETI, Vol. 8, No. 1, Februari 2019
12. International Organization for Standardization, ISO 2372 (10816) *Standards provide guidance for evaluating vibration severity in machines operating in the 10 to 200 Hz (600 to 12,000 RPM) frequency range.*

