

## Pengembangan Instrumen Virtual Penganalisis Sinyal Dinamik: Sebuah Proposal Penelitian

### *Development of Dynamic Signal Analyzer Virtual Instrument (DSA VI): A Research Proposal*

Asmara Yanto <sup>1,\*</sup>, Anrinal <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Department of Mechanical Engineering, Institut Teknologi Padang  
Jl. Gajah Mada Kandis Nanggalo, Padang, Indonesia

Received 20 March 2016; Revised 28 March 2016; Accepted 30 March 2016, Published 30 April 2016  
<http://dx.doi.org/10.21063/JTM.2016.V6.50-54>

Academic Editor: Asmara Yanto ([asmarayanto@yahoo.com](mailto:asmarayanto@yahoo.com))

\*Correspondence should be addressed to [asmarayanto@itp.ac.id](mailto:asmarayanto@itp.ac.id)

Copyright © 2016 A. Yanto. This is an open access article distributed under the [Creative Commons Attribution License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

#### Abstract

At present, one of the maintenance types that is being developed is the predictive maintenance based on the mechanical signals obtained by performing the mechanical quantities measurements. In general, a mechanical signal is a dynamic signal where to acquire this signal, it is required a dynamic signal analyzer (DSA) instrument. However, the availability of DSA instruments in the market is limited in functionality and specification and also high cost. Therefore, in this work, a DSA instrument in the form of computer-based virtual instrument (DSA VI) would be developed. The DSA VI would designed by using the LabVIEW software and an Arduino UNO hardware. It is hopefully that the developed DSA VI capables to acquiring, processing, displaying, storing and reading the measured mechanical signals.

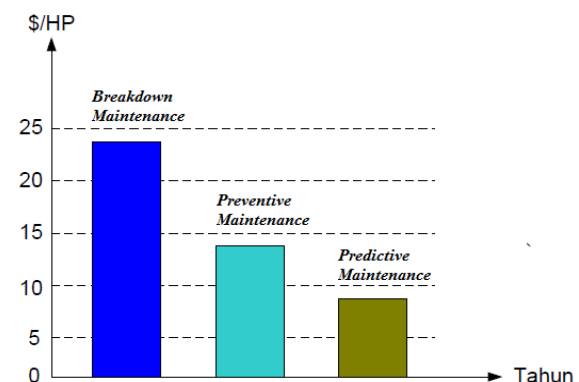
**Keywords:** predictive maintenance, dynamic signal analyzer, computer-based virtual instrument, measured mechanical signals

## 1. Pendahuluan

Dalam dunia industri modern, terutama industri yang memproduksi suatu produk, kondisi mesin-mesin dan struktur-struktur penunjang yang ada sangat mempengaruhi keseluruhan aspek produksi. Kebanyakan mesin-mesin pada industri ini adalah mesin-mesin rotasi (*rotating machinery*) [1-2]. Mesin-mesin ini membutuhkan perawatan agar dapat dipergunakan semaksimal mungkin. Perawatan prediktif berbasis pemantauan sinyal mekanis secara berkala sudah dikenal secara luas oleh masyarakat industri. Perawatan prediktif ini jika dibandingkan dengan dua metode perawatan lainnya yaitu perawatan preventif dan *run to break down* menjanjikan adanya penghematan biaya perawatan.

Elektrik Power Research Institute (EPRI), USA, telah membandingkan perawatan

prediktif ini dengan dua metode yang lain dalam hal biaya perawatan. Hasil perbandingan ini dapat dilihat pada Gambar 1, di mana dengan metode perawatan prediktif, biaya perawatan per satuan daya terpasang per tahun dapat ditekan.



Gambar 1. Biaya perawatan per satuan daya terpasang per tahun (EPRI, USA)

*Cevron Oil Co., USA* merekapitulasi biaya perawatan mesin rotasi, mesin torak, dan mesin besar *overhaul* sebelum dan sesudah menerapkan perawatan prediktif. Hasil rekapitulasi menunjukkan terjadinya penurunan biaya perawatan yang signifikan setelah diterapkannya metode perawatan prediktif seperti yang diperlihatkan pada Tabel 1.

Sementara itu, pada pabrik baja *ARMCO Steel Ohio, USA*, penghematan biaya yang terjadi adalah US\$ 1,000,000 per bulan dan pada pabrik kertas *GEORGIA-FACIFIC Atlanta, USA*, penghematan biaya yang terjadi adalah US\$ 72,016 per *overhaul* satu pompa.

Tabel 1. Biaya perawatan sebelum dan sesudah diterapkan perawatan prediktif (*Predictive Maintenance* atau *PdM*) (*Cevron Oil Co., USA*).

Besaran	Sebelum <i>PdM</i>	Sesudah <i>PdM</i>	Keterangan
Mesin Rotasi			
Biaya Perawatan	US\$ 6,60	US\$ 4,60	Per HP per tahun
Mesin Torak			
Biaya Perawatan	US\$ 15,57	US\$ 6,25	Per HP per tahun
Lama <i>overhaul</i>	30	7,6	<i>Mandays</i> per silinder per tahun
Mesin besar <i>overhaul</i> lengkap			
Periode <i>overhaul</i>	3	7 - 8	Tahun untuk setiap <i>overhaul</i>
<i>Shutdown</i> akibat vibrasi	50	18	Kegagalan per tahun per <i>plant</i>

Berdasarkan contoh di atas dapat ditunjukkan bahwa penerapan metode perawatan prediktif dapat menekan biaya perawatan. Di samping menekan biaya perawatan, metode perawatan prediktif ini juga dapat meningkatkan ketersediaan unit mesin dengan lama operasional yang optimal untuk menunjang proses produksi. Hal ini terjadi karena dengan menggunakan metode perawatan prediktif, informasi tentang sumber kerusakan yang terjadi pada unit mesin dan informasi kecenderungan suatu unit mesin akan mengalami *shutdown* memungkinkan untuk diperoleh. Selain itu, dengan menggunakan metode perawatan prediktif, di mana pemantauan kondisi mesin dilakukan secara periodik dan berkelanjutan, terjadinya *shutdown* pada suatu unit mesin dapat dicegah sedini mungkin. Bahkan sebaliknya, jam operasi mesin yang tercantum dalam buku panduan manualnya dapat diperpanjang apabila hasil pemantauan menunjukkan bahwa tidak terjadi keganjilan pada data pengukuran.

Salah satu jenis perawatan prediktif yang terus dikembangkan adalah perawatan berbasis pemantauan kondisi mesin berbasis getaran (*vibration-based condition monitoring (VCM)*).

Banyak ketertarikan para peneliti mengukur dan menganalisa getaran untuk menentukan tahap dan kondisi mesin [3-4]. Pada *VCM*, sinyal getaran mesin akan memberikan informasi kepada operator apakah mesin masih beroperasi dengan normal atau telah mengalami kerusakan [1, 5-6]. Apabila ada kerusakan pada mesin, maka akan terjadi peningkatan level getaran [7]. Pengukuran getaran mesin dengan cara klasik tidak relevan lagi dengan banyaknya mesin yang beroperasi secara otomatis dan berputaran tinggi [8]. Berbagai metode untuk memonitor kondisi mesin telah dilakukan di mana-mana [9-11]. Yang [12] telah melakukan diagnosa kerusakan pada mesin rotasi dengan pemantauan kondisi mesin dan menggunakan metode *Wavelet* berbasis *Coactive Artificial Neuro-Fuzzy Inference System (CANFIS)*. Swanson [13] telah melakukan review praktikal terhadap putaran kritis dan modus getar mesin rotasi. Dia memaparkan pengaruh putaran *backward* dan *forward* terhadap pola getaran mesin rotasi. Sebuah sistem diagnosis berbasis *neuro-fuzzy* dikembangkan oleh Ghafari [14], di mana sistem monitoring terintegrasi untuk memberikan penilaian yang lebih akurat terhadap kondisi kesehatan bantalan. Metode ini dapat mengkonfirmasi prediksi kondisi mesin pada kecepatan dan beban yang berbeda. Penelitian tentang kondisi bantalan ini juga telah dilakukan pada berbagai referensi lainnya [15-18].

Kanneg [19] telah mengemukakan teknik spektrum *wavelet* untuk mendiagnosa kegagalan mesin. Di sini, hasil yang dicapai menunjukkan bahwa teknik spektrum *wavelet* adalah sebuah teknik pendekatan dalam pemrosesan sinyal yang efektif untuk ekstraksi fitur non-stasioner dan analisis, dan dapat diterapkan secara efektif untuk mendeteksi kegagalan bantalan.

Yoshihiro [20-21] telah melakukan teknik monitoring *online* dengan menganalisis respon waktu getaran dengan keakuratan yang tinggi untuk mendiagnosa abnormalitas mesin. Teknik ini telah berhasil mendeteksi kelainan awal bantalan jurnal *induced motor draft fan* di konverter dan mesin rotasi seperti hilangnya katup inhalasi dan katup pompa *plunger*. Niu [22] telah melakukan analisa kerusakan mesin rotasi berdasarkan *support vector machine (SVM)*. Yue [23] telah melakukan penelitian tentang identifikasi ketidakseimbangan putaran mesin rotasi tanpa pengukuran sudut fase mesin berputar.

Dari penelitian-penelitian di atas dapat disimpulkan bahwa, metode-metode untuk

mendiagnosa kegagalan mesin telah berkembang dengan pesat. Untuk mengaplikasikan metode-metode tersebut pada mesin-mesin rotasi perlu suatu instrumen yang dapat mengakomodir semua metode analisis data pengukuran mesin sehingga diperoleh prediksi yang tepat tentang kondisi mesin.

Metode perawatan prediktif membutuhkan instrumen penganalisis sinyal dinamik (*dynamic signal analyzer* atau *DSA*). Akan tetapi, ketersediaan *DSA* ini di pasaran terbatas pada fungsi dan spesifikasi tertentu dan berharga tinggi. Selain itu, jika *DSA* ini mengalami kerusakan atau tidak dapat menunjukkan hasil analisa yang akurat, maka tentu saja hal ini merugikan sekali. Oleh karena itu, perlu dikembangkan *DSA* dalam bentuk lain. *DSA* yang akan dikembangkan untuk mengatasi persoalan di atas berupa *DSA* yang multifungsi, dapat dimodifikasi dan dikembangkan lagi serta berbiaya murah. Salah satu alternatif yang dapat dilakukan adalah mengembangkan *DSA* berbasis komputer atau berupa *dynamic signal analyzer virtual instrument (DSA VI)* dengan memanfaatkan perangkat lunak LabVIEW dan Arduino IDE.

Tujuan jangka panjang dikembangkannya *DSA VI* ini adalah tersedianya *DSA* multifungsi yang mampu mengakuisisi, mengolah, menampilkan, menyimpan dan membaca data serta mampu menghasilkan prediksi yang

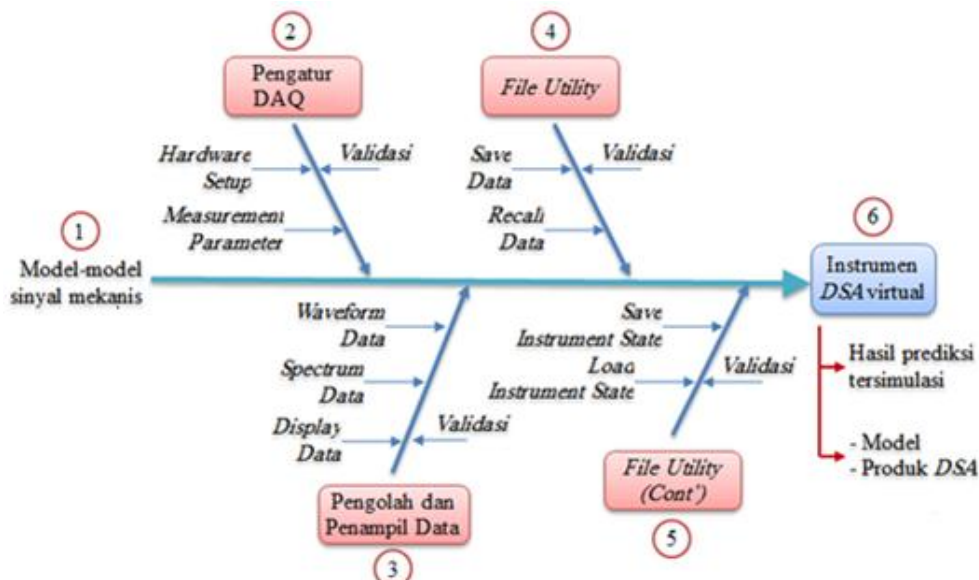
akurat tentang kondisi mesin yang beroperasi. Target khusus yang ingin dicapai adalah *DSA VI* ini dapat digunakan oleh operator pada unit perawatan di berbagai industri dengan cara pemakaian yang mudah dan menghasilkan prediksi yang akurat tentang kondisi mesin-mesin rotasi yang ada sehingga meningkatkan efektifitas perawatan prediktif yang dilakukan.

## 2. Metode

Pada pengembangan *DSA VI* nantinya, akan dilakukan terlebih dahulu tahapan persiapan, berupa:

- Instalasi perangkat lunak LabVIEW
- Mempelajari perangkat keras pengakuisisi data
- Pengumpulan informasi tentang teori akuisisi data
- Pengumpulan informasi pengolahan data digital
- Membangun simulator pembangkit sinyal mekanis di mana sinyal yang dihasilkan merupakan model-model sinyal mekanis yang mungkin terjadi pada mesin-mesin rotasi

Selanjutnya, tahapan untuk mewujudkan instrumen *DSA VI* ini dapat diilustrasikan seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Bagan alir pengembangan *DSA VI*.

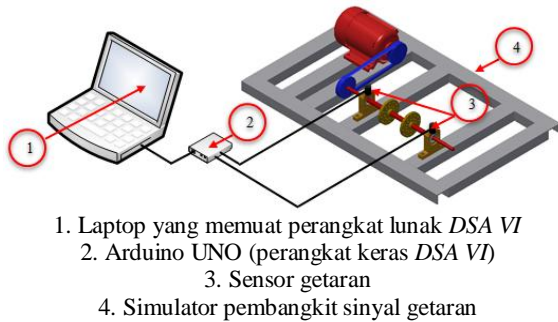
Secara umum, *DSA VI* akan disain, dibuat dan divalidasi agar tercipta *DSA VI* yang multifungsi yang mampu mengakuisisi, mengolah, menampilkan, menyimpan dan membaca data serta mampu menghasilkan

prediksi yang akurat tentang kondisi mesin-mesin rotasi yang beroperasi.

## 3. Disain Setup Pengujian

Pada tahap validasi *DSA VI*, sebuah simulator pembangkit sinyal getaran dibutuhkan.

Simulator pembangkit sinyal getaran ini direncanakan berbentuk sebuah prototipe mesin rotasi yang terdiri atas sebuah motor induksi AC, sistem puli-sabuk, dan sistem poros-rotor yang ditumpu oleh dua buah bantalan. Bagian perangkat keras *DSA VI* memanfaatkan Arduino UNO. Bagian perangkat lunak *DSA VI* dikembangkan dengan LabVIEW. Disain *setup* pengujian ditunjukkan oleh Gambar 3.



Gambar 3. Disain prototipe mesin rotasi sebagai simulator pembangkit sinyal getaran.

Sensor getaran yang akan digunakan adalah sensor percepatan (*accelerometer*) berbasis *micro-electro-mechanic system (MEMS)*. *Accelerometer* berbasis *MEMS* ini diletakkan pada kedua tumpuan sistem poros-rotor untuk mengukur getaran dari simulator pembangkit sinyal getaran. Getaran yang terukur dalam domain waktu kemudian dianalisis pada *DSA VI* dalam domain frekuensi.

#### 4. Simpulan

Pada perawatan prediktif khususnya perawatan berbasis pemantauan kondisi mesin berbasis getaran (*vibration-based condition monitoring (VCM)*) diperlukan instrumen penganalisis sinyal dinamik (*dynamic signal analyzer* atau *DSA*). Akan tetapi, ketersediaan *DSA* ini di pasaran terbatas pada fungsi dan spesifikasi tertentu dan berharga tinggi. Oleh karena itu, perlu dikembangkan *DSA* dalam bentuk lain. *DSA* yang akan dikembangkan untuk mengatasi persoalan di atas berupa *DSA* yang multifungsi, dapat dimodifikasi dan dikembangkan lagi serta berbiaya murah. Salah satu alternatif yang dapat dilakukan adalah mengembangkan *DSA* berbasis komputer atau berupa *dynamic signal analyzer virtual instrument (DSA VI)* dengan memanfaatkan perangkat lunak LabVIEW dan Arduino IDE.

Tujuan jangka panjang dikembangkannya *DSA VI* ini adalah tersedianya *DSA* multifungsi yang mampu mengakuisisi, mengolah, menampilkan, menyimpan dan membaca data

serta mampu menghasilkan prediksi yang akurat tentang kondisi mesin yang beroperasi.

*DSA VI* ini akan disain, dibuat dan divalidasi dengan menggunakan sebuah simulator pembangkit getaran berupa sebuah prototipe mesin rotasi yang terdiri atas sebuah motor induksi AC, sistem puli-sabuk, dan sistem poros-rotor yang ditumpu oleh dua buah bantalan. Getaran pada rumah bantalan akan diukur dengan sensor percepatan (*accelerometer*) berbasis *micro-electro-mechanic system (MEMS)*.

#### Ucapan Terima Kasih

Terima kasih penulis sampaikan kepada Ditjen Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi atas penugasan penelitian dengan nomor kontrak: 94/Kontrak-Penelitian Batch II/O10/KM/2016.

#### Referensi

- [1] S.P. Mogal and D.I. Lalwani, "A brief review on fault diagnosis of rotating machineries," *Applied Mechanics and Materials*, 2014, vol. 541-542, pp. 635-640.
- [2] P. Gupta and O.P. Gandhi, "Cost-down time monitoring for defect detection in rotating equipment," *International Journal of Performability Engineering*, 2014, vol. 10(2), pp. 197-210.
- [3] M. Saxena, O.O. Bennett, V. Sharma and R. Khemchandani, "Fault prediction in ball bearing by using analytical wavelet transform (AWT)," *International Journal of Scientific and Engineering Research*, 2014, vol. 658, pp. 289-294.
- [4] S. Khanam, N. Tandon and J.K. Dutt, "Fault size estimation in the outer race of ball bearing using discrete wavelet transform of the vibration signal," *The 2<sup>nd</sup> International Conference on Innovations in Automation and Mechatronics Engineering (ICIAME)*, 2014, pp. 12-19.
- [5] B. Carmen and B. Florin, "Bearing scuffing detection and condition monitoring using virtual instrumentation," *Applied Mechanics and Materials*, 2014, vol. 657, pp. 604-608.
- [6] A.J. Kumbhar and N.K. Chhapkhane, "Detection of the distributed defects on Inner and outer race of ball bearing using vibration analysis," *International Journal*



- of *Engineering Research and Technology (IJERT)*, 2014, vol. 3(11), pp. 147-150.
- [7] B. Carmen, M. Razvan and O.N. Dumitru, "Study on the defects size of ball bearings elements using vibration analysis," *Applied Mechanics and Materials*, 2014, vol. 658, pp. 289-294.
- [8] W. Shuqian, M. Mei, Z. Jingling, Z. Weinan and W. Guoqing, "Vibration test of bearing ball fatigue testing machine base on VB," *Applied Mechanics and Materials*, 2014, vol. 607, pp. 523-526.
- [9] D.S. Shah and V.N. Patel, "A review of dynamic modeling and fault identifications methods for rolling element bearing," in *The 2<sup>nd</sup> International Conference on Innovations in Automation and Mechatronics Engineering (ICIAME)*, 2014, pp. 447-456.
- [10] M. Yuzukirmizi and H. Arslan, "Fault diagnosis of shaft-ball bearing system using one-way analysis of variance," *Mathematical and Computational Applications*, 2014, vol. 19(1), pp. 37-49.
- [11] C.H. Chen, R.J. Shyu and C.K. Ma, "A new fault diagnosis method of rotating machinery," *Shock and Vibration*, 2008, vol. 15, pp. 585-598.
- [12] H. Yang, J. Mathew and L. Ma, "Intelligent Diagnosis of Rotating Machinery Faults-A Review," in *The 3rd Asia-Pacific Conference on Systems Integrity and Maintenance (ACSIM)*, 2002, 25-27 September 2002, Cairns, Australia.
- [13] E. Swanson, C.D. Powel and S. Weissman, "A practical Review of Rotating Machinery Critical Speeds and Modes," *Sound and Vibration*, 2005, vol. 162(3), pp. 471-487.
- [14] S.H. Ghafari, *A Fault Diagnosis System for Rotary Machinery Supported by Rolling Element Bearings*, 2007, University of Waterloo: PhD theses.
- [15] S.H. Ghafari, F. Golnaraghi and F. Ismail, "Fault diagnosis based on chaotic vibration of rotor systems Supported by Ball Bearings," in *The Proceeding of COMADEM*, 2006, pp. 819-826.
- [16] F.K. Choy, J. Zhou, M.J. Braun and L. Wang, "Vibration monitoring and damage quantification of faulty ball bearings," *Tribology*, 2005, vol. 127(4), pp. 776-783.
- [17] T. Williams, X. Ribadeneira, S. Billington and T. Kurfess, "Rolling element bearing diagnostics in run-to-failure lifetime testing," *Mechanical Systems and Signal Processing*, 2001, vol. 15(5), pp. 979-993.
- [18] B. Mevel and J.L. Guyader, "Routes to chaos in ball bearings," *Sound and Vibration*, 1993, vol. 162(3), pp. 471-487.
- [19] D. Kannek and W. Wang, "A Wavelet Spectrum Technique for Machinery Fault Diagnosis," *Journal of Signal and Information Processing*, 2011, vol. 2, pp. 322-329.
- [20] A. Yoshihiro, M. Satoru, and K. Shinji, "Online Monitoring Technology by analysis of Highly Accurate Vibration Waveform to Diagnose Abnormality of Machines," *JFE Technical Report*, 2012, vol. 17, pp. 17-22.
- [21] A. Yoshihiro, M. Satoru, and K. Shinji, "Multi-function Online Monitoring (Condition-eye)," *JFE Gihō*, 2011, vol. 27, pp. 58-60.
- [22] W. Niu, "Fault diagnosis for rotator in rotating machinery based on support vector machine," *Applied Mechanics and Materials*, 2014, vol. 532, pp. 102-105.
- [23] C. Yue, X. Ren, Y. Yang and W. Deng, "Unbalance Identification of Speed-Variant Rotary Machinery without Phase Angle Measurement," *Shock and Vibration*, 2015, vol. 62(3), pp. 463-471.