

# KARAKTERISTIK NOISE NIRKABEL KOTAK RODA GIGI KARENA PERUBAHAN KECEPATAN

Parno Raharjo<sup>1</sup>, Yusuf Sofyan<sup>2</sup>, Tria Maariz<sup>3</sup>

Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bandung<sup>1,3</sup>

Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Bandung<sup>2</sup>

parno\_raharjo@yahoo.com

## Abstrak

Monitoring noise merupakan salah satu teknik *predictive maintenance* yang dapat digunakan untuk menentukan kondisi mesin. Monitoring noise dapat dilakukan secara *off line* dan secara *on line*. Monitoring noise secara *on line* dilakukan dari *central control* yang letaknya jauh dari mesin mesin yang dimonitor, sehingga diperlukan jaringan kabel yang panjang. Perancangan dan penerapan monitoring noise nirkabel, kerumitan instalasi dapat diatasi. Monitoring noise telah banyak diterapkan, tetapi untuk keperluan keselamatan kerja. Monitoring noise untuk keperluan monitoring kondisi mesin informasinya masih sangat sedikit, oleh karena itu diperlukan kajian dan penelitian yang lebih jauh. Obyek penelitian adalah kotak roda gigi yang digerakkan oleh motor listrik. Pengukuran dan pengambilan data dilakukan dengan sistem nirkabel yang dijustifikasi dengan sistem kabel menggunakan sistem data akuisisi. Analisa amplitude, *time domain* dan *frequency domain* digunakan untuk mengetahui karakteristik noise pada kotak roda gigi dengan variasi kecepatan. Sinyal (*time domain*) noise telah sesuai dengan sinyal noise yang diharapkan. Amplitudo sinyal lebih besar jika dibandingkan dengan amplitude sinyal standar maka diperlukan penyesuaian. Hal ini hasilnya sama dengan penelitian sebelumnya yaitu ketika pengujian dilakukan pada beban dan putaran tetap. Spektrum noise telah sesuai dengan spektrum pembanding terutama pada frekuensi tinggi, yaitu > 500 Hz.. Semakin tinggi putaran, semakin tinggi amplitude tertinggi pada spektrum.

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

## 1. Pendahuluan

Monitoring noise merupakan salah satu teknik *predictive maintenance* yang dapat digunakan untuk menentukan kondisi mesin. Noise pada mesin yang tidak biasa menunjukkan adanya gangguan pada mesin tersebut. Monitoring noise untuk keperluan keselamatan kerja sudah lama diaplikasikan, sedangkan monitoring noise untuk menentukan kondisi mesin informasinya masih sedikit, oleh karena itu 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* diperlukan pengukuran pada setiap mesin sehingga memakan waktu yang lama dan tidak efisien. Monitoring noise secara *on line* dapat dilakukan secara serentak pada setiap mesin karena, *airborne sound transducer* atau *microphone* telah

dipasang secara tetap di setiap mesin. Monitoring noise secara *on line* dimonitor dari *central control* yang letaknya cukup jauh dari mesin mesin yang dimonitor, sehingga diperlukan jaringan kabel yang panjang dan rumit dalam menginstalasi.

Dengan menggunakan sistem nirkabel, kesulitan pemasangan jaringan kabel dapat diatasi.

## 2. Tinjauan Pustaka

### 2.1 Pemeliharaan Prediktif

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

Monitoring noise telah banyak diterapkan, tetapi untuk keperluan keselamatan kerja. Monitoring noise untuk keperluan menentukan kondisi mesin informasinya masih sedikit.

Monitoring noise untuk keselamatan kerja telah dilakukan oleh Huskey A dan Van Dam J (2010) yaitu melakukan investigasi *noise* pada sistem generator turbin angin tetapi untuk mengetahui *Sound Power Level* yang merupakan fungsi dari kecepatan angin (Huskey *et al*, 2010).

Metwally dan kawan-kawan (2011), yang bertujuan mengkuantitaskan karakteristik noise atau noise pada AC kendaraan terhadap kenyamanan penumpang (Metwally *et al*, 2011).

Monitoring noise untuk menentukan kondisi mesin informasinya masih sedikit dan belum banyak dilakukan.

Monitoring *noise/acoustic* atau *airborne sound* belum banyak diterapkan di industri, padahal karakteristik fisik, sinyal dan spektrum dari noise sama dengan karakteristik getaran.

Ramroop dan kawan-kawan (2001) menerapkan monitoring kondisi sistem kotak roda gigi dengan menggunakan *airborne acoustic* yang menghasilkan bahwa monitoring kondisi akustik memiliki kelebihan jika dibandingkan dengan metode vibrasi yaitu *noise signal*nya lebih sedikit. (Ramroop *et al*, 2001).

Bayidar dan kawan-kawan (2001) 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).

Raharjo dan kawan-kawan (2012) telah melakukan studi perbandingan monitoring kondisi bantalan luncur menyelaras sendiri 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*. (Raharjo *et al*, 2012).

Raharjo dan kawan-kawan (2017), telah membuat prototipe pengukuran noise secara nirkabel dan menunjukkan bahwa sinyal dan spektrumnya sesuai dengan pengukuran noise dengan standard kabel, tetapi diperlukan kalibrasi (Raharjo, 2017).

Dari berbagai studi di atas *noise analysis* mampu digunakan untuk mendeteksi kerusakan mesin, tetapi masih diperlukan studi karakteristik *noise* atau noise untuk mendeteksi kerusakan mesin secara lebih luas dan lebih intensif.

## 2.2 Sumber Noise

*Noise* pada mesin dapat berasal dari setiap komponen 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 tergantung dari sifat material itu sendiri (Barron, 2003).

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

*Noise* dibangkitkan pula oleh adanya gesekan. Gesekan pada dua material yang berbeda dalam gerakan luncur mempengaruhi energi *noise* dan *vibration* (Rorrer, 2002)

## 2.3 Monitoring Noise Nirkabel

Informasi mengenai monitoring noise nirkabel untuk menentukan 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

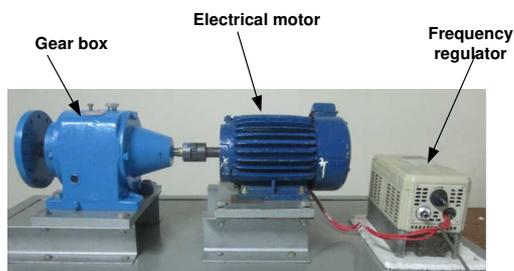
sebuah jembatan dan hasilnya menunjukkan bahwa terdapat kecocokan hasil yang kuat antara data pengukuran *cable based and wireless system* (Wang *et al*, 2006).

Arobi Lutfhi dan kawan-kawan (2010) telah melakukan percobaan pengembangan *integrated wireless acceleration sensor* yang dapat dipasang pada poros. Hasil percobaannya menunjukkan bahwa *wireless accelerometer signal* memiliki *noise* yang lebih kecil oleh karenanya lebih memungkinkan memiliki kesalahan pendeteksian yang kecil (Lutfhi *et al*, 2010). Karena antara vibrasi dan noise memiliki karakteristik yang sama, sehingga monitoring noise baik nirkabel atau kabel memiliki peluang yang sama untuk menentukan kondisi mesin.

### 3. Metodologi

#### 3.1 Obyek Penelitian

Obyek penelitian yang digunakan adalah kotak roda gigi *helix* HD 58, ratio 1/5 yang digerakan dengan motor listrik 1.5 Hp dilengkapi dengan *frequency regulator*. Dalam percobaan dilakukan pada beban yang tetap dengan 5 (lima) variasi putaran. Obyek penelitian ditunjukkan seperti pada gambar berikut.



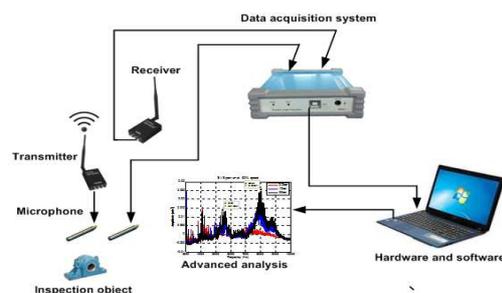
Gambar 1. Obyek pengujian kotak roda gigi *helix*

#### 3.2 Instrumentasi dan Sistem Data Akuisisi

Pengujian dilakukan dengan sistem kabel sebagai *validator* dan pengujian dengan sistem *wireless* yang dibuat sebagai

instrumen akan diuji validitas. Instrumentasi pengujian noise menggugunkan 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 saluran dengan *sampling rate* 96.0 kHz setiap saluran. Pengolahan dan penyimpanan data dengan menggunakan *software* YE 7600.

Instrumentasi dan sistem data akuisisi pengujian noise nirkabel yang akan diuji menggunakan *microphone* dan *transmitter* serta *receiver* buatan sendiri, tipe *modulation frequency* (FM), *frequency response* 80-12500Hz output, *impedance* 600 Ohm, *operating voltage* 9V untuk *transmitter* dan 1.5V untuk *receiver* serta *effective distance* 20m. *Receiver* dihubungkan dengan data akuisisi Sinocera 4 saluran. Penyimpanan dan pengolahan data dasar menggunakan YE 7600. Pengolahan data selanjutnya menggunakan Matlab<sup>TM</sup>. Pengujian noise dengan kabel dan nirkabel, skemanya ditunjukkan seperti pada gambar berikut.



Gambar 2. Skema sistem monitoring noise kabel dan nirkabel

### 4. Hasil dan Pembahasan

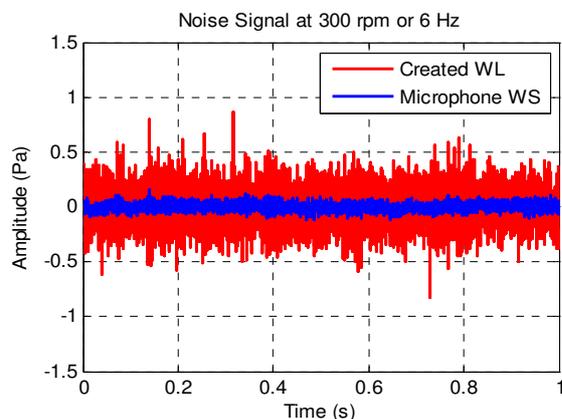
#### 4.1 Pegujian noise nirkabel pada test rig

Instrumen yang digunakan yaitu *created wireless* dan *standard wire microphone*. Alat ini disambungkan ke *data acquisition*

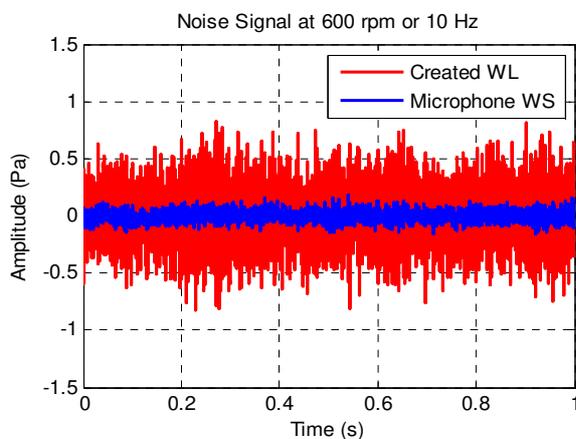
saluran satu dan *created wireless* disambungkan ke *data acquisition* pada saluran dua. Mikrophone diletakkan dengan posisi di tengah *test rig*, dengan ketinggian 1000 mm dan jarak dari *test rig* 500 mm. Pengujian noise dilakukan pada kotak roda gigi dengan beban tetap dengan variasi putaran 300/60 rpm, 600/120 rpm dan 1000/200 rpm.

#### 4.2 Sinyal hasil pengujian noise pada kotak roda gigi

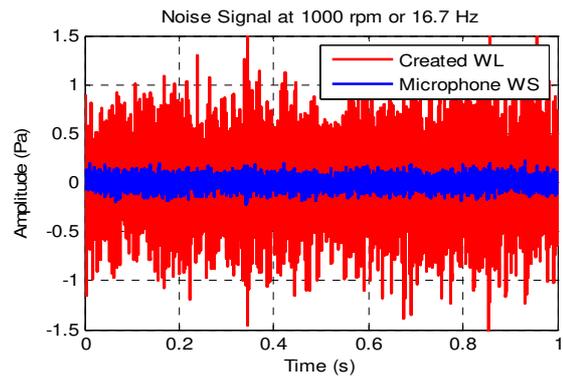
Hasil sinyal noise dari *standard wire microphone* dan yang dibuat (*created wireless*) ditunjukkan pada gambar berikut.



**Gambar 3.** Sinyal noise pada *created wireless* dan *standard wire microphone* posisi putaran 300/60 rpm



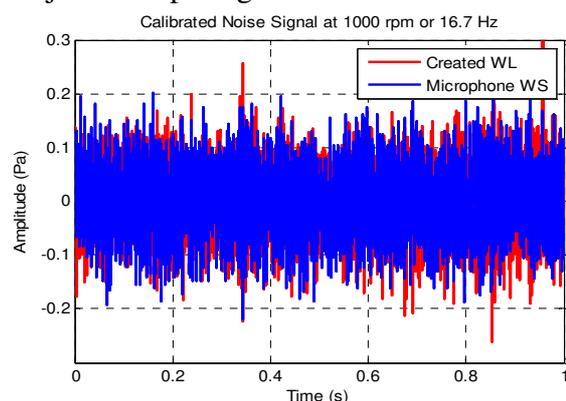
**Gambar 4.** Sinyal noise pada *created wireless* dan *standard wire microphone* 600/120 rpm



**Gambar 5.** Sinyal noise pada *created wireless* dan *standard wire microphone* 1000/200 rpm

Hasil *time domain* antara menggunakan *created wireless* dan *standard wire microphone* menunjukkan bahwa sinyal dari *created wireless* telah sesuai dengan sinyal noise pada umumnya. Amplitudo sinyal menunjukkan ketika kecepatan dinaikkan maka amplitudo noise juga meningkat. 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* pada putaran 1000/200 rpm yang telah dikalibrasi ditunjukkan seperti gambar berikut.

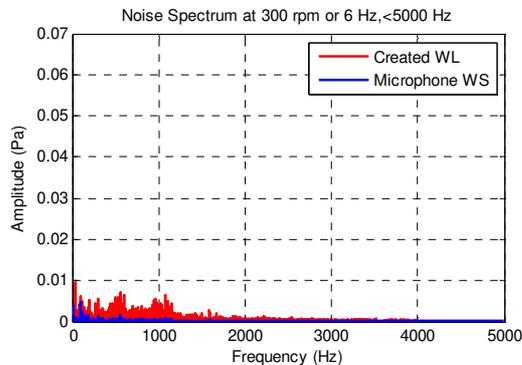


**Gambar 6.** Sinyal noise terkalibrasi pada *created wireless* dan *standard wire microphone* 1000/200 rpm

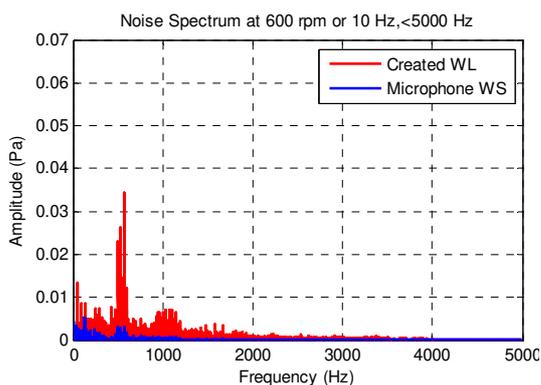
Sinyal noise yang telah diselaraskan menunjukkan bentuk dan karakteristik yang sama.

### 4.3 Hasil pengujian spektrum

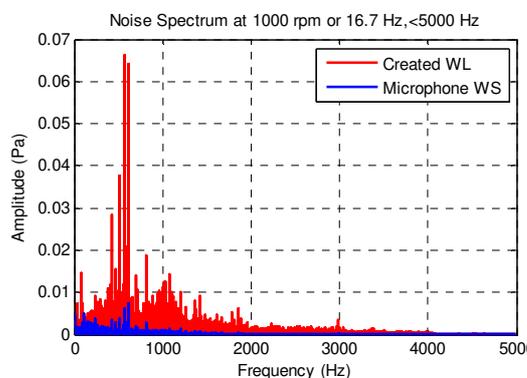
Spektrum hasil pengujian noise pada kotak roda gigi 300/60 rpm, 600/120 rpm dan 1000/200 rpm ditunjukkan seperti pada gambar berikut:



**Gambar 7. Spektrum noise pada *created wire less* dan *standard wire microphone* posisi putaran 300/60 rpm pada 1-5000 Hz**

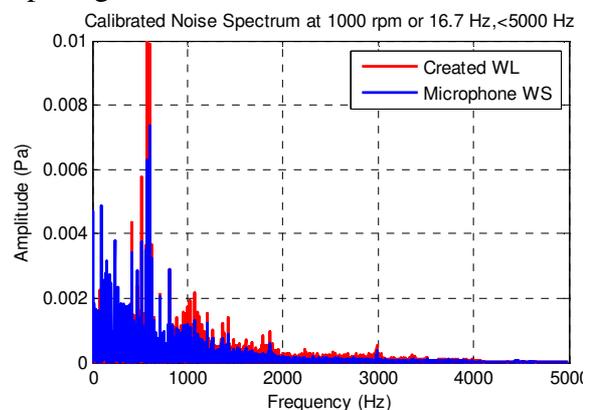


**Gambar 8. Spektrum noise pada *created wire less* dan *standard wire microphone* 600/120 rpm pada 1-5000 Hz**



**Gambar 9. Spektrum noise pada *created wire less* dan *standard wire microphone* 1000/200 rpm pada 1-5000 Hz**

Hasil pengujian spektrum menggunakan *created wireless* dan *standard wire microphone* menunjukkan bahwa spektrum dari *created wireless* telah sesuai dengan spektrum noise pada umumnya. Selain dari pada itu besarnya amplitude peak spektrum noise dari *created wireless* lebih tinggi bila dibandingkan dengan amplitude peak spektrum noise *standard wire microphone* sehingga spektrum noise dari *created wireless* diperlukan kalibrasi. Spektrum noise dari *created wireless* pada 1000/200 rpm yang telah dikalibrasi ditunjukkan seperti gambar berikut.

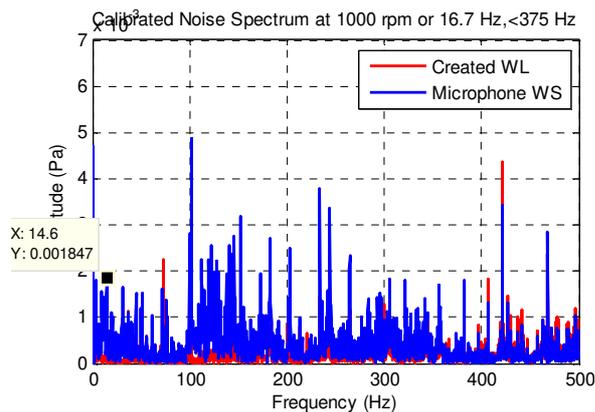


**Gambar 10. Spektrum noise terkalibrasi pada *created wire less* dan *standard wire microphone* 1000/200 rpm pada 1-5000 Hz**

Spektrum noise yang telah diselaraskan menunjukkan bentuk dan karakteristik yang sama. Selain dari pada itu ketika kecepatan dinaikkan, amplitude peak atau maksimum pada spektrum juga meningkat.

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* pada putaran 1000/200 rpm yang telah terkalibrasi pada frekuensi rendah <375 Hz, ditunjukkan pada gambar berikut.



**Gambar 11. Perbandingan spektrum terkalibrasi pada *created wireless* dan *standard wire microphone* pada 1000 rpm rentang 1-375 Hz**

Pada frekuensi rendah kedua spektrum baik pada *created wireless* dan *communication wireless* menunjukkan sejenis tetapi amplitudanya berbeda.

Dari sinyal dan spektrum di atas menunjukkan bahwa sinyal dan spektrum yang terjadi pada *created wireless* dan *standard wire microphone* telah sesuai dengan karakteristik noise secara umum, namun keduanya pada frekuensi rendah tidak identik.

## 5. Kesimpulan

Kesimpulan pengujian pengukuran noise pada purwarupa 2 pada kotak roda gigi dengan putaran berubah dan beban tetap adalah sebagai berikut:

Sinyal (*time domain*) noise telah sesuai dengan sinyal noise yang diharapkan. Amplitudo sinyal lebih besar jika dibandingkan dengan amplitudo sinyal standar maka diperlukan penyesuaian. Hal ini hasilnya sama dengan penelitian sebelumnya yaitu ketika pengujian dilakukan pada beban dan putaran tetap.

Spektrum noise yang telah sesuai dengan spektrum pembandingan. Setelah diselaraskan

spektrum sesuai dengan pembandingan terutama pada frekuensi tinggi, yaitu > 500 Hz.. Semakin tinggi putaran, semakin tinggi amplitudo tertinggi pada spektrum.

Pengujian dilanjutkan dengan membandingkan sinyal dan spektrum pada *created wireless* dengan *wired microphone standard* pada kotak roda gigi dengan variasi perbedaan jarak.

## 6. Daftar Pustaka

- 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.
- GST, 2010, *General Purpose Piezoelectrics*, YD-5 4251, Unit 1, 26 Fairholme Rd, Manchester, M20 4NT, UK
- 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.
- Lutfy, A., Fan, Y., Gu, F., dan Ball, A., 2010, *Investigation of Wireless Sensor on a Rotating Shaft and Its*

- Potential for Machinery Condition Monitoring*, 23<sup>rd</sup> International Congress on Condition Monitoring and Diagnostic Engineering Management, June 28-July 2, Japan.
- 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*, 25<sup>th</sup> International Congress on Condition Monitoring and Diagnostic Engineering, IOP Publishing Journal of Physics Conference Series 364 (2012) 012035.
  - Raharjo, P, Sofyan. Y., Mariz, T, 2017, *Pengembangan Sistem Pengujian Noise Nirkabel Pada Pompa Sentrifugal*, Prosiding 2<sup>nd</sup> Seminar Nasional Riset Terapan, 9 November, Politeknik Negeri Banjarmasin
  - Ramroop, G., Liu, K, Gu, F, Payne S, Ball A., D,2001, *Airborne Acoustic Condition Monitoring of a Gearbox System*, Electronic Proceeding of the 5<sup>th</sup> Annual Maintenance and Reliability Conference, Gatlinburg, Tennessee, USA.
  - 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 Monitoring of the Voight Bridge using Wired and Wireless Monitoring System*, The Proceeding of 4<sup>th</sup> China-Japan-US Symposium on Structural Control and Monitoring, October 16-17.