

# DAMPAK VIBRASI MEKANIK TERHADAP KONSUMSI LISTRIK MOTOR INDUKSI POMPA AIR PENDINGIN

Conny K. Wachjoe<sup>1</sup>, Metius Zingiber Sianturi<sup>2</sup>  
Jurusan Teknik Konversi Energi, Politeknik Negeri Bandung  
email: [cwachjoe@gmail.com](mailto:cwachjoe@gmail.com)

## Abstrak

*Pompa air pendingin merupakan komponen pendukung vital pada pembangkit listrik tenaga air (PLTA) sehingga pompa air pendingin harus bekerja optimal setiap saat. Penggerak pompa air pendingin dihasilkan melalui motor listrik. Pada sistem pompa air dengan kapasitas besar besar, motor dan pompa air terhubung dengan poros kopling agar selalu lurus (align) antar ke duanya. Keausan pada bearing dan dudukan motor dan pompa akibat putaran akan meningkatkan vibrasi mekanik. Energi mekanik yang dibangkitkan motor listrik ke pompa air dipengaruhi oleh tingkat vibrasi mekanik yang timbul. Dampak vibrasi mekanik terhadap kinerja motor listrik kapasitas 150 kW dicermati melalui studi kasus yang dilakukan pada Unit I PLTA Cirata. Metode pengamatan dilakukan melalui perangkat vibration analyzer terpasang dibandingkan dengan standar vibrasi mekanik ISO 10816-3 [3]. Dampak vibrasi mekanik terhadap umur mesin dan konsumsi energi listrik didekati berdasarkan pendekatan empirik pada kondisi misalignment antara motor dan pompa air [1]. Dampak vibrasi mekanik terhadap umur mesin menunjukkan bahwa motor listrik masih dapat dioperasikan selama 15% dari umur mesin normal pada kondisi vibrasi mekanik maksimum dengan total offset sebesar 1.0 mm/s. Sedangkan dampak vibrasi mekanik terhadap konsumsi energi motor listrik meningkat sebesar 6,92 % pada konsumsi energi sebesar 122 kW pada total offset vibrasi mekanik sebesar 1,61 mm/s.*

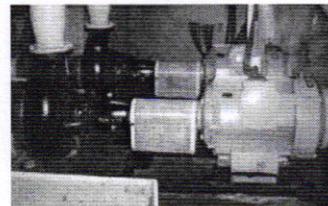
*Kata kunci: misalignment, vibrasi mekanik, umur mesin, dan konsumsi listrik*

## PENDAHULUAN

PLTA Cirata merupakan salah satu PLTA yang sangat penting dalam mendukung beban puncak sistem kelistrikan Jawa-Bali, dan merupakan PLTA terbesar di Indonesia dengan kapasitas pembangkitan sebesar 1008 MW. Operasi PLTA sangat bergantung kepada ketersediaan air dan perangkat sistem pembangkitan tenaga listriknya. Perangkat pendukung PLTA harus tetap dalam kondisi optimal agar PLTA dapat menyalurkan tenaga listrik secara maksimal. Salah satu perangkat pendukung utama, seperti *Cooling Water Pump (CWP)* harus beroperasi dengan baik untuk mendinginkan oli pelumas (*Thrust Bearing Oil Cooler, Turbine Guide Bearing Oil Cooler, Governor Oil Cooler*), dan *Generator Air Cooler*. Pompa pada CWP dengan kapasitas sebesar 150 kW adalah tipe pompa sentrifugal yang dihubungkan dengan motor listrik sebagai penggeraknya. Pengoperasian CWP dilakukan bersamaan dengan program perawatan yang telah direncanakan.

Perawatan rutin dan perawatan khusus (*predictive maintenance* dan *proactive maintenance*) bertujuan untuk dapat mengantisipasi operasi optimal sistem PLTA.

CWP pada PLTA Cirata dirancang dengan menggunakan kopling fleksibel antara motor dengan pompanya (Gambar 1), sehingga dapat meredam bila terjadi vibrasi mekanik.

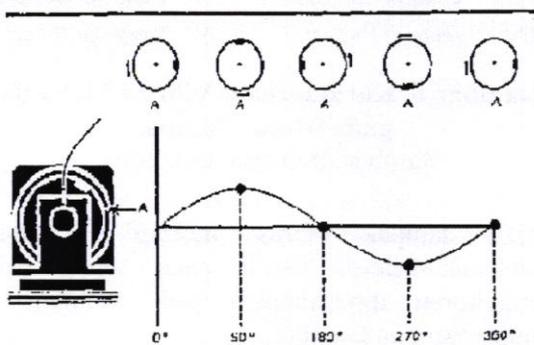


**Gambar 1. CWP pada Unit I PLTA Cirata**

Vibrasi pada motor dapat di akibatkan oleh beberapa hal seperti *misalignmet* dan *looseness. misalignment*, yaitu ketika dua poros yang dihubungkan tidak lagi berada dalam dalam satu sumbu, sehingga akan menimbulkan vibrasi yang lebih besar dari vibrasi normal pada motor. Untuk itu akan dibahas bagaimana hubungan antara, vibrasi mekanik dan konsumsi energi listrik pada motor induksi pada CWP.

## METODOLOGI

Secara visual vibrasi mekanik adalah gerakan bolak balik dari suatu mesin, yang dapat dirasa dengan tangan atau oleh seluruh tubuh kita, yang dikenal sebagai getaran. Sebagai ilustrasi (Gambar 2), sebuah piringan yang sedang berputar pada tepinya ditemplei sebuah pemberat hingga *unbalance*<sup>[5]</sup>. Maka timbullah gaya sentripetal oleh pemberat tersebut, yang berusaha menarik piringan itu keluar dari perputarannya secara radial.



**Gambar 2. Ilustrasi Vibrasi dengan Piringan Hitam**

(Sumber: PT PLN, Jasa diklat, 2011)

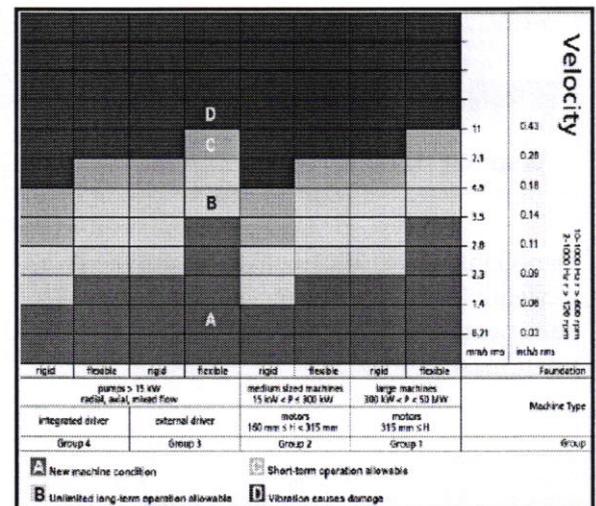
Parameter vibrasi mekanik dibedakan dalam 3 kategori yaitu jarak vibrasi, kecepatan vibrasi dan percepatan vibrasi<sup>[2]</sup>. Displacement (Jarak vibrasi) adalah jarak yang ditempuh oleh gerakan bolak-balik (getaran) pada suatu periode waktu tertentu. Hal ini jika menurut Gambar 2 adalah jarak pergeseran titik putar piringan karena gaya sentripetal, dalam pengukuran vibrasi kita hanya dapat mengukur *peak to peak displacement*, yaitu jarak dari positif maksimum ke negatif maksimum atau sama dengan  $2 \times A$ .

Velocity (Kecepatan vibrasi) adalah kecepatan gerakan bolak balik pada suatu periode waktu tertentu. Kecepatan ini selalu berubah sepanjang jarak yang ditempuhnya, dimana

pada posisi positif maksimum dan negatif maksimum kecepatan adalah nol. Pada posisi gerakan melewati daerah netral kecepatan adalah maksimum. Dalam pengukuran vibrasi kita hanya dapat mengukur kecepatan maksimum atau disebut *peak velocity*.

Acceleration (Percepatan vibrasi) adalah percepatan gerak bolak balik pada suatu periode waktu tertentu. Percepatan selalu berubah sepanjang jarak yang ditempuhnya, dimana maksimum pada saat *displacement* mencapai positif maksimum atau mendekati negatif maksimum. Dalam pengukuran vibrasi kita hanya dapat mengukur percepatan vibrasi maksimum atau disebut *peak acceleration*.

Berdasarkan Standard Internasional ISO 10816-3, 2003<sup>[3]</sup>, dampak kecepatan vibrasi terhadap kelayakan operasi motor listrik diperlihatkan pada Gambar 3.

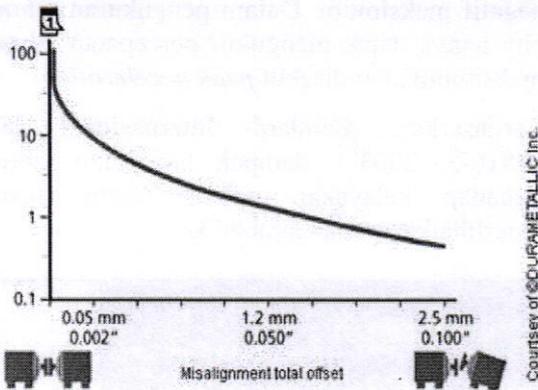


**Gambar 3. Dampak Kecepatan Vibrasi pada Motor**

Salah satu penyebab terjadinya vibrasi mekanik adalah *misalignment*, yaitu kondisi dimana terjadi penyimpangan pada titik pusat antara dua poros yang dihubungkan (dua poros terletak tidak pada satu sumbu). *Misalignment* terdiri atas tiga jenis yaitu *Offset/parallel misalignment*, *Angular misalignment*, & *Combination misalignment*<sup>[4]</sup>. *Offset/parallel misalignment* terjadi jika garis sumbu dua poros berputar sejajar tetapi tidak berada dalam satu garis sumbu. Kondisi ini terjadi akibat kedua garis tengah antara poros tidak dalam keadaan satu sumbu. *Angular misalignment* terjadi jika poros pada kopling tidak segaris dan berpotongan membentuk sudut tertentu.

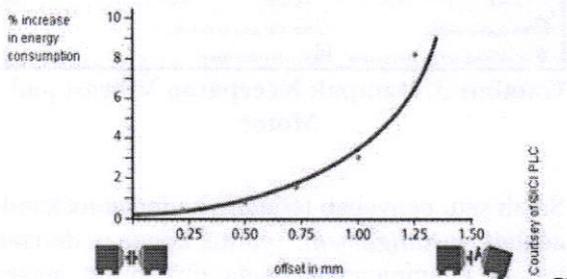
Sedangkan *Combination misalignment* terjadi jika dua poros berputar tidak berhadapan.

Menurut kajian yang telah dilakukan oleh PRÜFTECHNIK<sup>[1]</sup> mengenai dampak *misalignment* terhadap umur mesin dan konsumsi energi listrik, menjelaskan bahwa umur mesin akan berkurang sejalan dengan meningkatnya vibrasi mekanik (Gambar 4). Demikian pula konsumsi energi listrik meningkat dengan kenaikan vibrasi mekanik (Gambar 5).



**Gambar 4. Dampak Misalignment pada Umur Mesin**

Dari Gambar 4 terlihat bahwa besarnya vibrasi mekanik lebih dari 2,5 mm akan berdampak pada penurunan umur mesin hingga 0,5% dari umur mesin normal.

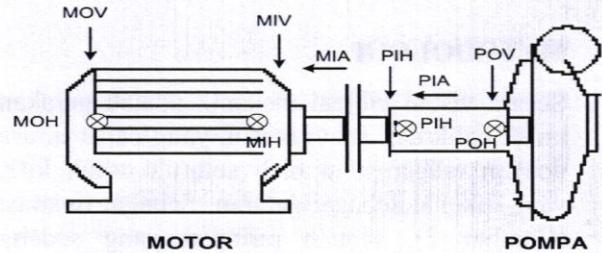


**Gambar 5. Dampak Misalignment pada Konsumsi Energi Listrik**

Gambar 5 menunjukkan bahwa peningkatan vibrasi mekanik sampai dengan 1,5 mm akan meningkatnya konsumsi energi listrik hingga 10% sebagai rugi-rugi dalam menkompensasi vibrasi tersebut.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengamatan dampak vibrasi mekanik pada motor CWP dicermati berdasarkan hasil pengukuran yang dilakukan pada bulan Agustus 2011. Adapun titik pengukuran dilakukan sesuai dengan yang digunakan oleh PLN (ISO 10816-3, 2003), sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 6.



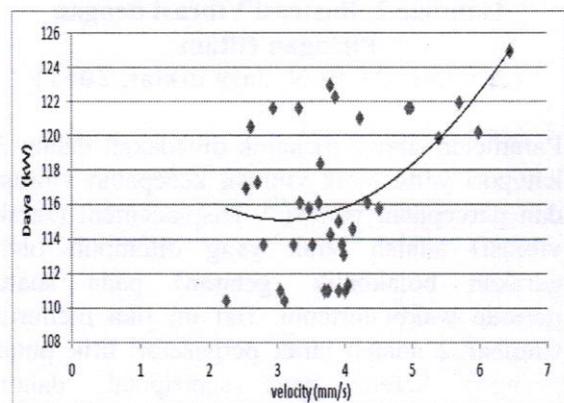
Keterangan:

MOH	Motor Out Horizontal	PIH	Pump In Horizontal
MOV	Motor Out vertical	PIV	Pump in vertical
MIA	Motor In Axial	PIA	Pump In Axial
MIH	Motor In Horizontal	POH	Pump Out horizontal
MIV	Motor In Vertical	POV	Pump Out Vertical

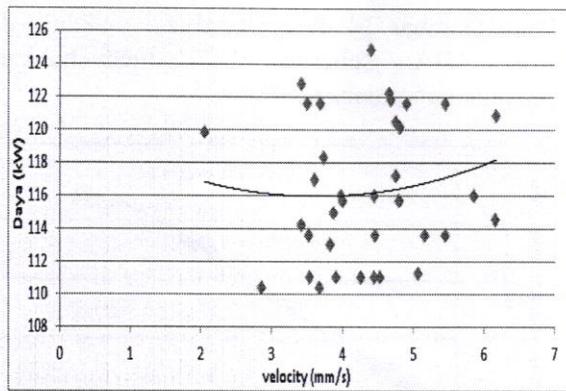
**Gambar 6. Karakteristik Vibrasi Mekanik pada Motor Pompa**

Sumber: ISO 10816-3, 2003

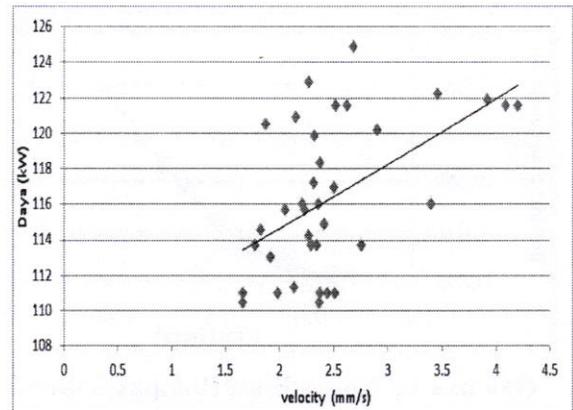
Profil dampak vibrasi mekanik terhadap konsumsi energi listrik pada setiap titik pengukuran diperlihatkan pada Gambar 7 sampai dengan Gambar 11.



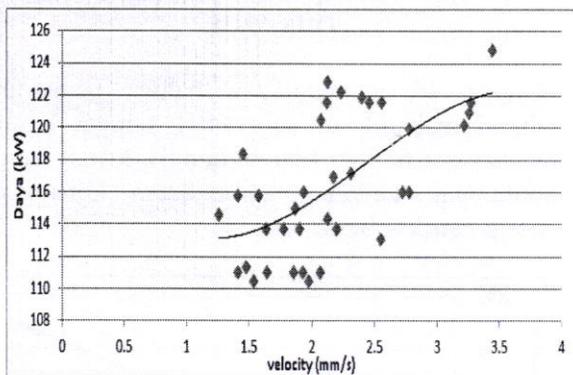
**Gambar 7. Dampak Vibrasi Mekanik terhadap Konsumsi Listrik pada Titik MOH**



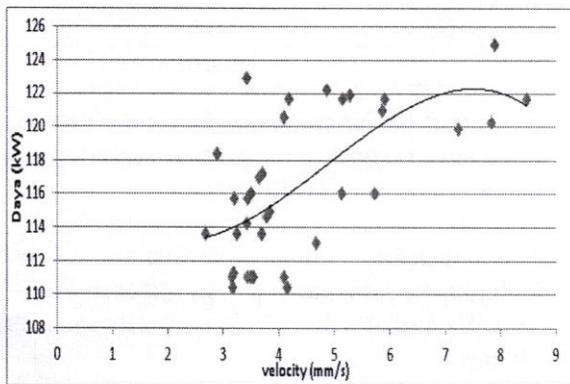
**Gambar 8. Dampak Vibrasi Mekanik terhadap Konsumsi Listrik pada Titik MOV**



**Gambar 11. Dampak Vibrasi Mekanik terhadap Konsumsi Listrik pada Titik MIV**



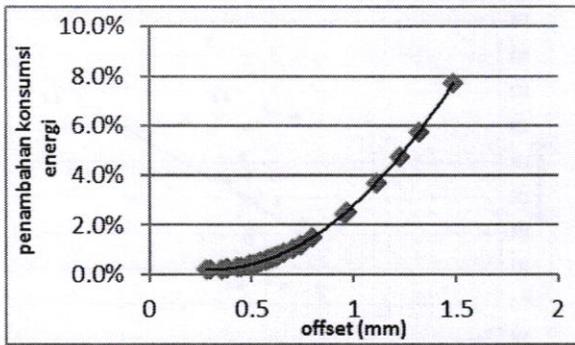
**Gambar 9. Dampak Vibrasi Mekanik terhadap Konsumsi Listrik pada Titik MIA**



**Gambar 10. Dampak Vibrasi Mekanik terhadap Konsumsi Listrik pada Titik MIH**

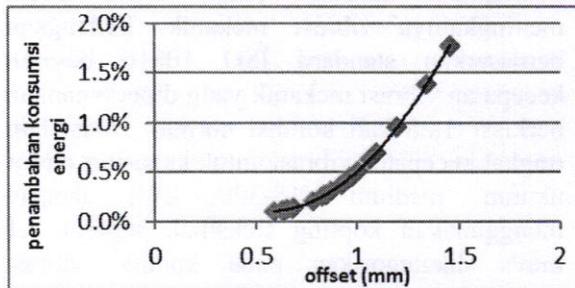
Berdasarkan gambaran pada profil dampak vibrasi mekanik terhadap konsumsi daya listrik menunjukkan bahwa terjadi kecenderungan peningkatan konsumsi energi listrik akibat meningkatnya vibrasi mekanik. Sedangkan berdasarkan standard ISO 10816 besaran kecepatan vibrasi mekanik yang diperkenankan berkisar 1,25 kali kondisi normal. Disisi lain tingkat kecepatan vibrasi untuk kapasitas motor ukuran medium (15-300 kW) dengan menggunakan kopling fleksibel, sebesar 7,1 mm/s dikategorikan pada kondisi vibrasi penyebab kerusakan. Gambaran operasi motor ini menunjukkan bahwa vibrasi mekanik tertinggi pada MOH dan MIH yakni dalam kondisi C (short term operation) diperlukan perbaikan.

Dampak vibrasi mekanik berpeluang mengurangi umur mesin dan meningkatkan konsumsi energi listrik<sup>[1]</sup>. Dengan melakukan normalisasi data pengukuran konsumsi energi listrik dan vibrasi mekanik, maka dapat diformulasikan pendekatan sebagaimana tercermin pada Gambar 3. Secara detil dampak vibrasi mekanik terhadap persentasi kenaikan konsumsi energi untuk setiap pengukuran diperlihatkan pada Gambar 12 sampai dengan Gambar 17.



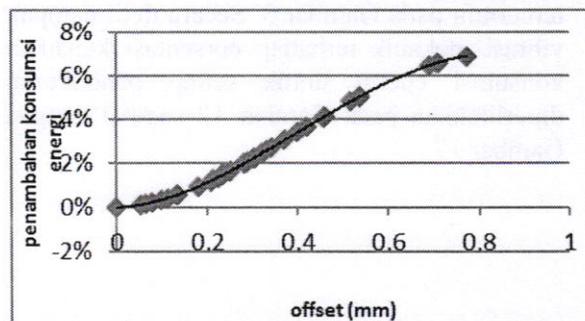
**Gambar 12. Normalisasi Dampak Vibrasi Mekanik terhadap Konsumsi Listrik pada Titik MOH**

Dari Gambar 12 pada *offset* tertinggi sebesar 1,48 mm (titik kritis 1,5 mm) mengakibatkan terjadi peningkatan konsumsi energi sebesar 7,7%.



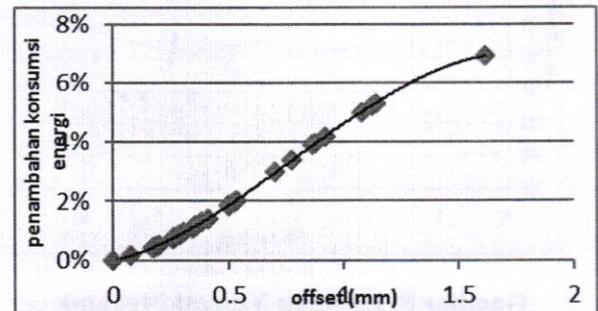
**Gambar 13. Normalisasi Dampak Vibrasi Mekanik terhadap Konsumsi Listrik pada Titik MOV**

Gambar 13 dengan *offset* tertinggi sebesar 1,45 mm, didapat peningkatan konsumsi energi listrik relatif kecil sebesar 1,8%, hal ini menunjukkan bahwa dampaknya relatif kecil terhadap peningkatan konsumsi energi pada titik MOV.



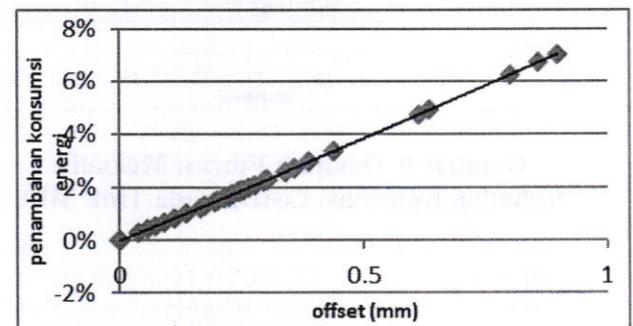
**Gambar 14. Normalisasi Dampak Vibrasi Mekanik terhadap Konsumsi Listrik pada Titik MIA**

Pada Gambar 14 dampak vibrasi mekanik di titik MIA sebesar 0,77 menyebabkan peningkatan mencapai 7%.



**Gambar 15. Normalisasi Dampak Vibrasi Mekanik terhadap Konsumsi Listrik pada Titik MIH**

Gambar 15 menunjukkan bahwa pengaruh vibrasi mekanik di titik MIH sangat besar mencapai 1,61 mm (dalam kondisi kritis) yang berdampak terhadap peningkatan konsumsi energi listrik sebesar 6,92 %.

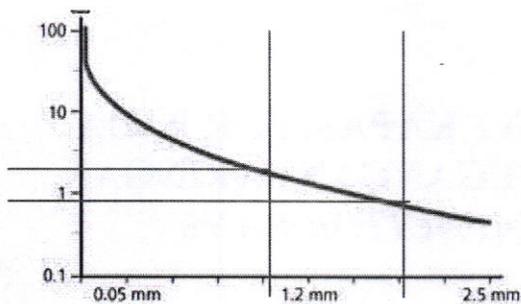


**Gambar 16. Normalisasi Dampak Vibrasi Mekanik terhadap Konsumsi Listrik pada Titik MIV**

Dari Gambar 16 diperlihatkan bahwa peningkatan konsumsi energi sebesar 7,05 % (14 kW) akibat vibrasi mekanik sebesar *offset* 0,9 mm.

Dampak vibrasi mekanik pada motor listrik akan sangat berpengaruh terhadap kinerja pompa, terutama bila vibrasi tinggi pada titik MIV dan MIH. Tingginya vibrasi mekanik pada MOH dan MOV menunjukkan bahwa perlunya perawatan dan perbaikan segera dilakukan.

Sejalan dengan dampaknya terhadap konsumsi energi listrik, umur mesin akan terdipresiasi akibat vibrasi mekanik (Gambar 17).



**Gambar 17. Normalisasi Dampak Vibrasi Mekanik terhadap Konsumsi Listrik pada Titik MIV**

Gambar 17 menunjukkan bahwa vibrasi mekanik pada kisaran offset maksimum sebesar 0,8mm sampai dengan 1,61 mm menyebabkan mur mesin terdipresiasi dengan kisaran 0,8%-1,2% dari umur normalnya.

### KESIMPULAN

Kajian dampak vibrasi mekanik terhadap konsumsi energi listrik pada CWP Unit I PLTA Cirata menghasilkan beberapa temuan pokok sebagai berikut:

1. Operasi motor listrik pada CWP unit I menunjukkan bahwa motor hanya diperkenankan beroperasi dalam waktu pendek, kategori C (ISO 10816-3).
2. Dampak vibrasi mekanik pada titik MOH, MOV dan MIH berada pada kondisi kritis yaitu pada kondisi *offset di atas* 1,5 mm. Sehingga motor beroperasi dengan boros energi yang mencapai 6,92%
3. Umur motor listrik CWP, bila tidak dilakukan perawatan, akan terdepresiasi sekitar 0,8%-1,2% dari umur normalnya. Hal tersebut akibat terjadi vibrasi mekanik pada kisaran offset

maksimum sebesar 0,8 mm sampai dengan 1,61 mm.

### DAFTAR PUSTAKA

- PRÜFTECHNIK, *Effect of Misalignment*, 2013.  
(<http://www.pruftechnik.com/en/alignment-systems/alignmentknowledge/effect-of-misalignment.html> diakses tanggal 10 Mei 2013)
- Laporan PT PLN Unit Pendidikan dan Pelatihan Suralaya, 2013.  
(<http://www.scribd.com/doc/67018008/TEORI-VIBRASI-OK> diakses tanggal 5 Mei 2013)
- Internasional Standart ISO 10816-3, 2003, *Mechanical vibration measurements on non rotating parts First edition*.
- Wahdiat Deddy, 2005, *Basic Vibration Analysis Course presentation* PT. Tiara Vibrasindo Pratama.
- Ulfiana Andi, 2010, *Analisis Pengaruh Misalignment Terhadap Vibrasi dan Kinerja Motor Induksi* Depok, Universitas Indonesia.