

KARAKTERISTIK NOISE NIRKABEL PADA POMPA SENTRIFUGAL KARENA PERUBAHAN BEBAN

Parno Raharjo¹, Yusuf Sofyan², Tria Maariz³

Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bandung^{1,3}

Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Bandung²

parno_raharjo@yahoo.com

Abstrak

Monitoring noise merupakan salah satu dari *predictive maintenance techniques* yang dapat digunakan untuk menentukan kondisi mesin. Monitoring noise dapat dilakukan secara *off line* dan secara *on line*. Monitoring noise secara *on line* dilakukan dengan jarak jauh dari mesin, sehingga diperlukan jaringan kabel yang panjang. Penerapan monitoring noise nirkabel masalah tersebut dapat diatasi. Monitoring noise untuk keperluan menentukan kondisi mesin informasinya masih sedikit. Oleh karena itu diperlukan penelitian lebih lanjut. Hasil analisa data pengujian noise nirkabel dijustifikasi dengan analisa data pengujian noise dengan sistem kabel. Obyek penelitian adalah pompa sentrifugal yang dioperasikan pada putaran tetap dengan variasi pembebanan.. Pengukuran dan pengambilan data dilakukan dengan menggunakan sistem nirkabel dan kabel yang dilengkapi dengan sistem data akuisisi. MathlabTM digunakan untuk menganalisa amplitudo, time domain dan frequency domain. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sinyal noise dan spektrum nirkabel telah sesuai dengan sinyal noise dan spektrum kabel tetapi diperlukan kalibrasi. Semakin tinggi beban maka semakin tinggi amplitudo noisennya. Amplitudo tertinggi pertama dan kedua terjadi pada 120 Hz (4ff) dan 180 Hz (6ff).

Kata Kunci : “noise”, “predictive maintenance”, “offline”, “online”, “monitoring”, “nirkabel”.

1. Pendahuluan

Monitoring noise merupakan salah satu teknik *predictive maintenance* yang dapat digunakan untuk menentukan kondisi mesin. Noise pada mesin yang tidak biasanya menunjukkan adanya gangguan pada mesin tersebut. Monitoring noise untuk maksud keselamatan kerja sudah lama diaplikasikan, sedangkan monitoring *airborne sound* untuk menentukan kondisi mesin belum mapan dan masih diperlukan pengkajian yang lebih jauh. Sedangkan monitoring yang sejenis seperti monitoring vibrasi telah mapan dan handal untuk menentukan kondisi mesin.

Monitoring noise dapat dilakukan secara *off line* dan secara *on line*. Monitoring noise secara *off line* dilakukan dengan cara inspektor berkeliling untuk melakukan monitoring setiap titik pengukuran pada mesin sehingga memakan waktu yang lama dan tidak efisien. Monitoring noise secara *on line* dilakukan secara *real time* karena, *airborne sound transducer* telah dipasang secara tetap pada mesin. Monitoring noise secara *on line* dimonitor dari *central control* yang letaknya cukup jauh dari mesin, sehingga diperlukan jaringan kabel yang panjang serta rumit dalam menginstalasi.

Problem instalasi ini dapat diatasi dengan *wireless noise monitoring system*.

2. Tinjauan Pustaka

Monitoring noise adalah salah satu teknik pemeliharaan prediktif yang bertujuan untuk menentukan kondisi mesin atau peralatan dengan cara memeriksa atau memonitor kondisi noise yang terjadi pada mesin tersebut.

Monitoring noise telah banyak diterapkan, tetapi untuk keperluan keselamatan kerja. Monitoring noise untuk keperluan monitoring kondisi mesin masih sedikit dan belum mapan seperti monitoring vibrasi.

Monitoring noise untuk keselamatan kerja dilakukan oleh Huskey A dan van Dam J melakukan pengujian *noise* pada generator turbin angin tetapi untuk mengetahui tingkat kebisingannya atau *Sound Power Level* yang dipengaruhi oleh kecepatan angin (Huskey *et al*, 2010).

Metwally dan koleganya melakukan pengujian yang bertujuan menentukan karakteristik noise pada AC kendaraan dalam rangka untuk mengetahui kenyamanan penumpang (Metwally *et al*, 2011).

Monitoring noise telah dilakukan untuk menentukan tingkat kebisingan yang dihubungkan dengan kesehatan dan keselamatan kerjama. Sedangkan monitoring noise untuk menentukan kondisi mesin belum banyak dilakukan.

Higgs dan kawan-kawan melakukan *survey* tentang penerapan sistem monitoring kondisi mesin di industri secara internasional. Hasil *survey* menunjukkan bahwa monitoring vibrasi menduduki tingkat pertama diikuti oleh *oil analysis*, *infrared thermography*, *human senses*, *motor current analysis*, *dye penetrant*, *ultrasonic crack detection*, *magnetic particle detection* dan *acoustic emission* (Higgs *et al*, 2004). Monitoring *noise* belum banyak diterapkan di industri, padahal karakteristik fisik, sinyal dan spektral dari noise mirip dengan karakteristik vibrasi atau getaran.

Walaupun demikian monitoring noise telah dilakukan oleh beberapa penelitian, namun demikian informasi masih sedikit, belum mapan dan masih diperlukan penelitian yang lebih mendalam.

Ramroop dan kawan-kawan mengaplikasikan monitoring kondisi kotak roda gigi dengan menggunakan *acoustics* yang menyimpulkan bahwa monitoring akustik memiliki kelebihan jika dibandingkan dengan metode vibrasi yaitu sinyal noisenya lebih sedikit. Hal ini sebagai pedoman yang baik untuk mengimplementasikan monitoring akustik pada mesin (Ramroop *et al*, 2001).

Bayidar dan kawan-kawan melakukan studi perbandingan antara pengukuran getaran dan akustik dalam rangka mendeteksi kerusakan roda gigi, hasilnya menunjukkan bahwa akustik dapat digunakan untuk mendeteksi kerusakan roda gigi secara efektif seperti *gear crack*, *localized wear* dan *broken tooth* (Bayidar *et al*, 2001).

Cook melakukan monitoring akustik untuk menentukan kondisi mesin perkakas melalui pancaran noise. Hasilnya menunjukkan bahwa terdapat hubungan nyata antara keausan *cutting tool* dengan sinyal noise pada mesin tersebut (Cook, 2012).

Raharjo dan kawan-kawan telah melakukan studi perbandingan monitoring kondisi

bantalan luncur yang mengalami *scratching* menggunakan *surface vibration*, *airborne sound* dan *acoustic emission* (AE). Hasilnya menunjukkan bahwa sinyal dan spektrum ke tiga pengukuran dapat membedakan antara bantalan yang normal dengan bantalan yang mengalami *scratching*. *Airborne sound* menunjukkan amplitude tertinggi pada frekuensi 5500 Hz dan amplitude tertinggi AE terjadi pada frekuensi 25kHz. (Raharjo *et al*, 2012).

Dari berbagai studi di atas *noise monitoring* dapat digunakan untuk mendeteksi kerusakan mesin. Walaupun demikian karakteristik sinyal dan spektrum *noise* belum dapat diidentifikasi dengan baik. Oleh karena itu masih diperlukan studi karakteristik *noise* lebih lanjut untuk mendeteksi kerusakan mesin.

2.1. Sumber noise

Noise pada mesin dapat berasal dari bagian mesin yang bergetar. Noise merambat sebagai gelombang melalui lingkungan udara mencapai sensor atau pendengar. Noise adalah variasi tekanan lokal yang bergerak melalui media material pada kecepatan tertentu yang dipengaruhi oleh sifat material itu sendiri (Barron, 2003).

Noise dari permesinan dapat berbentuk *aerodynamic*, *electromagnetic* dan *structural noise*. Setiap bagian mesin membangkitkan *noise* pada frekuensi spesifik yang berhubungan dengan *natural frequency* (Kim *et al*, 2010).

Di industri, *aerodynamic noise* dibangkitkan oleh *pneumatics discharge system*. *Aerodynamics noise* juga timbul karena adanya kecepatan besar antara benda yang pejal dengan udara sekelilingnya, seperti pada sudu blower. *Electromagnetic noise* dihasilkan oleh gaya elektromagnetik yang dibangkitkan oleh interaksi antara magnet dengan arus listrik dalam motor listrik. Noise karena getaran timbul dalam benda padat, cair dan gas dipengaruhi oleh media yang dilaluinya. Jika benda padat digetarkan *structure borne sound vibration* ditransmisikan ke sekelilingnya yang berupa gas. Benda padat yang bergetar sebagai

sumber noise menimbulkan *airborne sound* (Schenk).

Noise dibangkitkan pula oleh adanya gesekan antara dua material yang berbeda dalam gerakan luncur menimbulkan energi *noise* dan *vibration* (Rorrer, 2002)

Kuantifikasi noise secara dinyatakan dalam *sound pressure level*. Bell memperkenalkan skala logaritma dari perbandingan dua besaran. Besarnya *sound pressure level* menjadi L_p dalam *decibel* (dB) (Barron, 2003).

2.2. Monitoring noise nirkabel

Informasi mengenai monitoring noise nirkabel untuk memonitor kondisi mesin masih sedikit namun, informasi tentang monitoring vibrasi nirkabel telah dilakukan oleh beberapa peneliti. Wang dan kawan-kawan melakukan penelitian vibration monitoring dengan menggunakan komersial *wired* dan *wireless monitoring system* pada sebuah jembatan dan hasilnya menunjukkan bahwa terdapat kecocokan hasil yang kuat yang kuat antara data pengukuran *cable based* and *wireless system* (Wang et al, 2006).

Arebi Lutfhi dan kawan-kawan mengembangkan *integrated wireless acceleration sensor* yang dapat dipasang pada poros. Hasil pengujian menunjukkan bahwa *wireless accelerometer signal* memiliki *noise* yang lebih kecil sehingga memiliki kesalahan pendeteksian yang kecil (Arebi et al, 2010).

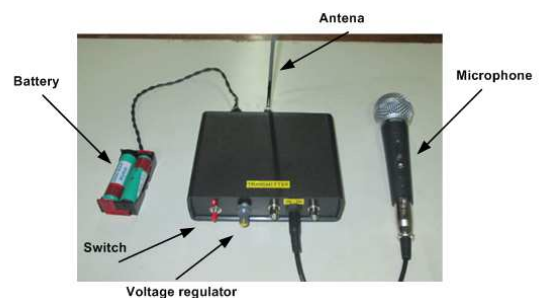
Wireless vibration monitoring digunakan untuk *rotating equipment* menunjukkan dapat memperbaiki pemeliharaan berkala dan mencegah berhentinya mesin yang tidak dikehendaki, sehingga meningkatkan keandalan dan keselamatan kerja (Culham, 2013).

Karena antara vibrasi dan noise memiliki karakteristik yang sama, sehingga monitoring noise nirkabel dapat untuk menentukan kondisi mesin.

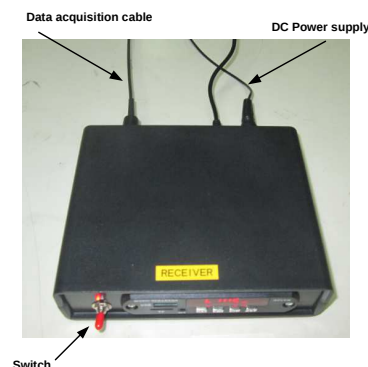
3. Metode Penelitian

3.1. Instrumentasi dan Sistem Data Akuisisi

Instrumentasi yang diuji yaitu perangkat komunikasi nirkabel yang dibuat sendiri dan dikembangkan menggunakan modem FSK yang dilengkapi dengan *radio transceiver*. Radio modem seperti ditunjukkan pada gambar berikut. Rangkaian ini dibuat dalam dua modul yaitu modul *transmitter* dan *receiver*.



Gambar 1. Modul *transmitter* yang dibuat



Gambar 2. Modul *receiver* yang dibuat

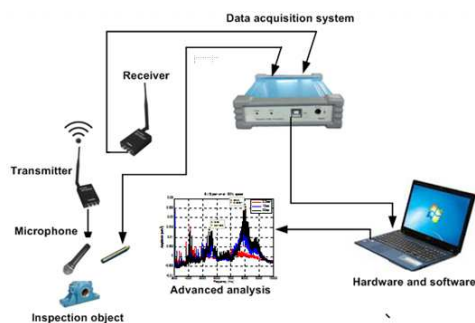
Pengujian dilakukan dengan sistem kabel sebagai *validator* atau pembanding, dan pengujian dengan sistem *wireless* sebagai yang akan diuji validitasnya.

Instrumentasi pengujian noise kabel menggunakan ICP *microphone* BAST YG 201 07067 dengan sensitifitas 49.5 mV/Pa dan *frequency range* 20Hz-100kHz (GST,2010). Data akuisisi yang digunakan Sinocera YE 6231 *Dynamic Signal Analyzer* 4 channels dengan *sampling rate* 96.0 kHz setiap saluran.

Pengolahan dan penyimpanan data dengan menggunakan *software* YE 7600. Untuk melakukan *edvanded analysis* menggunakan Mathlab™.

Instrumentasi dan sistem data akuisisi pengujian noise nirkabel menggunakan *microphone* dan *transmitter* serta *receiver* yang telah dibuat.

Skematik instrumentasi dan penyusunan data akuisisi pengujian gabungan antara nirkabel dan kabel ditunjukkan seperti pada gambar berikut.

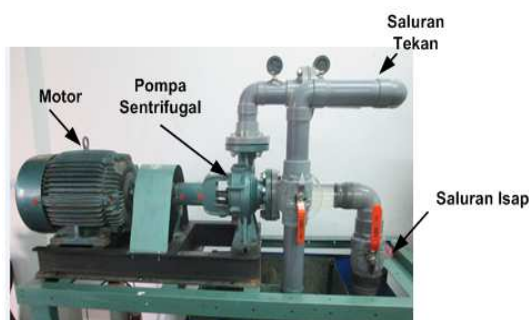


Gambar 3. Skema sistem monitoring noise nirkabel dan melalui kabel

3.2. Obyek Pengujian

Obyek pengujian yang digunakan adalah sebuah pompa sentrifugal 7.5 kWatt, dengan putaran 1540 rpm, dengan *head* 12.8 m dan debit 2.0 m³/men.

Dalam pengujian ini akan dilakukan pada putaran tetap dan *head* atau beban yang bervariasi.



Gambar 4. Obyek pengujian pompa sentrifugal

3.3. Pengambilan dan Analisis Data

Pengambilan data noise dari obyek pengujian dilakukan dengan dua sistem sekaligus yaitu sistem yang menggunakan kabel dan sistem yang menggunakan nirkabel. *Microphone* yang menggunakan nirkabel dihubungkan

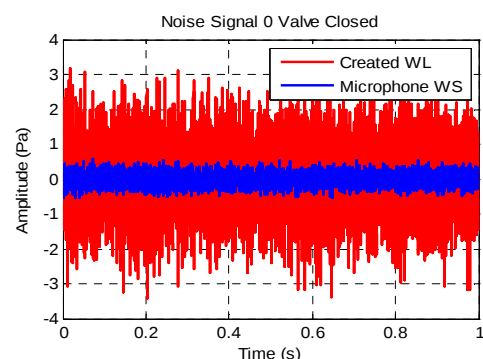
dengan *saluran* nomer dua dan *microphone* yang menggunakan kabel dihubungkan dengan *saluran* nomor satu pada data akuisisi yang sama. Pengambilan dan penyimpanan data menggunakan komputer yang telah dilengkapi dengan *software* penyimpanan data YE 7600. Data yang terkumpul diubah menjadi data mat untuk diolah dan dianalisis lebih jauh dengan menggunakan Mathlab™. Pengolahan dan analisis data yang dibutuhkan yaitu analisa *amplitude*, *time domain*, *frequency domain*.

Variasi pembebanan dilakukan dengan variasi penutupan katub *discharge* yaitu pada posisi katup terbuka penuh (0°), 20°, 40°, 65° dan 90°.

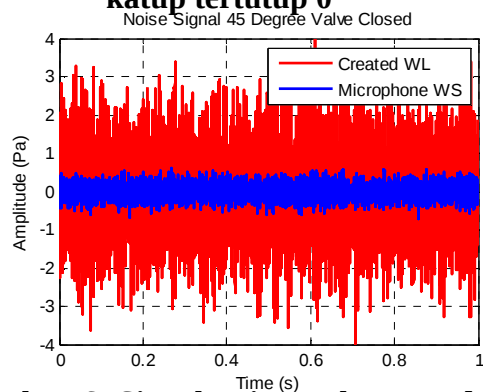
4. Hasil Dan Pembahasan

4.1. Sinyal hasil pengujian noise pada pompa sentrifugal

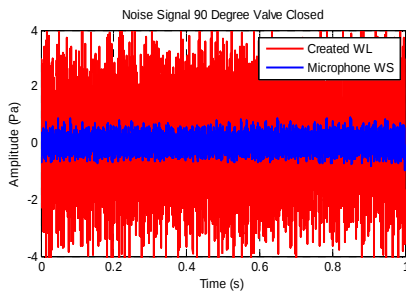
Hasil sinyal noise dari *standard wire microphone* dengan *created wire less* ditunjukkan seperti gambar berikut.



Gbr. 5, Sinyal noise pada created wire less dan wire microphone posisi katup tertutup 0°

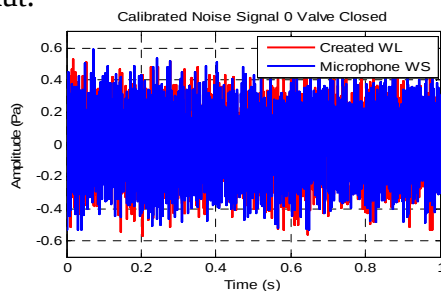


Gambar 6. Sinyal noise pada created wire less dan wire microphone posisi katup tertutup 45°

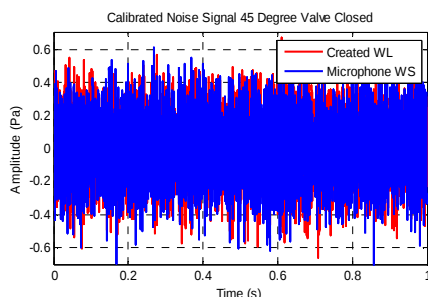


Gambar 7. Sinyal noise pada *created wire less* dan *wire microphone* posisi katup tertutup 90°

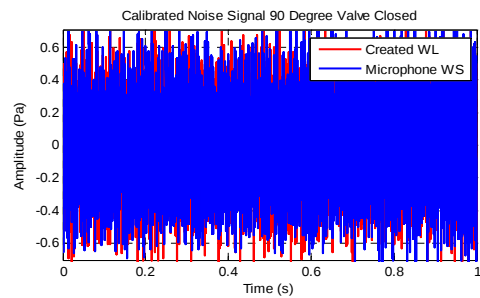
Hasil pengujian sinyal atau *time domain* antara menggunakan *created wireless* dan *standard wire microphone* menunjukkan bahwa sinyal dari *created wireless* telah sesuai dengan sinyal noise *standard wire microphone*. Selain dari pada itu besarnya amplitudo sinyal noise dari *created wireless* lebih tinggi bila dibandingkan dengan amplitudo sinyal noise *standard wire microphone*, sehingga sinyal noise dari *created wireless* diperlukan kalibrasi. Sinyal noise dari *created wireless* yang telah dikalibrasi ditunjukkan seperti gambar berikut.



Gambar 8. Perbandingan sinyal terkalibrasi pada *created wireless* dengan *wire microphone* posisi katup tertutup 0°

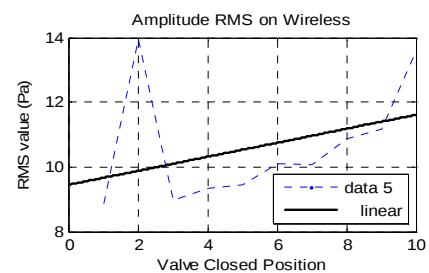


Gambar 9. Perbandingan sinyal terkalibrasi pada *created wireless* dengan *wire microphone* posisi katup tertutup 45°



Gambar 10. Perbandingan sinyal terkalibrasi pada *created wireless* dengan *wire microphone* posisi katup tertutup 90°

Pengaruh beban terhadap amplitudo RMS noise ditunjukkan seperti gambar berikut.

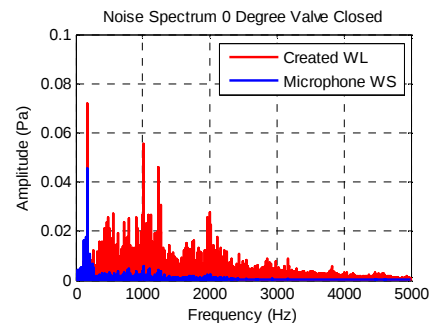


Gambar 11. Amplitude RMS noise

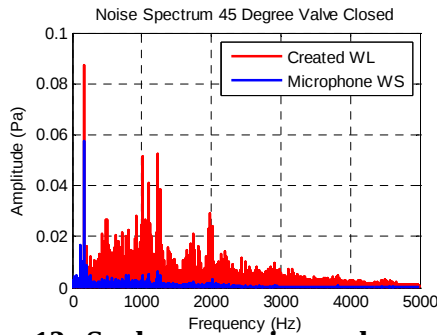
Sinyal noise yang telah diselaraskan menunjukkan bentuk dan karakteristik sama. Selain dari pada itu ketika beban dinaikkan, amplitudo RMS pada sinyal juga meningkat. Sinyal noise juga menunjukkan adanya impulse yang variatif.

4.2. Hasil pegujian spektrum

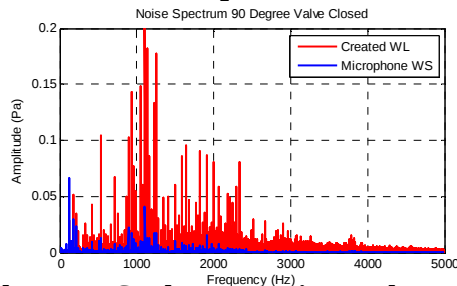
Spektrum hasil pengujian noise pada pompa sentrifugal dengan *created wireless* dan *standard wire microphone* ditunjukkan seperti pada gambar berikut:



Gambar 12. Spektrum noise pada *created wireless* dan *wire microphone* rentang 1-5000 Hz posisi katup tertutup 0°



Gambar 13. Spektrum noise pada *created wireless* dan *wire microphone* <5000 Hz posisi katup tertutup 45°

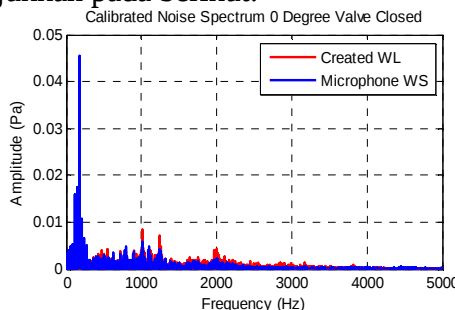


Gambar 14. Spektrum noise pada *created wireless* dan *wire microphone* <5000 Hz posisi katup tertutup 90°

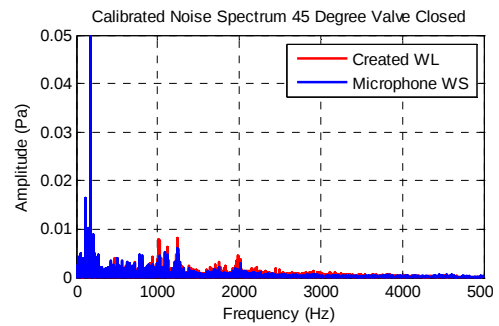
Gambar spektrum menunjukkan bahwa pada *created wireless* dan *standard wire microphone* menunjukkan pola spektrum yang sama.

Hasil pengujian spektrum yang dihasilkan oleh *created wireless* menunjukkan amplitude peaknya lebih besar dari amplitude peak yang dihasilkan oleh spektrum *standard wire microphone*, sehingga diperlukan juga penyelerasan atau kalibrasi.

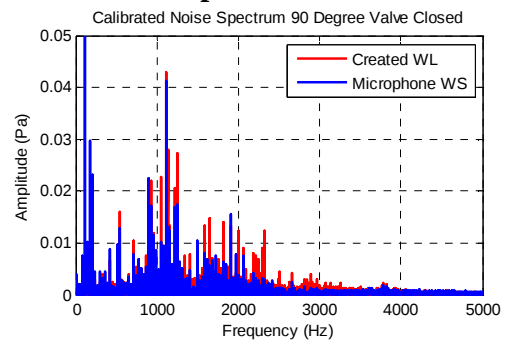
Spektrum *created wireless* yang terkalibrasi ditunjukkan pada berikut.



Gambar 15. Perbandingan spektrum terkalibrasi pada *created wireless* dan *wire microphone* <5000 Hz, posisi katup tertutup 0°



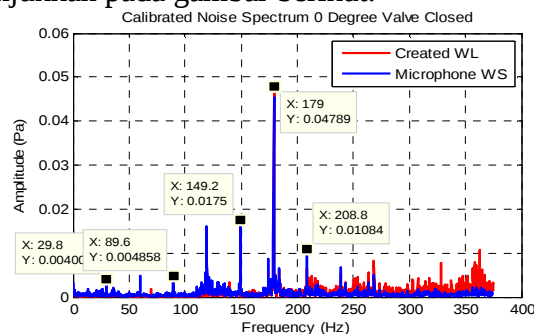
Gambar 16. Perbandingan spektrum terkalibrasi pada *created wireless* dan *wire microphone* <5000 Hz, posisi katup tertutup 45°



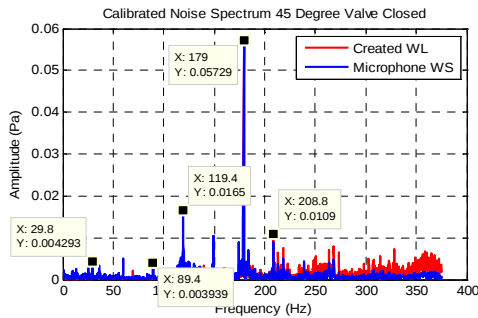
Gambar 17. Perbandingan spektrum terkalibrasi pada *created wireless* dan *wire microphone* <5000 Hz, posisi katup tertutup 90°

Spektrum yang terkalibrasi seperti gambar di atas menunjukkan bahwa pada putaran tinggi > 750 Hz, menunjukkan pola yang sama, sedangkan pada frekuensi rendah terjadi perbedaan amplitude.

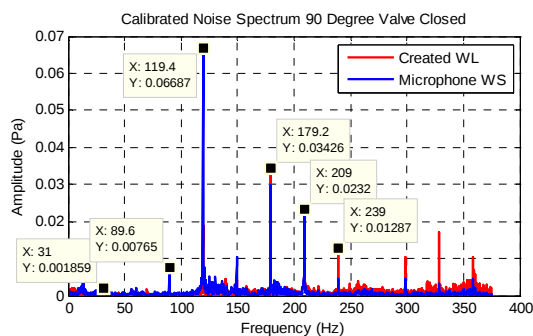
Spektrum *created wireless* yang telah terkalibrasi pada frekuensi rendah <375 Hz, ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 18. Perbandingan spektrum terkalibrasi pada *created wireless* dan *wire microphone* rentang <375 Hz



Gambar 19. Perbandingan spektrum terkalibrasi pada *created wireless* dan *wire microphone* rentang <375 Hz



Gambar 20. Perbandingan spektrum terkalibrasi pada *created wireless* dan *wire microphone* rentang <375 Hz

Pada frekuensi rendah kedua spektrum baik pada *created wireless* dan *communication wireless* menunjukkan bahwa amplitudo tinggi keduanya terletak mendekati pada 30Hz, 60 Hz dan 120 Hz dan 210 Hz yang merupakan harmonik dari frekuensi fundamental pompa sentrifugal 30 Hz. namun besarnya berbeda.

Dari sinyal dan spektrum di atas menunjukkan bahwa sinyal dan spektrum yang terjadi pada *created wireless* dan *standard wire microphone* memiliki karakteristik noise yang mirip, namun keduanya tidak identik.

5. Kesimpulan

Berdasarkan pengujian pengukuran *noise wireless noise monitoring system* pada pompa sentrifugal dengan putaran tetap dan beban berubah, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Sinyal (*time domain*) noise pada *created wireless* sesuai dengan sinyal noise *wire microphone* dan terjadi impuls yang variatif
- 2) Amplitudo sinyal *created wireless* lebih besar jika dibandingkan dengan amplitudo sinyal *created wireless* maka diperlukan penyelarasan
- 3) Setelah dilakukan penyelarasan sinyal *created wireless* sesuai dengan sinyal *wire microphone* atau pembandingan
- 4) Pada sinyal, semakin tinggi pembebanan, semakin tinggi amplitudo yang terjadi.
- 5) Spektrum noise *created wireless* sesuai dengan spektrum *wire microphone*.
- 6) Amplitudo pada spektrum *created wireless* lebih tinggi dari amplitudo *wire microphone* sehingga diperlukan penyelarasan.
- 7) Setelah diselaraskan spektrum pada *created wireless* sesuai dengan *wire microphone* terutama pada frekuensi tinggi yaitu > 500 Hz.
- 8) Semakin tinggi beban, semakin tinggi amplitudo tertinggi pada spektrum.
- 9) Amplitudo tertinggi terletak pada frekuensi mendekati 120 Hz (4ff) dan 180 Hz (6ff)

6. Daftar Pustaka

- Arebi, L., Fan, Y., Gu, F., dan Ball, A., (2010), **Investigation of Wireless Sensor on a Rotating Shaft and Its Potential for Machinery Condition Monitoring**, 23rd International Congress on Condition Monitoring and Diagnostic Engineering Management, June 28-July 2, Japan.
- Barron, F., (2003), **Industrial Noise Control and Acoustic**, Marcel Dekker Inc, New York.
- Baydar, N., Ball, A, (2001), **Case History, A Comparative Study of Acoustic and Vibration Signal in Detection of Gear Failures using Wigner-Ville Distribution**, Mechanical System and Signal Processing, Academic Press, pp. 1091-1107.

- Cook, V., G., (2012), **Acoustic Monitoring of Machine Tool Health Using Transmitted Sound**, Proceeding of the 2012 International Conference on Industrial Engineering and Operation Management, Istanbul, Turkey, 3-6, pp. 1831-1839.
- Culham, T., (2013), **Wireless Vibration Monitoring, Improves Reliability and Enhances Safety**, Plant Maintenance, March-April, pp. 31-32.
- GST, (2010), **General Purpose Piezoelectrics**, YD-5 4251, Unit 1, 26 Fairholme Rd, Manchester, M20 4NT, UK
- Higgs, P. A., Parkin, R., Jackson, M., 2004, *A Survey on Condition Monitoring System in Industry*, Proceeding of ESDA 2004, 7th Biennial ASME Conference Engineering System Design and Analysis, July 19-22, Manchester, UK, pp. 1-16.
- Huskey, A, van Dam, J, M, 2010, **Wind Turbine Generator System Acoustic Noise Test Report for The ARE 442 Wind Turbine**, National Wind Technology Center, National Renewable Energy Laboratory, Colorado.
- Kim, M., Jang, G., Lee, C., dan Lim, D., (2010), **Experimental Identification of Abnormal Noise and Vibration in a High Speed Polygon Mirror Scanner Motor due to Mechanical Contact of Plain Journal Bearing**, Springer Verlag, Microsystem Technology 16, pp. 3-8.
- Metwally S. M., Khalil M. I., Abouel Seoud S. A., 2011, **Noise Evaluation of Automotive AC Compressor**, International Journal of Energy and Environment, Volume 2, Issue 3, pp. 505-515.
- Raharjo, P, Tesfa, B, Gu, F dan Ball, A, D, (2012), **Comparative Study of the Monitoring of a Self Aligning Spherical Journal Bearing using Surface Vibration, Airborne Sound and Acoustic Emission**, 25th International Congress on Condition Monitoring and Diagnostic Engineering, IOP Publishing Journal of Physics Conference Series 364 (2012) 012035.
- Ramroop, G., Liu, K, Gu, F, Payne S, Ball A. D, **Airborne Acoustic Condition Inspeksi of a Gearbox System**, Electronic Proceeding of the 5th Annual Maintenance and Reliability Conference, Gatlinburg, Tennessee, USA, May 2001.
- Rorrer, R. dan Juneja. V., (2002), **Friction Induced Vibration and Noise Generation of Instrument Panel Material Pair**, Elseiver, Tribology International, No. 35, pp. 523-531.
- Schenk, C., **Machine Diagnosis, Methods and Instruments for Analysing Machine Condition and for Early Recognition of Machine using Vibration Measurement**, Serie 40.
- Wang, Y., Loh, K.,J., Lynch, J. P., Frase, M., Law, K., Elgamal., A, 2006, **Vibration Inspeksi of the Voight Bridge using Wired and Wireless Inspeksi System**, The Proceeding of 4th China-Japan-US Symposium on Structural Control and Inspeksi, October 16-17.