

Analisis Pengaruh Kelurusan Poros Kopling Pompa Hidraulik Terhadap Variasi Tekanan Pada PLTA Maninjau

Muchlisinalahuddin

Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat

muchlisinalahuddin@umsb.ac.id

DOI: <http://dx.doi.org/10.31869/rtj.v4i2.2637>

Abstract: vibration due to misalignment in the hydraulic pump is detected as the main problem of damage to the pump. Resolved a problem with the alignment of the pump, shaft alignment as an action in overcoming the problem. Vibration measurements are carried out during alignment and misalignment conditions by using a vibration measuring instrument, namely vibration analysis fluke 810. Voltage, current, electrical power, motor & pump rotation, and other operating parameters are observed. Vibration analysis is done by observing the velocity and frequency of the wave signal for alignment and misalignment conditions. Vibration analysis is performed using a comparison method to the iso 10816-3 tester standard. Finally obtained an ideal vibration in the operation of hydraulic pumps based on the above standards.

The method used to analyze using the tool RCFA (root cause failure analysis) which is an investigation process to determine the main causes of a failure mode. From the analysis, we concluded that the formulation RCFA rise broken of coupling.

Keywords: vibration, alignment and misalignment, hydraulic pump

PENDAHULUAN

Sistem hidraulik memiliki peranan sangat penting didalam operasional unit. Sistem ini digunakan untuk menyuplai minyak bertekanan untuk menggerakkan servomotor pada peralatan bantu mencakup governor, turbine inlet valve, water cooling system, seat valve control valve, dan lain sebagainya. Dalam hal ini, oli hidrolik menggerakkan servomotor yang dialirkan oleh pompa hidraulik yang memompa minyak dari *sumptank* atau tempat penampungan oli ke dalam *presstank* sesuai dengan tekanan kerjanya. Pompa hidraulik tersebut berfungsi secara terus-menerus dengan sistem *un-loading* dan *on-loading*, yang artinya apabila tekanan sudah cukup pada *presstank*, aliran oli dari pompa akan masuk kembali kedalam *sumptank* melalui *bypass valve*.

Pompa hidraulik ini berjenis *gear pump* (pompa roda gigi) yaitu jenis pompa *positive displacement* dimana fluida akan mengalir melalui celah-celah roda gigi dengan dinding rumahnya.. Pompa ini digolongkan sebagai *fixed displacement*. Untuk operasional pompa hidraulik pada sistem minyak tekan dapat mencapai lebih dari 33 kali *un-loading* dan *on-loading* dalam waktu 1x24jam, hal ini mengakibatkan rentannya kondisi operasi baik dari motor induksi maupun pompa hidraulik pada sistem ini. Masalah utama yang sering terjadi pada pompa hidraulik yaitu terjadinya

ketidaklurusan poros (*misalignment*). Hal ini dapat terjadi dikarenakan tidak didapatkannya kesejajaran dudukan yang baik antara pompa dan motor induksi.

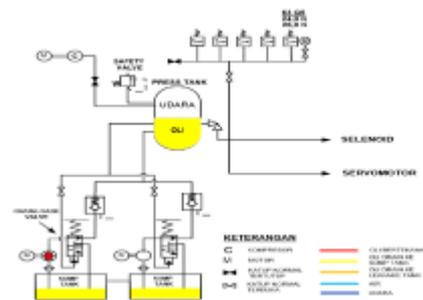
LANDASAN TEORI

Sistem Minyak Tekan

Tekanan kerja pada sistem ini tergantung terhadap kapasitas servomotor yang digerakkan biasanya besarnya 25–30 bar tergantung daya mampu yang dibangkitkan oleh pembangkit listrik tenaga air.

1.1. Cara kerja Sistem Minyak Tekan

Sistem ini digunakan untuk menyuplai minyak bertekanan untuk menggerakkan servomotor pada peralatan bantu.



Gambar 1. Sistem minyak tekan

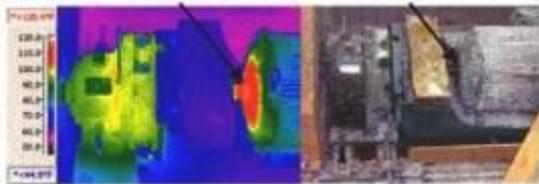
Minyak hidrolik yang menggerakkan servomotor dialirkan oleh pompa hidraulik yang memompa minyak dari *sumptank* ke dalam *presstank* sesuai dengan tekanan kerjanya (gambar 1.1). Pompa hidraulik tersebut berfungsi secara terus-menerus

dengan sistem *un-loading* dan *on-loading*, yang artinya apabila tekanan sudah cukup pada presstank, aliran minyak dari pompa akan masuk kembali kedalam sumptank melalui *bypass valve*. *Servomotor* untuk *guide vanes* tersebut diatas digerakkan oleh oli bertekanan yang diatur oleh *regulating valve*, sedangkan *regulating valve* ini diatur oleh sistem governor yang terhubung keporos turbin melalui PMG (*Permanent Magnet Generator*).

Peralatan pengujian unjuk kerja

1.2. Infrared (IR) Thermography

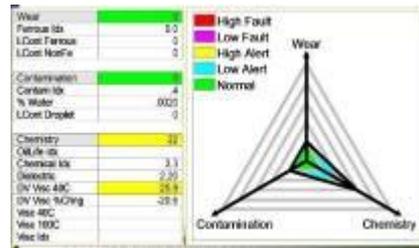
Didefinisikan sebagai proses pencitraan variasi radian inframerah dari suatu permukaan. Pada prinsipnya, *IR Thermography* akan menampilkan profil temperatur objek. IR akan mendeteksi kondisi-kondisi atau *stressor* yang akan bisa mengakibatkan penurunan kinerja suatu peralatan atau desain umur pakainya.



Gambar 2. Sistem minyak tekan

1.3. Oil Analysis

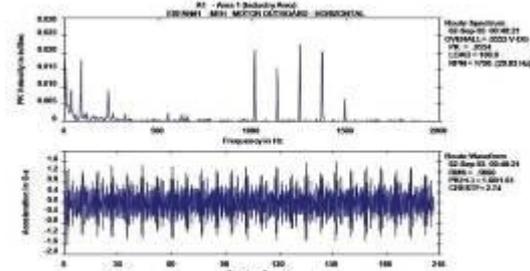
Digunakan untuk mendefinisikan 3 kondisi dasar mesin terkait dengan lubrikasi mesin atau sistem lubrikasi. Pertama adalah kondisi dari oil: *viscosity*, *acidity*, *flashpoint*, dan lain lain. Untuk melihat adanya kontaminan seperti material-material korosi. Kedua adalah kondisi sistem lubrikasi, dengan menguji kandungan air, silikon, atau kontaminan-kontaminan lain (bergantung pada desain sistem), *system integrity* dari sistem lubrikasi dapat dievaluasi. Ketiga adalah kondisi mesin itu sendiri. Dengan menganalisa partikel-partikel keausan yang ada dalam minyak, keausan mesin dapat dievaluasi dan dilihat besarnya.



Gambar 3. Oil analysis

1.4. Vibration Analysis

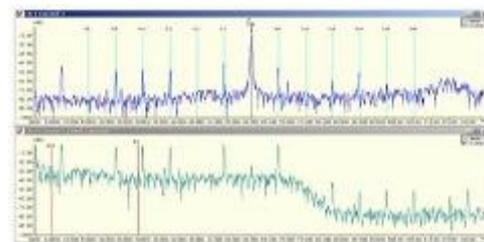
Merupakan analisa yang didasarkan pada perubahan spektrum frekuensi yang memperlihatkan kondisi suatu peralatan. Contoh aplikasi adalah untuk monitoring kondisi *bearing*.



Gambar 4. Vibration Analysis

1.5. Motor Current Signature Analysis

Merupakan analisa yang didasarkan pada perubahan spektrum frekuensi yang memperlihatkan kondisi suatu peralatan. *Motor current signature analysis* meliputi analisa arus dan tegangan motor untuk mengetahui kondisi motor.



Gambar 5. MCSA

Ketidaklurusan Poros (*misalignment*)

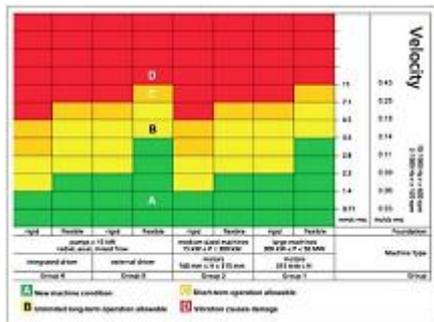
Misalignment adalah kondisi dimana terjadi penyimpangan pada titik pusat antara dua poros yang dihubungkan (dua poros terletak tidak pada satu sumbu). Jika *misalignment* terjadi pada kopling maka akan mempercepat kerusakan kopling, bearing dan menimbulkan vibrasi berlebihan.

Short "flexible" couplings	rpm	Alignment Tolerance inch (mil)	
		acceptable	excellent
Offset	900	6.0	3.0
	1200	4.0	2.5
	1800	3.0	2.0
	3600	1.5	1.0
Angularity (30% of tolerance at coupling ends per in. distance)	900	10.0	7.0
	1200	8.0	5.0
	1800	5.0	3.0
	3600	3.0	2.0
Spacer shafts and remountable (flex) couplings	900	2.0	1.2
	3600	0.5	0.3
Offset (20% inch spacer length)	900	2.0	1.2
	1200	1.5	0.9
	1800	1.0	0.6
	3600	0.5	0.3
Angularity (max)	900	2.0	1.2
	1200	1.5	0.9
	1800	1.0	0.6
	3600	0.5	0.3
Soft foot	4TY	2.0 mil	

Gambar 6. Alignment Tolerance

Standard Vibration

Nilai efektif kecepatan getaran digunakan untuk menilai kondisi mesin. Nilai ini dapat ditentukan oleh hampir semua pengukuran perangkat getaran konvensional. Standar yang digunakan untuk pengukuran getaran antara lain ASTM D3580-95 (Standard Test Methods for Vibration), ANSI S3.40 (Mechanical Vibration and Shock), DIN 31692-3 (Vibration Monitoring) dan ISO 10816-3 dengan perincian sebagai berikut:



Gambar 7. Vibration Standard

Parameter Perhitungan

1.1. Ratio putaran gear

Berikut ini adalah perhitungan tentang ratio atau reduction gear motor pada putaran pompa gear menggunakan rumus.

$$i = \frac{Z_1}{Z_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

dengan

Z₁ = Jumlah gigi gear penggerak

Z₂ = Jumlah gigi gear yang digerakkan

n₁ = Putaran gear penggerak (rpm)

n₂ = Putaran gear yang digerakkan (rpm)

1.2. Daya Motor Induksi

Motor listrik berfungsi sebagai tenaga penggerak yang digunakan untuk

menggerakkan pompa gear atau hidraulik. Penggunaan motor listrik ini disesuaikan dengan kebutuhan daya dari pompa tersebut yaitu daya yang diperlukan dalam proses mengalirkan aliran oli hidraulik ke bejana tekan. Jika N (rpm) adalah putaran dari motor listrik dan T (Nm) adalah torsi pada motor listrik, maka besarnya daya P (W) yang diperlukan untuk menggerakkan sistem adalah:

$$P = T \cdot \frac{2\pi \cdot N}{60}$$

dengan

P = Daya Motor listrik (Watt)

T = Torsi motor listrik (Nm)

N = Putaran motor listrik (rpm)

METODOLOGI PENELITIAN

Dalam penelitian ini identifikasi masalah dilakukan dengan metode RCFA. RCFA (Root Cause Failure Analysis) merupakan proses investigasi untuk dapat mengetahui penyebab utama dari suatu modus kegagalan (penyebab masih belum jelas). RCFA dilakukan karena beberapa FMEA (Failure Mode Effect Analysis) mempunyai modus kegagalan yang penyebabnya belum diketahui.

Investigasi dilakukan dengan mengumpulkan data di lapangan, data desain, pengalaman dan teori penunjang. Selanjutnya dari data dan teori tersebut, digunakan sebagai bahan analisa untuk mendapatkan suatu kesimpulan mengenai penyebab utama dari kegagalan yang pada akhirnya akan didapatkan suatu rekomendasi yang tepat.

Langkah – langkah yang harus dilakukan dalam RCFA

1. Identifikasi penyebab kemungkinan

Dalam hal ini dilakukan identifikasi faktor-faktor apa saja yang mungkin menjadi penyebab permasalahan terjadinya ketidaklurusan poros (misalignment).

2. Identifikasi akar masalah

Setelah menjabarkan identifikasi kemungkinan penyebab masalah, kemudian dilakukan pencarian akar masalah pada kemungkinan penyebab masalah tersebut.

3. Tindakan implementasi solusi (task)

Setelah diketahui akar masalah dari masing-masing penyebab, maka tindakan selanjutnya adalah merumuskan solusi

yang kemudian melakukan tindakan perbaikan.

4. Kesimpulan

Kesimpulan disini merupakan hasil dari serangkaian tindakan dari masing-masing tindakan implementasi solusi.

Spesifikasi Sistem Minyak Tekan

Pada pelaksanaan penelitian pompa hidraulik yang digunakan adalah jenis pompa roda gigi. Pompa roda gigi adalah jenis pompa *positive displacement* dimana fluida akan mengalir melalui celah-celah roda gigi dengan dinding rumahnya.



Gambar 8. Kondisi Peralatan

Spesifikasi Pompa roda gigi yang digunakan pada sistem minyak tekan yaitu sebagai berikut :

▪ Pompa Roda Gigi

Merk : Kaminaga Kogyo CO. LTD
 Type : Sine Curve Gear Pump
 Series No. : 32497
 Capacity : 60 L/M
 Putaran : 1440 Rpm
 Pressure : 26.5 kg/cm²
 Output : 5,5 kW
 Manufactured in : 2006

▪ Motor Induksi

Merk : Toshiba Cooperation
 Type : 3 Phasa Induction Motor
 Ampere : 11,7 A
 Ins Class : E
 Putaran : 1440 Rpm
 Frekuensi : 50 Hz
 Tegangan : 380 V
 Output : 5,5 kW 4 Poles

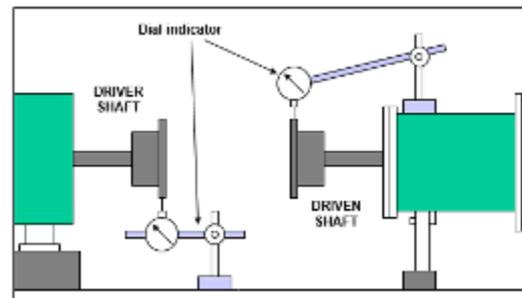
▪ Unloading Valve

Merk : Toshiba Cooperation
 Type : UL – 40
 Series No. : 3601075
 Adjust Press : 24.5 sampai 26 kg/cm²

Manufactured in : 1981

Pengukuran Kelurusan Poros

Metode *alignment* dilakukan dengan metode *reverse dial indicator*. Metode ini dilakukan dengan memasang dua buah *dial indicator* pada kedua sisi kopling. Kopling diputar dan nilai pengukuran dibaca pada *dial indicator*. Perbedaan nilai pengukuran antara dua *dial indicator* menunjukkan besarnya penyimpangan kondisi *alignment*.



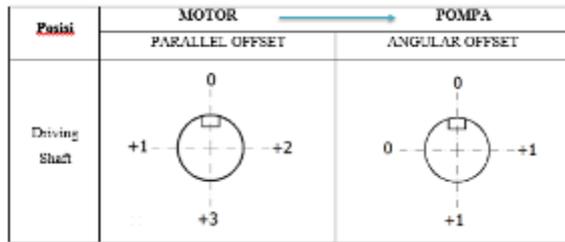
Gambar 9. Simulasi Proses Alignment

Dari pengukuran *alignment* diatas didapatkan data pengukuran yang menunjukkan bahwa hasil pengukuran telah melewati batas dari toleransi yang telah ditentukan oleh pabrikasi peralatan tersebut. Sehingga didapatkan kesimpulan telah terjadinya *misalignment* yang menyebabkan kerusakan pada pompa oli hidrolik bertipe *sine curve gear pump*. Berbagai dampak yang ditimbulkan dari kegagalan operasi pada pompa ini, salah satunya yaitu kerusakan pada sisi kopling yang berfungsi untuk menghubungkan poros dari motor induksi dan poros dari *gear pump* itu sendiri.



Gambar 10. Kondisi Lapangan

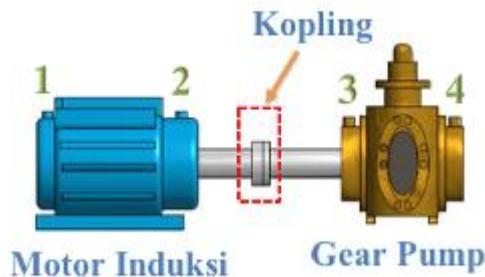
Data pengukuran *alignment* yang didapatkan ketika terjadinya kerusakan pada kopling poros pompa hidraulik antara lain sebagai berikut :



Gambar 11. Hasil Pengukuran

Prosedur Pengambilan Vibrasi

Pada pengukuran getaran ini, dilakukan dengan menggunakan dua buah alat ukur yaitu *vibration analisis fluke 810* dan *vibscanner*. Dalam pengambilan nilai getaran ini terdapat 4 buah titik pengambilan data, seperti pada gambar 3.4 dibawah ini.



Gambar 12. Pengukuran Getaran
Berikut ini adalah data vibrasi yang diambil pada bulan juli 2019. Dari data tersebut, dapat ditarik kesimpulan bahwa telah terjadinya kelainan dalam sistem operasi dari pompa hidrolik di PLTA Maninjau dan perlu dilakukan penanggulangan dari kelainan agar didapatkan operasi yang maksimal dari pompa hidrolik.

No	Perbaikan	PI 1a. Sibatukan				PI 1a. Maninjau				PI 1a. Bahang Agam				Berkas/Sign	
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4		
1	Saluran Distribusi														
2	Saluran Distribusi														
3	Saluran Distribusi														
4	Saluran Distribusi														
5	Saluran Distribusi														
6	Saluran Distribusi														
7	Saluran Distribusi														
8	Saluran Distribusi														
9	Saluran Distribusi														
10	Saluran Distribusi														
11	Saluran Distribusi														
12	Saluran Distribusi														
13	Saluran Distribusi														
14	Saluran Distribusi														
15	Saluran Distribusi														
16	Saluran Distribusi														
17	Saluran Distribusi														
18	Saluran Distribusi														
19	Saluran Distribusi														
20	Saluran Distribusi														

Gambar 13. Laporan CBM

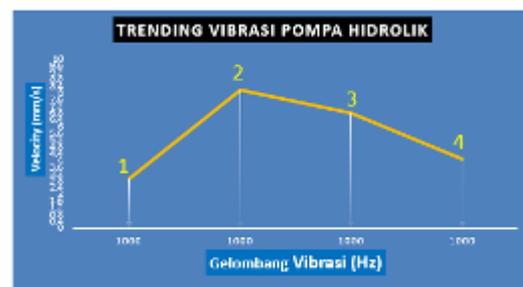
Hasil Pengukuran Getaran

Berikut adalah rangkuman dari hasil pengukuran getaran pada masing-masing titik pengukuran pada pompa dan motor induksi.

Tabel 1 Hasil pengukuran vibrasi *Misalignment*.

Titik Pengukuran	Measurepoint (mm/s)	Banyaknya Misalignment	Severity	Rekomendasi
Motor 1 (DEH)	2.94	11	Serious	Perlu dilakukan pengecekan bearing
Motor 2 (DEV)	8.14	9	Extreme	Perlu dilakukan adjusting poros
Pompa 3 (DEV)	6.81	16	Extreme	Perlu dilakukan adjusting poros
Pompa 4 (DEH)	4.11	7	Serious	Perlu dilakukan pengecekan bearing

Nilai tidak sesuai standar akan berdampak pada gesekan antar permukaan yang menjadi pemicu utama besarnya transfer energi panas dari shaft ke bantalan penyangga bawah.

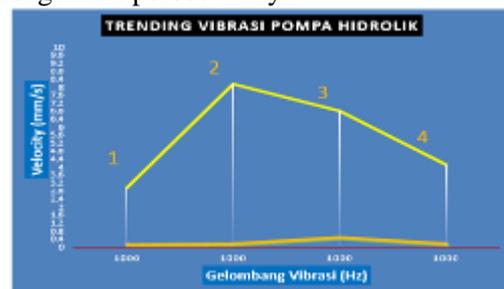


Berikut adalah rangkuman dari hasil pengukuran getaran pada masing-masing titik pengukuran pada pompa dan motor induksi.

Tabel 2 Hasil pengukuran vibrasi *Alignment*

Titik Pengukuran	Measurepoint (mm/s)	Banyaknya Misalignment	Severity	Status
Motor 1 (DEH)	0.14	1	Normal	Siap dioperasikan
Motor 2 (DEV)	0.19	6	Normal	Siap dioperasikan
Pompa 3 (DEV)	0.51	4	Normal	Siap dioperasikan
Pompa 4 (DEH)	0.19	1	Normal	Siap dioperasikan

Nilai vibrasi sebelum dilakukan proses *alignment* dan setelah dilakukan proses tersebut dilakukan perbandingan untuk mengetahui perbedaannya.

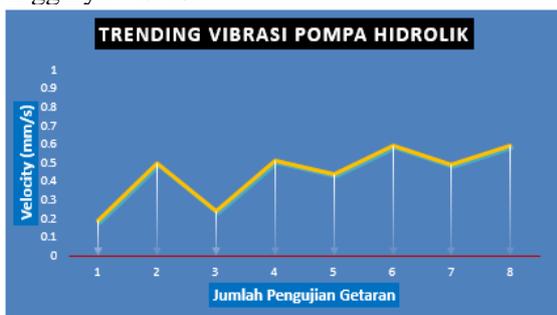


Pengukuran juga dilakukan dalam kondisi operasi dengan variasi pembebanan pada pompa hidrolik sehingga didapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 3 Hasil pengukuran variasi tekanan

Titik Pengukuran	Tekanan (bar)	Measurepoint (mm/s)	Severity	Status
Motor 2 (DEV)	27	0.19	Baik	Normal Operasi
Pompa 3 (DEV)	27	0.50	Baik	Normal Operasi
Motor 2 (DEV)	28	0.24	Baik	Normal Operasi
Pompa 3 (DEV)	28	0.51	Baik	Normal Operasi
Motor 2 (DEV)	29	0.44	Baik	Normal Operasi
Pompa 3 (DEV)	29	0.59	Baik	Normal Operasi
Motor 2 (DEV)	30	0.49	Baik	Normal Operasi
Pompa 3 (DEV)	30	0.59	Baik	Normal Operasi

Nilai yang didapatkan dari pengukuran variasi tekanan menunjukkan bahwa dengan tingginya tekanan berbanding lurus dengan tingginya vibrasi.



Berdasarkan permasalahan yang dibahas yaitu mengenai masalah ketidaklurusan poros pompa hidraulik yang menyebabkan rusaknya kopling pada PLTA Maninjau, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Getaran pada motor dan pompa menunjukkan adanya kombinasi kerusakan yang disebabkan oleh adanya *misalignment*. Kerusakan ini mencakup kerusakan pada bantalan dan kopling.
2. *Misalignment* sangat mempengaruhi operasi pompa hidrolis, masalah ini terjadi akibat putaran poros pompa dan motor tidak pada sumbu pusatnya.
3. Besarnya nilai *misalignment* berbanding lurus dengan vibrasi yang dihasilkan saat pompa dioperasikan. Besaran nilai getaran mencapai 8.14 mm/s pada bantalan motor induksi.
4. Dilakukan proses penyettingan ulang alignment terhadap poros pompa dan motor sehingga didapatkan nilai yang mendekati sempurna yaitu 0 (nol) pada masing-masing titik pengukuran. Setelah dilakukan proses *alignment*.

PENUTUP

Adapun saran-saran yang dapat diberikan penulis adalah:

1. Pastikan alat yang digunakan dalam pengujian memiliki spesifikasi yang tepat agar hasil pengukuran akurat dan dapat dipertanggung jawabkan
2. Operasikan peralatan pada batas kemampuan peralatan dan lakukan secara tepat mengikuti SOP yang diterapkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Toshiba Hydro.2015. Laporan Pemeliharaan ajor Overhaul Unit 4 PLTA Maninjau
- PRÜFTECHNIK, *Effect of Misalignment*. <http://www.pruftechnik.com/en/alignment-systems/alignmentknowledge/effects-of-misalignment.html>
- Didik Nurhadiyanto, MT, 2005, “ *Pegangan Kuliah Getaran Mekanis*” Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah, Yogyakarta.
- Girdhar, P. 2004. *Practical Machinery Vibration Analysis and Predictive Maintenance*. Netherlands: IDC Technologies.
- Mobley, R. K. 1999. *Vibration Fundamentals*. United State of America: Butterworth-Heinemann.
- Furman, BJ. 2005. *Vibration Measurement*. Department of Mechanical and Aerospace Engineering San Jose State University