

Analisis Sensor Vibrasi *Main Cooling Water Pump* di PT Indonesia Power UPJP Kamojang Unit PLTP Kamojang

Tiara Syafitri^{1*}, Waslaluiddin¹, dan Wawan Kurniawan²

¹*Program Studi Fisika, Universitas Pendidikan Indonesia, Jl. Dr. Setiabudhi 229 Bandung 40154, Indonesia*

²*Kamojang Generation Business Unit Jl. Komplek Perumahan PLTP Kamojang Garut 44101, Indonesia*

** Corresponding author. E-mail: tiarasya.ts@gmail.com
hp: +62-89653437947*

ABSTRAK

Sistem proteksi vibrasi sangat penting di PT Indonesia Power UPJP Kamojang Unit PLTP Kamojang. Sistem proteksi ini digunakan pada salah satu alat di PT Indonesia Power UPJP Kamojang Unit PLTP Kamojang yaitu *main cooling water pump*. *Monitor vibration* berfungsi untuk *monitoring* dan juga sebagai proteksi vibrasi pada *main cooling water pump*. *Main cooling water pump* berfungsi untuk menjaga level permukaan dan tekanan dalam kondensor. Air hasil pendinginan di kondensor akan dipompakan oleh *main cooling water pump* ke *cooling tower*. *Main cooling water pump* dilengkapi dengan sistem proteksi vibrasi. Pada saat vibrasi tinggi mencapai *set point* maka *main cooling water pump* akan *trip/stop*. Pada *main cooling water pump*, sensor vibrasi yang digunakan sebelumnya yaitu *displacement transducer* yang mengukur perubahan jarak sensor dengan *shaft main cooling water pump*. Pembacaan nilai vibrasi menggunakan *displacement transducer* menunjukkan vibrasi yang tinggi, mencapai bahkan melebihi *set point* pada sistem proteksi vibrasi sehingga *main cooling water pump* menjadi *trip*. Sedangkan, setelah dilakukan pemeriksaan oleh tim CBM (*condition base maintenance*) kondisi aktual dilapangan vibrasi terpantau normal. Karena hasil monitoring vibrasi bias maka sistem proteksi pada *main cooling water pump* tidak bisa dijalankan. Untuk mengatasi masalah tersebut, sensor vibrasi diganti dari *displacement transducer* yang bersifat *direct contact* menjadi *velocity transducer* yang mana bersifat *non-contact*.

Kata kunci: *Displacement Transducer, Main Cooling Water Pump, Velocity Transducer, Vibration Monitor.*

ABSTRACT

The vibration protection system is very important in PT Indonesia Power UPJP Kamojang Unit PLTP Kamojang. Protection system used in instrument at PT Indonesia Power UPJP Kamojang Unit PLTP Kamojang is *main cooling water pump*. The function of *monitor vibration* is *monitoring* and protection system at *main cooling water pump*. Water condensate in condensor will pumping up to cooling tower. *Main cooling water pump* has equipped with a vibration protection system. When high vibration reaches the *set point*, the *main cooling water pump* will *trip / stop*. In *main cooling water pump*, vibration used previously is a *displacement transducer* that measures the change in the distance of the sensor with the *shaft main cooling water pump*. The result of the vibration value using a *displacement transducer* shows a high vibration, reach even more than the *set point* in the vibration protection system so that the *main cooling water pump* becomes a *trip*. Meanwhile, after inspection by the Team CBM (*condition base maintenance*) the actual conditions in the vibration are monitored normally. Because the result of monitoring vibration is not true, the protection system on the *main cooling water pump* cannot be run.

Key word: *Displacement Transducer, Main Cooling Water Pump, Velocity Transducer, Vibration Monitor.*

1. Pendahuluan

Pembangkit listrik tenaga panas bumi (PLTP) pembangkit listrik yang menggunakan panas bumi (*geothermal*) sebagai sumber energinya. *Geothermal* atau panas bumi pembangkit ini termasuk salah satu sumber energi terbarukan. *Geothermal* atau panas bumi pembangkit ini termasuk salah satu sumber energi terbarukan.

Keberlangsungan pembangkitan suatu unit pembangkit sangat bergantung pada bahan bakar uap yang merubah energi statis untuk memutar turbin yang dirubah menjadi energi kinetik berupa putaran turbin yang seporos dengan generator guna membangkitkan tenaga listrik. Uap bekas (*exhaust steam*) dikondensasikan menjadi air dan di pompa oleh dua buah *main cooling water pump* yang beroperasi bersamaan untuk didinginkan di *cooling tower* untuk selanjutnya disirkulasikan kembali ke kondensor.

Vibrasi yaitu salah satu indikator dari suatu mesin. Pada *main cooling water pump* terpasang vibrasi monitor untuk memonitor dan melindungi pompa dari getaran akibat *mechanical looseness*, *miss alignment* ataupun gangguan alam yang dapat mengakibatkan kerusakan yang lebih parah / berfungsi sebagai proteksi pompa dari vibrasi yang tinggi. Vibrasi monitor pada *main cooling water pump* dilengkapi dengan mekanisme *trip/stop* sebagai pengamanan apabila terjadi *high vibration*.

Kondisi sistem proteksi *main cooling water pump* di PT Indonesia Power UPJP Kamojang Unit PLTP Kamojang hasil penunjukan vibrasinya tinggi sampai mencapai bahkan melebihi batas *trip/stop*. Sedangkan, setelah dilakukan pemeriksaan oleh tim CBM (*condition base maintenance*) kondisi aktual lapangan vibrasi terpantau normal sehingga untuk sementara sistem proteksinya di *block* untuk menghindari unit *trip*. Dari hasil pemeriksaan, kondisi sensor vibrasi *displacement* pada *main cooling water pump* telah terjadi perubahan karakteristik dan sensitivitasnya tidak dapat dijadikan acuan dalam menentukan besaran vibrasi yang sebenarnya, akibatnya sistem proteksi vibrasi pada *main cooling water pump* tidak bisa dijalankan.

Dalam meningkatkan *performance* dari sensor vibrasi *main cooling water pump* di PT Indonesia Power UPJP Kamojang Unit PLTP Kamojang diganti menjadi *velocity transducer* dalam menghindari pembacaan vibrasi yang

bias. Pada pengukuran vibrasi sebelumnya menggunakan *displacement transducer* yang mengukur perubahan jarak sensor dengan *shaft main cooling water pump*. Akibat adanya kesalahan pembacaan sensor dan juga pembacaan yang terpengaruh oleh *shaft*, pembacaan vibrasi menjadi tinggi melebihi *setting point* sehingga *main cooling water pump* mengalami *trip*. Karena hasil *monitoring* vibrasi bias maka sistem proteksi pada *main cooling water pump* tidak bisa dijalankan. Untuk mengatasi masalah tersebut, dibutuhkan penggantian sensor vibrasi yang dapat meningkatkan *performance* sistem proteksi *main cooling water pump* dan tidak terpengaruh kebengkokan *shaft*. Oleh karena itu dipilih *velocity transducer* dalam mengatasi permasalahan yang ada.

Dalam penelitian ini, telah dianalisis sensor vibrasi *main cooling water pump* dari *displacement transducer* menjadi *velocity transducer*.

2. Metode

Proses kerja monitor vibrasi pada *main cooling water pump* dengan *displacement transducer* secara singkat yaitu akibat vibrasi pompa, jarak antara *shaft* pompa dengan *displacement transducer* akan berubah-ubah. *Displacement transducer* akan merespon perubahan jarak ini dengan perubahan keluaran arus dengan memanfaatkan prinsip *eddy current*. Di dalam *vibration transducer*, terdapat *oscillator-demodulator* dan *amplifier* untuk memisahkan gelombang *carrier* dengan gelombang yang diukur serta menguatkan sinyal arus yang diukur. Sinyal arus yang telah diukur dari *vibration transducer* dikirim ke *vibration monitor* yang berada *Apparatus room*. Pada *vibration monitor*, terdapat beberapa fungsi antara lain *display* vibrasi di lapangan terukur, *power supply* 110 VAC, dan *vibration high trip*. Dari *vibration monitor*, sinyal vibrasi diteruskan ke *Vibration Indicator* dan *Vibration Recorder* yang berada *apparatus room*.

Vibration monitor ini menampilkan vibrasi yang terbaca pada sensor di lapangan. Selain itu, *vibration monitor* juga mempunyai fungsi *high trip vibration*. *High trip vibration* ini berfungsi sebagai proteksi pada *main cooling water pump*. Pada saat vibrasi pada *main cooling water pump* terbaca tinggi melewati batas normal dan harus melakukan pemeliharaan, *vibration monitor* akan

memberikan sinyal *off* ke *main cooling water pump* sehingga *main cooling water pump* akan berhenti beroperasi. Apabila *main cooling water pump*, pemeliharaan harus segera dilakukan karena apabila tidak dilakukan pemeliharaan maka akan terjadi kerusakan

3. Hasil dan Pembahasan

Vibrasi adalah osilasi sistem mekanis atau struktural tentang posisi kesetimbangan [1]. Secara visual vibrasi adalah getaran bolak-balik dari suatu mesin, yang dapat dirasa dengan tangan atau oleh seluruh tubuh kita, yang dikenal sebagai getaran [2].

Secara matematis vibrasi mempunyai karakteristik yang disebut parameter-parameter vibrasi. Terdapat tiga parameter utama dalam pengukuran vibrasi terhadap suatu mesin [3], yaitu:

a. Displacement

Displacement merupakan jarak yang ditempuh oleh gerakan bolak-balik (getaran) pada suatu periode waktu tertentu. Parameter ini didapatkan dengan melakukan pengukuran jarak pergeseran titik putar piringan yang disebabkan oleh gaya sentripetal.

b. Velocity

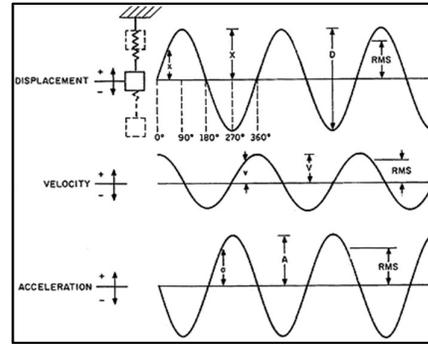
Velocity Adalah kecepatan gerakan secara bolak-balik pada suatu periode waktu tertentu. Parameter kecepatan selalu berubah sepanjang jarak yang ditempuhnya, dimana pada posisi positif maksimum dan negatif maksimum kecepatan adalah nol, sedangkan pada posisi gerakan melewati daerah netral kecepatan adalah maximum

c. Acceleration

Acceleration adalah percepatan gerak secara bolak-balik pada suatu periode waktu tertentu

d. Hubungan Ketiga Parameter

Dalam kondisi suatu mesin yang sedang bervibrasi, ketiga parameter ini selalu ada dan tidak berdiri sendiri-sendiri. Ketiganya mempunyai hubungan urutan diferensial mulai dari *displacement*, *velocity* dan *acceleration*. Ketiga rumusan itu telah diuraikan diatas, dan jika digambarkan masing-masing adalah merupakan kurva sinusoidal seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Hubungan Ketiga Parameter Vibrasi

(Sumber : www.berbagienergi.com)

Penggunaan motor listrik di dunia industri, khususnya di pusat pembangkit tidak terlepas dari permasalahan yang muncul sehingga dapat menyebabkan kerugian. Ketika motor listrik dideteksi terdapat kerusakan yang diawali dengan rusaknya bearing dan tanpa adanya perbaikan, maka hal ini akan menimbulkan kerugian. Kerugian yang timbul tidak hanya dalam jumlah kecil, melainkan dapat juga menghasilkan kerugian yang sangat besar dalam proses produksi [4].

Sistem proteksi sangat diperlukan dalam pemeliharaan sebuah mesin, salah satunya *main cooling water pump*. Sistem proteksi ini sangat diperlukan untuk mengetahui atau mengindikasikan apabila terjadi kerusakan pada *main cooling water pump* akibat dari vibrasi yang tinggi.

Berikut merupakan gambaran mengenai permasalahan yang terjadi dan spektrum vibrasi yang muncul pada sistem motor *main cooling water pump*, diantaranya:

a. Misalignment

Misalignment (ketidaksumbuhan) diakibatkan oleh preload dari poros bengkok atau bantalan tidak mapan dan sumbu poros pada kopling yang tidak segaris. Ketidakseimbangan (*unbalance/imbalance*) adalah kondisi dimana terjadi distribusi massa yang tidak seimbang pada komponen yang berotasi. Distribusi massa yang tidak seimbang ini akan mengakibatkan terbentuknya massa lebih di suatu titik (*heavy spot*) pada komponen. *Heavy spot* ini akan membentuk gaya sentrifugal pada arah radial yang akan mengakibatkan defleksi pada poros [5].

b. *Mechanical looseness*

Ketidaksejajaran poros atau *misalignment* adalah kondisi dimana hubungan poros pada mesin tidak sejajar. Terdapat dua jenis ketidaksejajaran poros yaitu *angular misalignment* dan *parallel misalignment*. *Angular misalignment* adalah ketidaksejajaran poros dimana poros yang satu dengan yang lain akan membentuk sudut tertentu. Sedangkan *Parallel misalignment* adalah ketidaksejajaran poros dimana sumbu rotasi poros yang satu dengan yang lain tidak sejajar (Ekoputranto, dkk., 2015).

Monitor vibrasi pada *main cooling water pump* pada awalnya menggunakan jenis *displacement transducer* pada pengukurannya. *Displacement transducer* mengukur perubahan jarak antara *shaft main cooling water pump* dengan sensor vibrasi. Hasil pembacaan dari sensor vibrasi selanjutnya diteruskan ke *vibration monitor* yang berada di *apparatus room*.

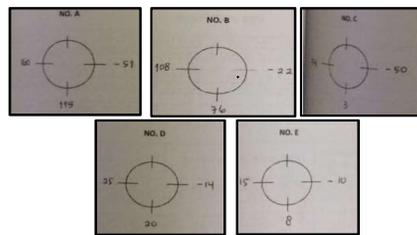
Pada prakteknya terdapat penurunan kinerja sensor *displacement* dan juga adanya kebengkokan pada *shaft* pada *main cooling water pump* sehingga pembacaan vibrasi menjadi bias. Akibat dari adanya kebengkokan tersebut pembacaan vibrasi menjadi tinggi. Selain itu, adanya *grase oil*. *Grase oil* ini berpengaruh terhadap permukaan sensor dan permukaan *shaft* yang mengakibatkan berkurangnya *performace* dari sensor itu sendiri.

Permasalahan pada sistem monitoring yang menunjukkan hasil vibrasi yang tinggi sehingga menyebabkan *trip/stop*. Namun apabila nilai vibrasi terukur sangat tinggi bahkan sampai melebihi skala pembacaan oleh *vibration monitor* itu sendiri. tidak dapat dijadikan acuan dalam menentukan besaran vibrasi yang sebenarnya, akibatnya sistem proteksi vibrasi pada *main cooling water pump* tidak bisa dijalankan.

Pada saat meriksaan dilakukan langsung oleh tim (CBM) *Condition Base Maintenance* pada *main cooling water pump* menunjukkan hasil yang berbeda. Pembacaan vibrasi yang oleh sensor yang tidak menunjukan keadaan yang sebenarnya.

Akibat dari biasanya vibrasi yang terbaca pada *main cooling water pump* maka diharuskan pemeliharaan atau penggantian dari sensor vibrasi. Namun, pada saat sensor *displacement* informasi dari pabrikan sudah tidak diproduksi lagi. Sehingga diperlukan jenis sensor lain yang dapat mengukur vibrasi *main cooling water pump*.

Akibat adanya toleransi defleksi *shaft* yang diterapkan pada *main cooling water pump*. Toleransi yang diterapkan yaitu ± 5 [6]. Pada saat *shaft main cooling water pump* bengkok namun masih pada standar toleransi *shaft* tidak akan diganti. Padahal akibat dari kebengkokan *shaft* tersebut berpengaruh pada pembacaan nilai vibrasi pada *main cooling water pump*. Gambar 2 menunjukkan kebengkokan *shaft* pada *main cooling water pump* yang ditemukan pada saat *overhaul*.



Gambar 2 Kebengkokan *Shaft* Pada *Main Cooling Water Pump* [7]

Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1, kebengkokan *shaft* pada *main cooling water pump* melebihi batas toleransi kebengkokan *shaft main cooling water pump* di PT Indonesia Power UPJP Kamojang. Oleh karena itu, dibutuhkan penggantian *shaft*.

Namun, setelah penggantian *shaft* hasil vibrasi masih menunjukkan hasil tinggi melebihi *set point* yang tidak sesuai dengan keadaan aktual dilapangan.

Pada Tabel 1 menunjukkan nilai vibrasi yang sangat tinggi melewati batas *setting point* yang sudah ditentukan sudah di *setting* sebelumnya pada sistem proteksi vibrasi sebesar 100 μm . Pada saat *shaft main cooling water pump* sudah diganti ternyata masih terdapat bias dalam pembacaan nilai vibrasi *main cooling water pump*. Oleh karena itu diperlukan metode pengukuran vibrasi *main cooling water pump* yang tidak terpengaruh dari bias defleksi *shaft main cooling water pump*.

Tabel 1. Data Vibrasi Sebelum dan Sesudah Penggantian Shaft Main Cooling Water Pump

Set point	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
high vibration											
Sebelum											
Penggantian Shaft (µm)	363	363	369	369	382	382	379	379	383	383	379
Sesudah											
Penggantian Shaft(µm)	116	102	111	116	108	118	107	105	103	109	109

Untuk mengatasi masalah yang ada, diperlukan adanya penggantian sensor dari Dalam Dalam mengatasi masalah yang ada, penggantian sensor dilakukan dari sensor *displacement transducer* yang bersifat *non-contact* menjadi sensor *transducer* yang sifatnya kontak langsung. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan nilai vibrasi yang tak bias. Penggantian sensor meliputi pemindahan titik pemasangan sensor pada *main cooling water pump* yang pada awalnya mengukur di *shaft* diubah menjadi di *house bearing*.

Titik pengukuran pada *main cooling water pump* yang awalnya berada di *shaft* kemudian diganti menjadi di *house bearing* ditunjukkan dengan tanda silang berwarna merah pada Gambar 2.



Gambar 2. Titik Pengukuran Vibrasi

Pada Gambar 2 menunjukkan titik pengukuran *displacement transducer* yang bersifat *non-contact* dan *transducer* yang bersifat *direct-contact*. *Transducer* yang bersifat *direct-contact* akan dipasang pada titik pengukuran yang diberi tanda silang berwarna merah.

Penulis meyarankan *transducer* yang bersifat *direct-contact direct-contact* yaitu *velocity transducer*. *Velocity transducer* memiliki kelebihan dibandingkan *displacement transducer*. Kelebihan dari *velocity transducer* dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan *Displacement Transducer* dan *Velocity Transducer*

Variable	Displacement Transducer	Velocity Transducer
Contact	Non-Contact	Direct Contact
Sifat	Relative Measurement	Absolute Measurement
Sensitif terhadap Permukaan Bidang Ukur	Ya	Tidak
Terpengaruh Jarak Pemasangan	Ya	Tidak

Berdasarkan perbandingan pada Tabel 2 menunjukkan beberapa kelebihan yang dapat menjadi pertimbangan dalam penggantian sensor vibrasi *main cooling water pump*. Sifat dari *velocity transducer* yang *direct-contact* tidak terpengaruh dari kebengkokan shaft.

4. Simpulan

Monitor vibrasi MCWP sebagai salah satu proteksi MCWP saat ini dilaksanakan dengan menggunakan *displacement vibration* yang mengukur perubahan jarak *shaft* dengan sensor *displacement*. Pada MCWP B Unit 2, diketahui pembacaan nilai vibrasi monitor tinggi padahal berdasar pengukuran oleh CBM vibrasi MCWP masih dalam batas wajar. Akibat tingginya pembacaan vibrasi monitor, penyetingan *high trip vibration* tidak berjalan dengan semestinya. Hal ini dikarenakan pembacaan vibrasinya yang justru melebihi rentang pembacaan vibrasi monitor dan pembacaan vibrasi yang tidak aktual karena terdapat bias dengan kebengkokan shaft.

Setelah dilakukan pemeriksaan diketahui bahwa bagian *main cooling water pump* yang mengakibatkan pembacaan vibrasi yang tinggi adalah adanya kebengkokan pada bagian *shaft*.

Akibat adanya kebengkokan tersebut maka dibutuhkan *transducer* yang tidak terpengaruh oleh kebengkokan *shaft* agar hasil dari pembacaan vibrasi menjadi tidak bias. *Vibration transducer* yang dapat mengatasi permasalahan tersebut yaitu *velocity transducer*.

5. Ucapan Terima Kasih

Terimakasih kepada seluruh pihak yang telah membantu dalam penelitian ini terutama pembimbing yang telah membantu penulis menyelesaikan artikel ini serta seluruh pihak Departemen Pendidikan Fisika Universitas Pendidikan Indonesia serta seluruh pihak PT Indonesia Power UPJP Kamojang Unit PLTP Kamojang yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk melakukan penelitian di PT Indonesia Power UPJP Kamojang Unit PLTP Kamojang.

6. Referensi

- [1] Kelly, S. G. 2012. *Mechanical Vibration Theory and Application*. Stanford: Cengage Learning
- [2] Nugroho, D. 2013. Teori Vibrasi. [Online] Tersedia : <https://danangnugroho.com/111-teori-vibrasi>.
- [3] Yudisaputro, H. 2014. Parameter Utama Pengukuran Vibrasi. [Online] Tersedia : <http://berbagienergi.com/2014/05/23/parameter-utama-pengukuran-vibrasi>
- [4] Rosyid, 2015. Pemanfaatan Spektrum Vibrasi Untuk Mengindikasikan Kerusakan Motor Induksi Di Pltu Indramayu 3 X 330 Mw. *TRANSIENT, VOL.2, NO. 3, SEPTEMBER 2013, ISSN: 2302-9927, 414*
- [5] Ekoputranto, A .Nurhilal, O, Taufik A. 2015. *Kajian Vibrasi Untuk Mendeteksi Kegagalan Awal Pada Mesin Rotasi Dengan Kasus Mesin Pompa*. Proseding Seminar Nasional Fisika dan Aplikasinya Laporan *Major Inpection* PT. Indonesia Power UPJP Kamojang
- [6] Manual Book Maintance Manual Volume TM 22 PT Indonesia Power.(1988). *Agency Of The Ministry Of Mines And Energy Of The Government Of The Republic Of Indonesia*. Indonesia : PLN
- [7] Laporan *Major Inpection* PT. Indonesia Power UPJP Kamojang