

---

**KAJIAN PENGARUH TEGANGAN LISTRIK TERHADAP KERUSAKAN KOPLING POMPA PENDINGIN SEKUNDER SELATAN REAKTOR TRIGA 2000 BANDUNG**

**Koswara<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Pusat Sains dan Teknologi Nuklir Terapan - BATAN  
Jl. Taman Sari No 71 Bandung 40132

e-mail:koswara@batan.go.id

Diterima: 05-01-2020

Diterima dalam bentuk revisi: 17-01-2020

Disetujui: 30-03-2020

**ABSTRAK**

**PENGARUH TEGANGAN LISTRIK TERHADAP KERUSAKAN KOPLING POMPA PENDINGIN SEKUNDER SELATAN REAKTOR TRIGA 2000 BANDUNG.** Telah dilakukankajian pengaruh tegangan listrik terhadap kerusakan kopling pompa pendingin sekunder selatan, kajian ini dilakukan tujuannya adalah untuk mengetahui apakah tegangan listrik berpengaruh terhadap kerusakan kopling pompa, sehingga harus diganti dengan yang baru. Kegiatan penggantian kopling pompa dilakukan diakhir tahun 2017. Metoda kajian menggunakan Unbalance Voltage, kegiatan dimulai dengan mengukur besaran tegangan listrik di tiga kabel yaitu ( $V_{(R-S)}$ ,  $V_{(R-T)}$ ,  $V_{(S-T)}$ ) yang telah melewati Molded Case Circuit Breaker (MCCB) dan dua kontaktor, dilakukan selama 2 jam. Untuk mengetahui keseimbangan dari tegangan listrik yang terukur, maka data hasil pengukuran tegangan yang terkumpul, kemudian dihitung menggunakan rumus NEMA Unbalance Voltage. NEMA memberikan rekomendasi: motor dapat dioperasikan secara normal pada kapasitas rated jika unbalance voltage  $\leq 1\%$ . Hasil perhitungan nilai persentase unbalance voltage ada yang mencapai nilai sebesar: 2,17%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa nilai Unbalance voltage pada pompa pendingin sekunder selatan tidak berpengaruh terhadap kerusakan kopling pompa tetapi berpengaruh kepada kenaikan suhu motor pompa sehingga menyebabkan panas yang berlebih (overheatin) Dapat disimpulkan bahwa nilai Unbalance voltage pada panel catu daya listrik system pendingin sekunder bukan sebagai penyebab kerusakan kopling pompa, namun kerusakan kopling disebabkan karena adanya penurunan kinerja akibat umur pakai komponen.

**Kata kunci:** kopling, tegangan, unbalance voltage

**ABSTRACT**

**EFFECT OF ELECTRIC VOLTAGE AGAINST DAMAGED CLUTCH CLUTCH PUMP SOUTH SECONDARY REACTOR 2000 BANDUNG.** Having studied the effect of electric voltage on the damage to the southern secondary cooling pump coupling, the purpose of this study was to determine whether the electric voltage had been taking effect to damage the pump clutch, then it should be replaced with new one, the pump clutch replacement is done at the end of 2017, the study method uses Unbalance Voltage, the activity begins by measuring the amount of electrical voltage in three wires namely ( $V_{(RS)}$ ,  $V_{(RT)}$ ,  $V_{(ST)}$ ) that have passed through the Molded Case Circuit Breaker (MCCB) and two contactors, carried out for 2 hours. To find out the balance of the measured voltage, then the data from the voltage measurements collected, then calculated using the NEMA Unbalance Voltage formula. NEMA provides recommendations: the motor can be operated normally at capacity rated if unbalance voltage  $\leq 1\%$ . The results of the calculation of the percentage value of unbalance voltage have reached a value of: 2.17%. these results indicate that the unbalance voltage vaues at the southem secondary coolant pump does not effect to the pump clutch damage, but the effect on the pump motor temperature rise that can causing overheati It can concluded that the value of unbalance voltage in the secondary power supply

*panel is not cause of damage the pump clutch, but the damage of the pumpa clutch is caused by decreas in performance quality dueto component life spam.*

**Keywords:** *coupling, voltage, unbalance voltage.*

## 1. PENDAHULUAN

Sistem pendingin reaktor TRIGA 2000 Bandung dibagi dalam dua bagian, yaitu sistem pendingin primer dan pendingin sekunder. Sistem pendingin primer berfungsi untuk memindahkan panas dari terasreaktor yang dihasilkan selama reaksi fisi berantai berlangsung. Panas dari teras reaktor tersebut diserap oleh air pendingin primer kemudiandipindahkan ke sistem pendingin sekunder melalui alat penukar panas dan seterusnya dibuang ke lingkungan melalui dua menara pendingin.

Air pendingin primer adalah air yang bersih, bebas dari mineral, pH: 5,5 - 6,6, Konduktivitas:  $\leq 3,5 \mu\text{mho}$ , dan Kadar *Si*, *Ca*, *Mg*, dan *Na* maksimal 1 ppm sesuai yang tertulis dalam Laporan Analisa Keselamatan (LAK) [1].

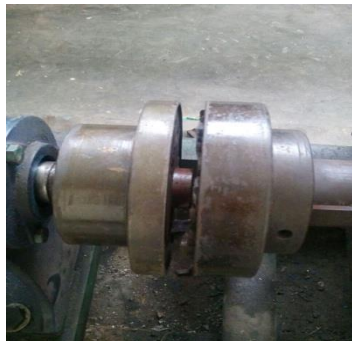
Air pendingin sekunder berasal dari air tanah dan air PAM. Air pendingin sekunder tidak mempunyai persyaratan khusus. Persyaratan teknis umum yang harus dijaga adalah bahan pengotor jangan sampai air ini menimbulkan kerak pada dinding sistem penukar panas. Kadar pengotor yang harus dijaga dalam air sekunder adalah *Ca* dan *Mg* yang dapat menyebabkan timbulnya kerak yang keras. Proses yang dilakukan untuk menghilangkan *Ca* dan *Mg* adalah proses pelunakan (*softening*). Proses pelunakan (*softening*) adalah proses pengolahan air

sadiah (*hard*) yang mengandung ion *Ca* dan *Mg* menjadi air lunak yang mengandung ion *Na*.

Proses *softening* akan terus berlangsung selama air sadah dilewatkan pada *softener*. Proses penukaran ion ini akan berhenti jika semua ion *Na* pada *softener* habis. Bila ion *Na* pada *softener* habis maka *softener* harus di regenerasi (diaktifkan lagi) dengan cara memproses dengan air garam (*NaCl*). Air pendingin sekunder reaktor TRIGA 2000, sudah melalui pelunakan, sehingga dapat memperpanjang umur penukar panas dari pengerakan karena airnya sudah bersih dari *Ca* dan *Mg*. Air pendingin sekunder, selain sudah melalui proses pelunakan juga dicampur dengan zat kimia (Nalco) yang berfungsi untuk mengendalikan laju pengembangan kotoran lumut.

Pada reaktor TRIGA 2000 Bandung dipasang dua Pompa pendingin sekunder yaitu pompa pendingin sekunder utara dan pompa pendingin sekunder selatan yang telah dioperasikan sejak tahun 2000. Hingga kini pompa pendingin sekunder ini telah beroperasi selama 17 tahun. Dalam rentang waktu 17 tahun operasi reaktor sampai saat ini secara fisik pompa telah mengalami penuaan. Karena adanya penuaan ini, maka setiap sistem atau komponen akan memiliki kecendrungan mengalami kerusakan atau

beroperasi tidak sesuai dengan tugas dan fungsinya. Seperti yang terjadi pada sistem pompa pendingin sekunder selatan, pada akhir tahun 2017 kopling pompa mengalami kerusakan, seperti Gambar 1 di bawah ini.



**Gambar 1. Kopling pompa yang rusak**

Kopling ini sangat vital fungsinya dalam pompa pendingin sekunder, karena apabila koplingnya rusak, maka impelernya tidak dapat berputar serta menghisap air untuk mensirkulasikan air pendingin di sistem sekunder. Untuk mengetahui penyebab terjadi kerusakan pada kopling pompa sekunder ini, maka dilakukan kajian dari sisi sistem listriknya, tapi belum dengan sistem mekaniknya. Pompa pendingin sekunder selatan dan pompa pendingin sekunder utara harus bisa di hidupkan setiap saat. Apabila pompa pendingin sekunder selatan dihidupkan, maka pompa pendingin sekunder utara sebagai cadangan jadi pompa sekunder ini dibuat bersifat *redundancy*. Tujuannya adalah apabila pompa pendingin sekunder satu mengalami kerusakan saat operasi reaktor, maka pompa pendingin satu lagi sebagai cadangan harus dapat dioperasikan dengan normal.[2]

Pompa pendingin sekunder selatan mengalami kerusakan pada koplingnya seperti dijelaskan diatas, maka kopling pompa yang rusak harus cepat diganti dengan kopling baru. Tujuannya agar pompa pendingin sekunder selatan dapat beroperasi sebagaimana mestinya untuk mendukung operasi reaktor TRIGA 2000.

Pada dasarnya kopling berfungsi untuk menghubungkan dua *shaft*, dimana *shaft* yang satu adalah poros penggerak dan yang *shaft* lainnya adalah poros yang digerakkan. Kopling yang digunakan pada pompa, bergantung dari desain sistem dan pompa itu sendiri. Ada bermacam-macam kopling yang digunakan pada pompa dapat berupa kopling rigid atau kopling fleksibel. Jenis kopling yang dipakai pada pompa pendingin sekunder adalah kopling fleksibel. Pada kopling pompa ini ada karet yang mempunyai keuntungan yaitu tidak perlu pelumas sehingga ongkos pemeliharaan murah. Untuk menjaga keselamatan personel saat pompa sedang dioperasikan, kopling pompa dilindungi atau ditutupi dengan plat seng seperti ditunjukkan pada Gambar 2 di bawah ini.[3]



**Gambar 2. Plat seng pelindung kopling**

Untuk mengganti kopling pompa pendingin sekunder selatan, maka plat seng (tutup kopling) dibuka, kemudian motor pompa digeser dengan menggunakan *tackle crane*. Untuk menjamin keselamatan, maka setelah selesai penggantian kopling sebelum dioperasikan lebih lama perlu dilakukan uji fungsi.

## 2. TATA KERJA.

Dalam kegiatan penggantian kopling pompa pendingin sekunder selatan diperlukan peralatan dan tata kerja seperti diuraikan di bawah ini.

### 2.1. Peralatan.

Peralatan yang akan digunakan untuk kegiatan pembukaan dan pemasangan kopling pompa pendingin sekunder selatan adalah sebagai berikut:

1. Seperangkat *tackle crane* untuk mengangkat dan menggeser motor pompa.
2. *Tracker* berkaki tiga
3. Kunci L, kunci Inggris
4. kunci pas, kunci ring 14 mm, 18 mm, 24 mm
5. Palu 1 buah
6. Minyak anti karat /wd 40
7. Kayu balok
8. Sarung tangan
9. Alat ukur arus dan tegangan catu daya listrik (*multi tester*)
10. Alat ukur suhu motor pompa (*infrared thermometer*)

### 2.2. Tata Kerja

Perangkat *tackle crane* digunakan untuk mengangkat dan menggeser motor pompa dariudukannya menjadi posisi silang sehingga kopling pompa yang rusak dapat dibuka, kunci L digunakan untuk melepaskan baut pengunci pasak kopling, kunci pas, kunci ring serta kunci Inggris digunakan untuk membuka mur baut pengikat motor pompa dariudukannya, serta mengencangkan mur baut pengikat kopling, sedangkan *multi tester*, dan *Infrared thermometer* digunakan untuk mengukur tegangan catu daya listrik di MCCB, dan suhu motor.[4]

#### 2.2.1. Pembukaan Kopling Yang Rusak

Penggantian kopling dilakukan agar pompa pendingin sekunder selatan dapat dioperasikan secara normal untuk mendukung operasi reaktor TRIGA 2000 Bandung. Kegiatan penggantian kopling pompa sekunder diawali dengan membuka plat seng tutup kopling dengan cara melepaskan baut pengikatnya sebanyak empat buah, menggunakan kunci ring 14 mm, dilanjutkan dengan melepaskan baut pengikat motor pompa sebanyak 4 buah dariudukannya dengan menggunakan kunci ring 18 mm.

*Tackle crane* yang berkaki empat dipasang tepat diatas motor pompa. Perhatikan injakan kaki-kakinya harus benar-benar terpasang baik, agar saat motor pompa diangkat tidak bergeser, kemudian pasang kaitan *tackle crane* dan kaitkan pada kaitan di motor pompa. Apabila kaitan *tackle crane* sudah terkait pada motor pompa

dengan benar, maka tarik rantai *tackle crane* secara pelan seperti ditunjukkan pada Gambar 3.



**Gambar 3. Pemasangan *tackle crane* dan kaitannya**

Motor pompa setelah diangkat kemudian digeser menjadi posisi silang, seperti ditunjukkan pada Gambar 4.



**Gambar 4. Motor pompa posisi silang**

Dengan motor pompa posisi silang, maka kopling pompa yang rusak mudah dibuka secara leluasa. Kegiatan pembukaan kopling diawali dengan membuka dua baut pengikat pasak kopling yang terpasang pada as motor, dan as pompa dengan

menggunakan kunci L, dilanjutkan dengan melepaskan koplingnya dari as motor dan as pompa menggunakan *tracker* berkaki tiga. Kopling yang sudah lepas dari as motor dan as pompa ditunjukkan pada Gambar 5. dibawah ini.



**Gambar 5. Kopling pompa pendingin sekunder selatan yang rusak**

Kopling sangat vital fungsinya dalam pompa pendingin, karena apabila rusak seperti yang terjadi pada pompa pendingin sekunder selatan, tentunya impeller pompa tidak dapat berputar untuk menghisap air sebagaimana mestinya.

#### **2.2.2. Pemasangan Kopling Baru Untuk Pompa Sekunder Selatan.**

Kopling yang baru pengganti yang rusak ditunjukkan pada Gambar 6. Untuk memudahkan pemasangan kopling baru pada pompa pendingin sekunder selatan, maka kedudukan motor pompa harus dalam posisi silang, sama seperti saat melepaskan kopling yang rusak. Gambar 7. di bawah ini.



**Gambar 6. Kopling baru**



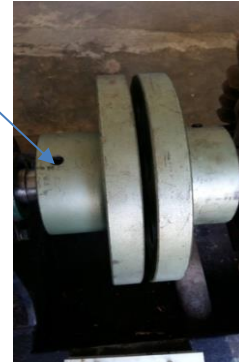
**Gambar 7. Motor pompa posisi silang**

Pemasangan kopling baru pompa pendingin sekunder selatan diawali dengan memasang 2 pasak, satu pasak pada as motor dan satu pasak pada as pompa, pemasangan pasak harus tepat padaudukannya, selanjutnya pasang kopling yang baru di as motor dan as pompa.

Apabila ada kesulitan untuk memasukkan kopling yang baru pada as motor maupun as pompa, maka as motor dan as pompa disemprot dulu pakai minyak anti karat. Kopling yang terpasang baik adalah bila permukaan kopling dan permukaan as rata, kemudian pasang mur baud sebanyak 8 buah sebagai pengikat kopling, kencangkan mur baut tersebut menggunakan kunci ring 24 mm dan kunci Inggris, kemudian pasak

kopling dikunci dengan baud serta dikencangkan dengan menggunakan kunci L, kopling pompa yang belum terkunci dengan pasak agak renggang seperti ditunjukkan Gambar 8 di bawah ini.

Lubang baut  
Pengunci pasak



**Gambar 8. Kopling belum terkunci**

Jenis kopling yang baru ini berbeda dengan jenis kopling yang lama, jenis kopling yang baru tidak bergerigi, maka untuk mengikat kopling menggunakan mur baut seperti ditunjukkan pada Gambar 7 diatas.

Untuk memudahkan dalam pemasangan mur baut pengunci kopling, maka as motor dan as pompa harus benar-benar lurus/center, dengan lurusnya kedua as, tersebut maka lubang mur baut pengikat kopling akan lurus juga. Cara penguncian kopling baru pompa pendingin sekunder selatan ditunjukkan dalam Gambar 9.

Apabila as motor dan as pompa tidak lurus, akan menyulitkan pemasangan mur baut pengikat kopling. Apabila hal tersebut terjadi serta pompa dioperasikan, maka akan menimbulkan getaran kopling lebih besar dari normal, akibatnya dapat mempercepat kerusakan kopling.





**Gambar 9. Mengencangkan kopling**

Kopling yang telah terpasang dan terkunci di as motor dan as pompa ditunjukkan dalam Gambar 10 di bawah. Ini



**Gambar 10. Kopling pompa Pendingin sekunder selatan**

Spesifikasi pompa pendingin sekunder selatan tunjukan dalam Tabel 1 di bawah ini.

**Tabel 1. Spesifikasi teknis pompa pendingin sekunder selatan**

No.	Parameter	Ukuran
1	Daya	75 kW
2	Total head	37 m
3	Debit	1200 gpm
4	Tekanan kerja maks.	3 bar
5	Temperatur kerja maks.	80 °C
6	Bahan	Baja karbon
7	RPM	1475
8	volt	380 Volt
9	Amp	146 A.

### 2.2.3. Kaji Tegangan Listrik Motor Pompa Pendingin Sekunder Selatan n [4,5]

Pemasangan kopling barupompa pendingin sekunder selatan telah dilaksanakan dengan lancar dan selamat, sebelum pompa pendingin sekunder selatan dioperasikan untuk waktu yang lama, telah dilakukan kajian untuk tegangan listriknya, tapi belum kepada sisi mekaniknya. Sumber listrik untuk motor pompa dialirkan melalui tiga kabel ( $V_{(R-S)}$ ,  $V_{(R-T)}$ ,  $V_{(S-T)}$ ) ke *MCCB*, serta dua kontaktor yaitu kontaktor star dan kontaktor deltadengan tegangan sebesar 380 volt. Kajian pompa pendingin sekunder selatan yang dilakukan adalah dengan mengukur sensitivitas tegangan listrik di tiga kabel setelah lewat *MCCB* dan dua kontaktor sebelum masuk motor pompa. Hal ini dilakukan untuk mengetahui sensitivitas kestabilan dan keseimbangan tegangan listrik serta pengaruhnya terhadap motor pompa.

Pengukuran besaran tegangan listrik ( $V_{(R-S)}$ ,  $V_{(R-T)}$ ,  $V_{(S-T)}$ ) yang keluar dari kontaktor delta sebelum masuk ke motor pompadilakukan selama 2 jam. Hal ini dilakukan tujuannya untuk mengetahui lebih jelas keseimbangan tegangan listrik untuk motor pompa pendingin sekunder selatan, data hasil pengukuran besaran-basaran tegangan ( $V_{(R-S)}$ ,  $V_{(R-T)}$ ,  $V_{(S-T)}$ ), kemudian dihitung menggunakan rumus *unbalance voltage* dari *NEMA*.rumusnya adalah:

$$V \% = 100 \% \times \frac{\text{selisih maximum voltage}}{\text{voltage rata-rata}} \div \text{voltage rata-rata} \quad (1)$$

*NEMA* memberi rekomendasi: motor dapat dioperasikan secara normal pada kapasitas rated nilai persentase *unbalance voltage* tidak lebih dari 1 %.

Apabila hasil perhitungan *unbalance voltage* dari data pengukuran tegangan pompa ini, nilai persentase *unbalance voltage*-nya lebih dari > 1 % sesuai rekomendasi *NEMA*, maka pompa pendingin sekunder selatan untuk sementara tidak diperkenankan untuk dioperasikan, karena telah terjadi *unbalance voltage*. Apabila masih dioperasikan maka akibatnya motor pompa akan mengalami panas lebih (*overheating*) dan dapat mempercepat kerusakan motor pompa.

Untuk mengukur tegangan catu daya listrik menggunakan multi tester digital, alat pengukurnya seperti ditunjukkan dalam Gambar 11. Di bawah ini.



**Gambar 11. Alat pengukur tegangan**

Sedangkan untuk mengukur suhu motor menggunakan infrared thermometer, alatnya seperti ditunjukkan dalam Gambar 12. Di bawah ini.



**Gambar 12. Alat Pengukuran suhu motor.**

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN.

Dalam bab hasil dan pembahasan diuraikan dalam dua bagian yaitu data hasil pengukuran dan pembahasan hasil kajian.

#### 3.1. Data Hasil Pengukuran

Pengukuran tegangan listrik ( $V_{(R-S)}$ ,  $V_{(R-T)}$ ,  $V_{(S-T)}$ ) di *MCCB* dan kontaktor telah dilakukan dengan baik, Pengukuran tegangan dilakukan dengan selang waktu 10 menit setelah kecepatan laju alir air pompa dinaikkan. Dengan dilakukannya kajian pompa pendingin sekunder selatan ini, diharapkan ada solusi yang terbaik atas kerusakan kopling dan suhu motor. Untuk menghitung ketidakseimbangan tegangan listrik hasil pengukuran menggunakan rumus *unbalance voltage* dari *NEMA*, sedangkan suhu motor langsung diukur menggunakan alat infrared thermometer. Pengukuran tegangan listrik pompa pendingin sekunder selatan dilakukan pada panel dalam keadaan terbuka, sehingga pelaksanaan pengukuran tegangan harus hati-hati seperti Gambar 13. dibawah ini.





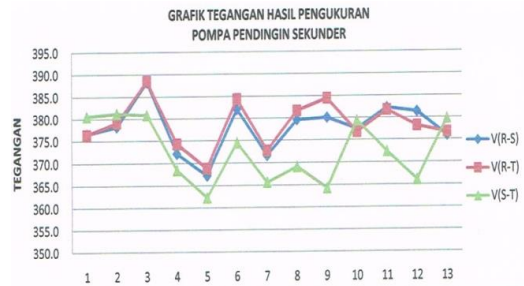
Gambar 13. Panel pompa pending sekunder.

Besaran tegangan catu daya listrik, serta suhu motor pompa hasil pengukuran pompa pendingin sekunder selatan ditunjukkan pada Tabel 2 di bawah ini.

Tabel 2. Data hasil uji fungsi pompa pendingin sekunder selatan.

Jam	Tegangan MCCB (Volt)			Suhu motor (°C)	Laju alir air (l/m)
	$V_{(R-S)}$	$V_{(R-T)}$	$V_{(S-T)}$		
09.00	376,5	376,4	380,6	25	1800
09.10	378,2	379,1	381,2	28	2600
09.20	388,3	388,5	380,9	30,7	3500
09.35	372,1	374,3	368,5	32	3950
09.40	367,2	368,8	362,3	35,4	4070
09.50	382,1	384,4	374,5	46	4100
10.00	371,6	372,7	365,6	53,7	4100
10.10	379,6	381,7	369,1	65,1	4100
10.20	380,1	384,5	364,3	70,9	4100
10.30	377,5	376,8	379,6	75,5	4100
10.40	382,3	381,8	372,4	79,8	4100
10.50	381,4	378,2	366,1	84,4	4100
11.00	375,9	376,7	379,8	90	4100

Apabila data besaran tegangannya ( $V_{(R-S)}$ ,  $V_{(R-T)}$ ,  $V_{(S-T)}$ ) hasil pengukuran pompa pendingin sekunder selatan yang ditunjukkan pada tabel diatas dibuat dalam bentuk grafik, maka grafik yang di dapat seperti ditunjukkan Gambar 14. Grafik bawah ini.



Gambar 14. Grafik data besaran tegangan hasil uji fungsi

Keterangan:  
 Voltage : Besaran-besaran tegangan  
 1...13 :Jumlah pengukuran 13 kali

Dalam grafik diatas tampak jelas besaran tegangan listrik motor pompa pendingin sekunder tidak seimbang (*unbalance voltage*), tapi perlu diketahui dengan jelas berapa besarnya persentase ketidak seimbangan voltage (*unbalance voltage*) yang terjadi, sehingga perlu dihitung.

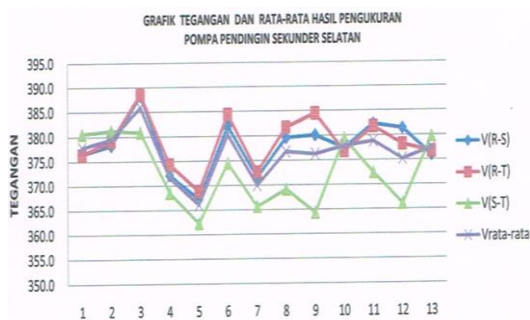
### 3.2. Pembahasan Hasil Pengukuran.

Data besaran tegangan hasil pengukuran yang tertulis dalam tabel di atas kemudian dihitung rata-ratanya. Hasil perhitungan tegangan rata-rata dapat dilihat dalam tabel 3. Dibawah ini.

Tabel 3. Data Tegangan dan rata-rata.

No.	Tegangan MCCB (Volt)			
	$V_{(R-S)}$	$V_{(R-T)}$	$V_{(S-T)}$	$V_{Rata-rata}$
1	376,5	376,4	380,6	377,8
2	378,2	379,1	381,2	379,5
3	388,3	388,5	380,9	385,9
4	372,1	374,3	368,5	371,6
5	367,2	368,8	362,3	366,1
6	382,1	384,4	374,5	380,3
7	371,6	372,7	365,6	370,0
8	379,6	381,7	369,1	376,8
9	380,1	384,5	364,3	376,3
10	377,5	376,8	379,6	377,9
11	382,3	381,8	372,4	378,8
12	381,4	378,2	366,1	375,2
13	375,9	376,7	379,8	377,5

Apabila besaran tegangan listrik motor pompa pendingin sekunder selatan hasil pengukuran dibuatkan dalam bentuk grafik, maka didapat Gambar 15. Grafik seperti di bawah ini.



Gambar 15. Grafik data besaran tegangan dan rata-ratanya.

Untuk mengetahui lebih jelas pengaruh atau penyebab kerusakan kopleng pompa pendingin sekunder selatan, apakah akibat sensitivitas tegangan listrik atau bukan, maka dari tabel 3 di atas dapat dihitung persentase *unbalance voltage*.

Rumus persentase *unbalance voltage* dari NEMA ditulis menjadi:

$$V \% = 100 \times ((V_{\max} - V_{\text{Rata-rata}}) / V_{\text{Rata-rata}}) \quad (2)$$

Dimana:

- V % : persentase *unbalance voltage*.
- $V_{\max}$  : Tegangan terbesar setiap kali pengukuran.
- $V_{\text{Rata-rata}}$  : tegangan rata-rata

Dengan diketahuinya besaran tegangan rata-rata motor pompa, maka persentase *unbalance voltage* (V%) dapat dihitung dengan menggunakan rumus diatas, hasilnya dapat dilihat dalam tabel 4. di bawah ini.

Tabel 4. Hasil perhitungan persentase *unbalance voltage*

No.	Tegangan MCCB (Volt)				V %
	$V_{(R-S)}$	$V_{(R-T)}$	$V_{(S-T)}$	$V_{\text{Rata-rata}}$	
1	376,5	376,4	380,6	377,8	0,7
2	378,2	379,1	381,2	379,5	0,4
3	388,3	388,5	380,9	385,9	0,7
4	372,1	374,3	368,5	371,6	0,7
5	367,2	368,8	362,3	366,1	0,7
6	382,1	384,4	374,5	380,3	1,1
7	371,6	372,7	365,6	370,0	0,7
8	379,6	381,7	369,1	376,8	1,3
9	380,1	384,5	364,3	376,3	2,2
10	377,5	376,8	379,6	377,9	0,4
11	382,3	381,8	372,4	378,8	0,9
12	381,4	378,2	366,1	375,2	1,6
13	375,9	376,7	379,8	377,5	0,6

Setelah dihitung tentang *unbalance voltage* untuk pompa pendingin sekunder selatan, di dapat seperti dalam tabel 4 diatas. Dengan tabel 4, dari 13 kali pengukuran ada 4 kali yang mengalami *unbalance voltage* lebih dari 1 %, padahal NEMA mengisyaratkan, motor pompa dapat dioperasikan secara normal pada kapasitas rated nilai persentase *unbalance voltage* tidak lebih dari 1 %. Sehingga untuk sementara pompa pendingin sekunder selatan belum dapat dioperasikan secara normal untuk mendukung operasi reaktor, karena tegangan listriknya mengalami *unbalance voltage*, bila pompa ini terus dioperasikan maka akibatnya suhu motor akan naik terus, serta dapat menimbulkan panas berlebih (*overheating*), akibatnya dapat mempercepat kerusakan motor pompa. Pada awal kegiatan selain pengukuran tegangan, juga dilakukan pengukuran suhu motor seperti pada tabel 2, ternyata bila beban motor bertambah suhu motor naik, dan mencapai 90 °C, padahal suhu motor tidak boleh lebih dari 80 °C (lihat nemplet motor tabel 1) Untuk mengatasi hal

tersebut di atas, maka selanjutnya perlu dilakukan pemeriksaan yang teliti dan cermat di modul *MCCB* dan kontaktor yang terpasang di panel pompa pendingin sekunder selatan serta dari sisi mekaniknya, agar dapat mengetahui penyebab terjadi *unbalance voltages* serta *overheat* pada pompa pendingin sekunder selatan ini. jadi benar kerusakan kopling pompa pendingin sekunder selatan bukan dari pengaruh sensitivitas ketidak seimbangan tegangan listrik (*Unbalance Voltage*), tetapi *Unbalance Voltage* akan mempengaruhi suhu motor, dan akan menimbulkan *overheat*. Kerusakan kopling ini penyebabnya adalah pengaruh dari degradasi komponen yang memang cenderung menurun serta pengaruh dari perputaran motor.

#### 4. KESIMPULAN

Penggantian kopling pompa pendingin sekunder selatan telah dilakukan dengan baik, kemudian dilakukan kajian dari sisi tegangan listriknya dengan metoda persentase *unbalance voltage* dari *NEMA* yaitu mengukur persentase keseimbangan tegangan listrik untuk motor pompa, hasil pengukuran besaran tegangannya ditunjukkan pada tabel 2, serta grafiknya pada gambar 16, sedangkan hasil perhitungan nilai persentase *unbalance voltage* di tabel 4, ada empat kali pengukuran yang menghasilkan nilai persentase *unbalance voltage*-nya lebih besar dari 1 %, dengan hasil tersebut maka tegangan listrik untuk motor pompa pendingin sekunder selatan mengalami *unbalance voltage*,

sehingga sebaiknya sementara pompa jangan dioperasikan dulu sebelum tegangan listriknya normal. Jadi kerusakan kopling pompa bukan dari pengaruh sensitivitas tegangan listrik, walaupun ada *Unbalance Voltage*, tapi kerusakan kopling motor pompa pengaruh dari sisi mekaniknya, serta terjadinya degradasi tugas dan fungsi dari kopling.

Hasil kajian ini kemudian ditindak lanjuti, penggantian kontaktor, sehingga sekarang pompa pendingin sekunder selatan sudah dapat beroperasi dengan normal sebagaimana mestinya untuk mendukung jalannya operasi reaktor.

#### 5. UCAPAN TERIMAKASIH.

1. Dalam kesempatan ini saya ucapkan banyak terima kasih kepada PSTNT BATAN yang telah memberikan fasilitas untuk melaksanakan kegiatan pemasangan kopling pompa.
2. Ucapkan terima kasih untuk rekan-rekan di bidang reaktor, khususnya Sub.bid. operasi dan Perawatan reaktor yang telah melakukan kegiatan penggantian kopling pompa pendingin sekunder.
3. Ucapkan terima kasih kepada Bidang Keselamatan Kerja dan Keteknikan (K3) atas kerja samanya yang baik dalam penggantian kopling pompa pendingin sekunder selatan.

#### 6. DAFTAR PUSTAKA.

1. Laporan Analisis Keselamatan (LAK) Reaktor TRIGA 2000 Bandung, No. No. R 093/KN 01 01/SNT, 4 Desember, 2016.

- 
2. Pelatihan Teknisi dan Supervisor Perawatan Reaktor TRIGA 2000, PSTNT - BATAN, Bandung, Maret, 2015.
  3. Makarim, A. A., Sukmadi, T., dan Winardi, B., 2016, "Analisis Ketidakseimbangan Tegangan dan Kenaikan Suhu Pada Motor Induksi 3 Fasa Akibat Gangguan *Single Phasing*", Jurnal TRANSMISI, 18(4): 145-151
  4. Efrizon Umar., Prosedur Kerja Pengoperasian Pompa Pendingin Sekunder, Reaktor TRIGA 2000 Bamdung, No. PT00RE0246, PPTN-BATAN, Bandung, Tahun, 2000.
  5. Purwoharjono, 2014, "Identifikasi Dampak Gangguan Harmonisa dan Ketidak Seimbangan Magnitude Tegangan Serta Sudut Phasa Pada Performa Motor Induksi", Jurnal ELKHA, 6(2): 14-21