

SIMULASI POMPA SENTRIFUGAL SISTEM DISTILASI DENGAN MENGGUNAKAN COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS (CFD)

Abi Awwabin¹, Ikhwansyah Isranuri², M. Sabri³, Tugiman⁴, Pramio G. Sembiring⁵
^{1,2,3,4,5}Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara
E-mail : aby.awwabin@gmail.com

ABSTRAK

Kecepatan aliran fluida merupakan faktor penting yang menentukan performa dari sebuah pompa sentrifugal. Kecepatan aliran fluida yang tidak sesuai dengan standar aliran pompa sentrifugal dapat menyebabkan kerusakan dan penurunan unjuk kerja (performance) dan kerusakan komponen pompa. Penelitian ini bertujuan untuk mengamati pengaruh perubahan kecepatan aliran fluida terhadap bukaan dengan simulasi, mengetahui Kapasitas terbaik dari pompa yang dioperasikan dengan metode eksperimental melalui simulasi, mengetahui perbandingan kapasitas antara pengujian dengan simulasi, dan mengetahui perbandingan kecepatan aliran fluida pada simulasi dengan kecepatan aliran getaran pada pengujian. Pada penelitian ini, kecepatan aliran fluida pada pompa sentrifugal disimulasikan menggunakan software fluent 15.0 kemudian dibandingkan dengan kecepatan aliran fluida pada pengujian. setelah itu dilakukan juga perbandingan dengan kecepatan getaran, baik itu axial, horizontal dan vertical. Melalui perbandingan ini bisa diamati perbandingan velocity fluida dengan velocity getaran dimana jika berbanding lurus maka dapat ditarik kesimpulan bahwa kecepatan aliran fluida sangat berpengaruh pada besarnya getaran yang terjadi pada pompa sehingga dapat dipastikan berpengaruh juga pada performance pompa. Hasil penelitian ini menunjukkan persen galat terkecil perbandingan antara kecepatan keluar fluida pada pengujian dengan kecepatan keluar fluida pada simulasi adalah 3,93% yaitu pada bukaan 80% dengan kapasitas sebesar 0,002500 m³/s.

Kata Kunci: Kecepatan fluida, Performance Pompa, Kecepatan Getaran, simulasi, pompa sentrifugal.

1. PENDAHULUAN

Pompa sentrifugal adalah salah satu jenis pompa yang banyak digunakan dalam dunia industri seperti *power plant*, perminyakan, pusat pengolahan, pendistribusian air dan pengolahan limbah.

Salah satu aplikasi pompa sentrifugal dalam dunia industri adalah sebagai pompa distilasi pada *desalination plant*. Instalasi ini mengolah air laut menjadi air tawar dengan proses penguapan (*evaporasi*).

Dari penelitian-penelitian yang sudah dilakukan oleh beberapa peneliti terdahulu, penulis mencoba melakukan penelitian untuk menentukan kapasitas pengoperasian pompa agar terhindar dari kavitasi kemudian melakukan analisa dengan metode simulasi menggunakan software Ansys Fluent 15.0. Untuk mendapatkan kapasitas yang diinginkan maka dilakukan pengaturan bukaan *discharge valve*. Pengamatan dilakukan pada perubahan kapasitas dan kecepatan aliran fluida.

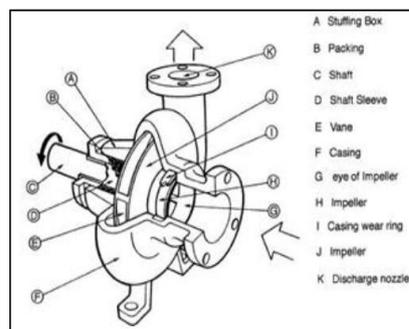
2. TINJAUAN PUSTAKA

Analisa Getaran

Analisa getaran merupakan cara yang paling handal untuk mendeteksi awal gejala kerusakan mekanik, elektrik pada peralatan, sehingga analisa getaran saat ini menjadi pilihan teknologi *predictive maintenance* yang paling sering digunakan [1].

Pompa

Pompa adalah suatu alat yang digunakan untuk memindahkan suatu fluida dari suatu tempat ke tempat lain dengan cara menaikkan tekanan cairan tersebut. Standart pompa sesuai dengan API 610, ISO 5199, DIN 24256 [2].



Gambar 2.1 Komponen Pompa Sentrifugal [wikipedia.org]

Karakteristik Pompa

Menurut Bernoulli ada tiga macam energi (*head*) fluida yaitu energi tekanan, energi kinetik dan energi potensial. Hal ini dinyatakan pada persamaan (2.4) sebagai berikut [3] :

$$H = \frac{P}{\gamma} + \frac{V^2}{2g} + Z \quad (2.4)$$

dimana :

H : *head* total pompa (m)

$\frac{P}{\gamma}$: *head* tekanan (m)

$\frac{V^2}{2g}$: *head* kecepatan (m)

Z : *head* statis total (m)

Head losses akibat adanya perlengkapan pipa disebut *head* minor sedangkan akibat turbulensi dan gesekan disebut *head* mayor. Kerugian *head* minor dapat dicari dengan persamaan (2.5).

$$h_m = f \frac{V^2}{2g} \tag{2.5}$$

dimana ;

h_m : *head* loss minor (m)

f : koefisien kerugian dari perlengkapan pipa

Head losses mayor dapat dihitung dengan menggunakan persamaan Darcy-Weisbach pada persamaan (2.6).

$$h_f = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} \tag{2.6}$$

dimana :

h_f : *head* loss mayor (m)

L : panjang pipa (m)

D : diameter dalam pipa (m)

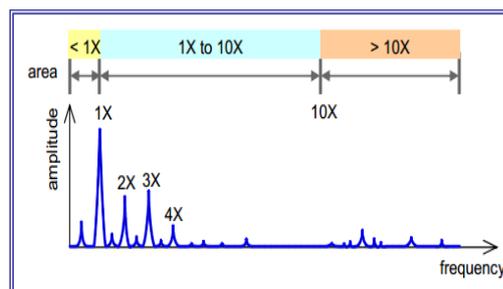
V : kecepatan aliran (m/s)

g : percepatan gravitasi (m/s²)

Blade pass frequency (BPF)

Blade pass frequency pada Gambar 2.2 merupakan karakter dari pompa dan baling-baling. Amplitudo besar pada BPF (harmonik) dapat dihasilkan jika pompa mengalami perbedaan kecepatan pada putaran baling-baling pompa dan diffuser [4].

$$BPF = \frac{\text{number of Blade/vane}}{60} \times RPM \tag{2.7}$$



Gambar 2.2 Membagi Spektrum ke Wilayah Signifikan [4]

Spektrum dibagi menjadi tiga bidang utama (lihat Gambar 2.2)

- Area di bawah frekuensi rotasi - Daerah ini disebut *sub-synchronous* jika ada puncak terjadi di dalamnya, cenderung berbahaya (misalnya jurnal bantalan pusran minyak).
- Daerah dari frekuensi rotasi hingga sepuluh kali adalah daerah frekuensi rendah kegiatan yang terkait dengan rotasi. Gejala semua kesalahan mekanis mendasar (*unbalance, misalignment, kelonggaran, dll*) biasanya terjadi di daerah ini.
- Daerah di atas 10X adalah daerah *Symptoms* frekuensi tinggi dari bantalan rol cacat, kesalahan roda gigi, kavitasi, dll terjadi di daerah ini.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan sejak tanggal 27 Februari 2014 pengesahan usulan oleh pengelola program studi sampai dinyatakan selesai yang direncanakan berlangsung selama \pm 4 bulan. Tempat pelaksanaan penelitian adalah di *Research Center Noise/Vibration Control and Knowledge Based in Engineering*, Program Magister Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara.

Peralatan Subjek Penelitian

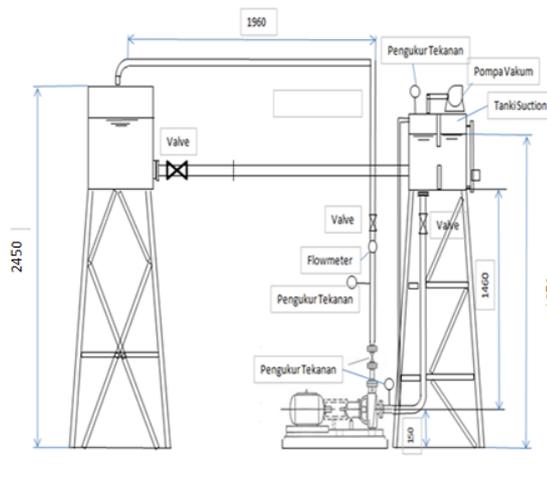
Subjek penelitian ini adalah pompa sentrifugal yang dipasang sesuai model instalasi sederhana skala laboratorium.

Tabel 3.1 Spesifikasi Pompa Sentrifugal

Merek	Aquavane KSB
Head	9 m
Kapasitas	3 Ltr / det
Daya	746 Watt
Voltage	230 Volt
Putaran	1450 rpm



Gambar 3.1 Pompa Sentrifugal



Gambar 3.2 Pompa dan Instalasinya

Peralatan pengujian dan pengukuran

Adapun alat yang digunakan dibagi 2 macam yaitu:

A. Peralatan pengujian

1. *Sump tank* dengan kapasitas maksimal 600 liter untuk menampung air yang disirkulasikan;
2. *Suction tank* tertutup dengan kapasitas maksimal 227 liter untuk menampung air yang akan dipompakan;
3. Satu set pompa sentrifugal merk; *Aquavane KSB A32-160* dengan kapasitas aliran 3,5 liter/s.
4. Instalasi pipa *acrylic* diameter 2" pada *suction*.
5. Instalasi pipa *acrylic* diameter 1/2" pada *venting line* sebelum *suction*.

B. Peralatan Pengukuran

1. *Flow meter* dengan kapasitas pengukuran 4 liter/s, digunakan untuk mengukur kapasitas air yang dipompakan ke tangki penampung;
2. *Pressure Gauge (Manometer gauge)* dengan range 0 – 6 kg/cm² yang digunakan untuk mengukur tekanan air yang di pompa;

3. Pressure Gauge (*Manometer vacum*), digunakan untuk mengukur tekanan air di sisi *suction*;
4. Valve pengatur 2" disisi pipa *suction*, digunakan untuk mengatur tekanan dan kecepatan aliran masuk ke pompa;
5. Valve 2" disisi discharge, digunakan untuk mevariasikan tinggi tekan (head) dan kapasitas aliran yang menuju tangki penampung;
6. *Digital thermocouple*, untuk mengukur temperatur cairan di tanki *suction*.
7. Alat ukur getaran yang digunakan untuk percobaan ini adalah
 - a. *Accelerometer* DI-440 SKF dengan spesifikasi sebagai berikut:



Gambar 3.3 DI-440 SKF

- b. *USB cable*
USB cable data digunakan untuk mentransfer data hasil pengukuran ke PC (gambar 3.4).



Gambar 3.4 USB Cable

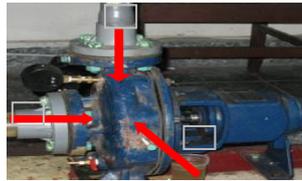
Metodologi

Penelitian terhadap karakteristik *vibrasi* yang muncul pada pompa sentrifugal yang dilakukan secara eksperimental dengan tahapan sebagai berikut:

- A. Untuk Pengukuran Getaran Pompa
 1. Set up pada pompa sentrifugal:
 - a. Pemasangan Pressure Gauge pada sisi *suction* dan discharge pompa untuk mengamati tekanan pada titik tersebut;
 - b. *Set up* instalasi pompa pada pipa *suction*, pemasangan venting valve pada line venting.
 - c. Pengisian dan pemanasan cairan pada tanki penampung serta pengisian tanki *suction*.
 - d. Pastikan kesiapan pompa untuk dapat dioperasikan, periksa apakah dapat bekerja dengan sempurna.

Metode pengukuran vibrasi

- a. Pasang transduser pada alat pengukuran vibrasi DI-440 SKF;
- b. Pasang transduser pada casing pompa;
- c. Operasikan pompa hingga pompa beroperasi dengan normal.
- d. Aktifkan alat pengukuran vibrasi DI-440 SKF
- e. Posisi pembukaan katup isap adalah 100%.
- f. Pada posisi pembukaan katup discharge 100% dan tekanan tanki vakum 1 atm, amati tekanan cairan yang masuk ke suction pompa pada manometer *vacum* , *discharge* dan kapasitas aliran pada sisi discharge;
- g. Melaksanakan pengambilan data vibrasi secara *time domain* pada sumbu X dengan variasi waktu 0,1 detik;
- h. Setelah pengambilan data untuk sumbu X, dilanjutkan dengan sumbu Y dan Z.
- i. Lakukan pengambilan data vibrasi untuk tekanan suction tanki pada 1 bar absolut.
- j. Prosedur ini diulangi untuk kapasitas pompa 90%, 80% dan 70%.



Gambar 3.5 Posisi Pengambilan data

Alat Simulasi

Pengujian yang dilakukan merupakan jenis pengujian komputasional dengan menggunakan seperangkat komputer dengan spesifikasi:

- Processor : Core i3 (4core)
- Ram : 4 Gb
- Software : Ansys 15.0
- VGA : NVIDIA 2Gb

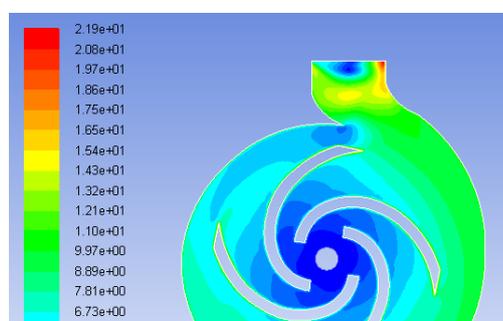
Variabel Yang Diamati

Kecepatan keluar fluida dan kapasitas aliran fluida.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Simulasi Kecepatan Keluar Menuju Pipa Tekan

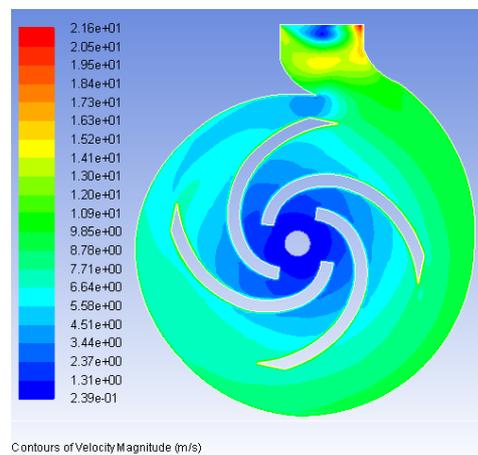
A. Buka Kapasitas 100%



Gambar 4.1 Contour kecepatan

kecepatan keluar pada bukaan kapasitas 100% menuju pipa tekan sebesar 2,407124 m/s. Sedangkan nilai hasil teoritis untuk kecepatan keluar pada bukaan kapasitas 100% adalah 3,06 m/s. Kapasitas aliran menuju pipa tekan dicari dengan persamaan $Q = A.V$, dimana luas penampang pipa tekan adalah 0,000909 m², sehingga nilai kapasitas aliran menuju pipa tekan dari hasil simulasi adalah 0,002188076 m³ / s.

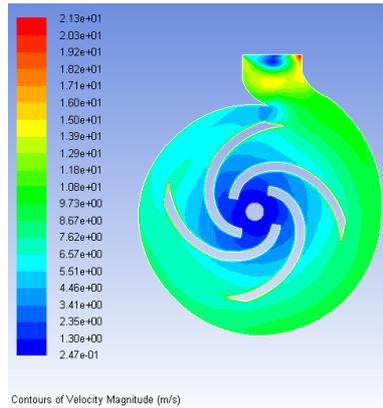
B. Bukaan Kapasitas 90%



Gambar 4.2 Contour kecepatan

kecepatan keluar pada bukaan kapasitas 90 % menuju pipa tekan sebesar 2,373974 m/s. Sedangkan nilai hasil teoritis untuk kecepatan keluar pada bukaan kapasitas 90 % adalah 2,75 m/s. Kapasitas aliran menuju pipa tekan dicari dengan persamaan $Q = A.V$, dimana luas penampang pipa tekan adalah 0,000909 m², sehingga nilai kapasitas aliran menuju pipa tekan dari hasil simulasi adalah 0,002157942 m³ / s.

C. Bukaan Kapasitas 80%



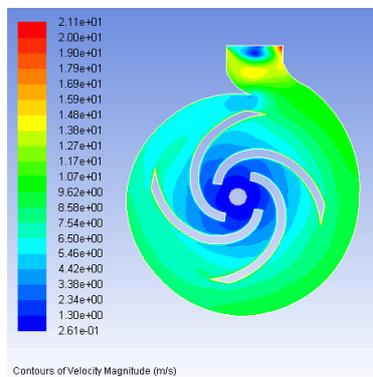
Gambar 4.3 Contour kecepatan

kecepatan keluar pada bukaan kapasitas 80 % menuju pipa tekan sebesar 2,353681 m/s. Sedangkan nilai hasil teoritis untuk kecepatan keluar pada bukaan kapasitas 80 % adalah 2,45 m/s. Kapasitas aliran menuju pipa tekan dicari dengan persamaan $Q = A.V$, dimana luas penampang pipa tekan adalah 0,000909 m², sehingga nilai kapasitas aliran menuju pipa tekan dari hasil simulasi adalah 0,002139496 m³ / s.

D. Bukaan Kapasitas 70%

Bukaan Katub (%)	Kecepatan keluar (m/s)		Galat (%)
	Teoritis	Simulasi	
100	3,06	2,407124	21,3
90	2,75	2,373974	13,6
80	2,45	2,353681	3,9
70	2,14	2,341445	9,4

Tabel 4.1 Perhitungan persen galat kecepatan keluar menuju pipa tekan



Gambar 4.4 Contour kecepatan

kecepatan keluar pada bukaan kapasitas 70 % menuju pipa tekan sebesar 2,341445 m/s. Sedangkan nilai hasil teoritis untuk kecepatan keluar pada bukaan kapasitas 70 % adalah 2,14 m/s. Kapasitas aliran menuju pipa tekan dicari dengan persamaan $Q = A.V$, dimana luas penampang pipa tekan adalah 0,000909 m², sehingga nilai kapasitas aliran menuju pipa tekan dari hasil simulasi adalah 0,002128374 m³ / s..

Tabel 4.2 Perhitungan persen galat kapasitas aliran menuju pipa tekan

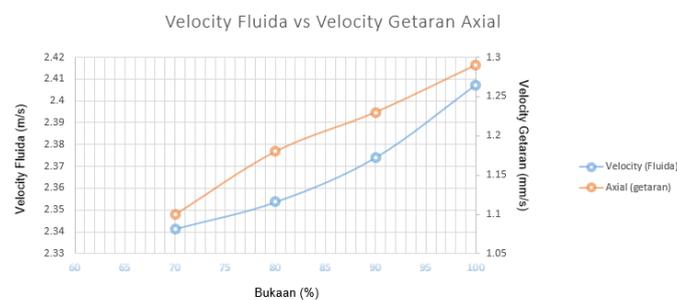
Bukaan Katub (%)	Kecepatan keluar (m/s)		Galat (%)
	Teoritis	Simulasi	
100	3,06	2,407124	21,3
90	2,75	2,373974	13,6
80	2,45	2,353681	3,9
70	2,14	2,341445	9,4

Bukaan (%)	Velocity fluida simulasi (m/s)	Velocity Getaran Axial (mm/s)
100	2.40	1.29
90	2.37	1.23
80	2.35	1.18
70	2.34	1.1

Tabel 4.3 Velocity Fluida vs Velocity Getaran Axial

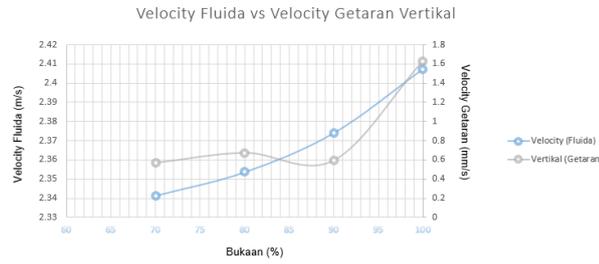
Perbandingan Velocity Fluida Simulasi dan Velocity Getaran pengujian

A. Velocity Fluida vs Velocity Getaran Axial



Gambar 4.5 Velocity Fluida vs Velocity Getaran Axial

B. Velocity Fluida vs Velocity Getaran Vertikal

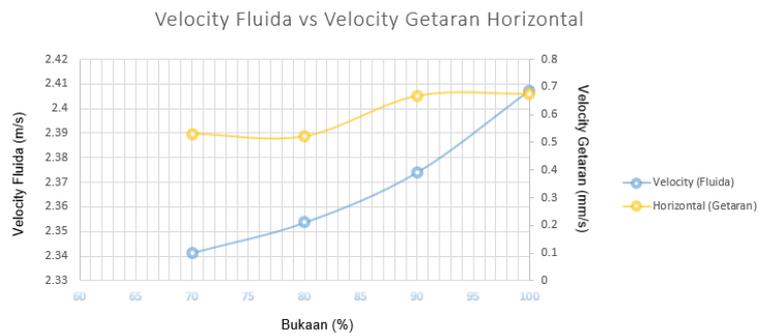


Gambar 4.6 Velocity Fluida vs Velocity Getaran Vertikal

Tabel 4.4 Velocity Fluida vs Velocity Getaran Vertikal

Bukaan (%)	Velocity fluida simulasi (m/s)	Velocity Getaran Vertikal (mm/s)
100	2.407124	1.63
90	2.373974	0.594
80	2.353681	0.674
70	2.341445	0.569

C. Velocity Fluida vs Velocity Getaran Horizontal



Gambar 4.7 Velocity Fluida vs Velocity Getaran Horizontal

Tabel 4.5 Velocity Fluida vs Velocity Getaran Horizontal

Bukaan (%)	Velocity fluida simulasi (m/s)	Velocity Getaran Horizontal (mm/s)
100	2.407124	0.675
90	2.373974	0.667
80	2.353681	0.522
70	2.341445	0.531

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Nilai kecepatan aliran dari hasil simulasi adalah 2,407124 m/s (bukaan katup 100%), 2,373974 m/s (bukaan katup 90%), 2,353681 m/s (bukaan katup 80%), dan 2,341445 m/s (bukaan katup 70%).

Persen galat kapasitas aliran antara teoritis dan simulasi adalah 21,33% (bukaan katup 100%), 13,67 % (bukaan katup 90%), 3,93 % (bukaan katup 80%), dan 9,41 % (bukaan katup 70%).

2. Nilai kapasitas aliran dari hasil simulasi adalah 0,002116279 m³/s (bukaan katup 100%), 0,002086014 m³/s (bukaan katup 90%), 0,002071108 m³/s (bukaan katup 80%), dan 0,002064547 m³/s (bukaan katup 70%).

Persen galat kapasitas aliran antara teoritis dan simulasi adalah 23,82 % (bukaan katup 100%), 16,56 % (bukaan katup 90%), 6,79 % (bukaan katup 80%), dan 6,20 % (bukaan katup 70%). Hasil data spektrum getaran menampilkan rentang terjadinya penomena kavitasi pada pompa destilasi adalah 100.000 CPM sampai 200.000 CPM.

Saran

1. Untuk mendapat mengamati penomen kavitasi dengan Variasi Kapasitas dan tekanan *suction pompa* dapat didukung dengan simulasi *Computational Fluid Dynamics* (CFD).
2. Sebelum Merangkai alat uji perlu diteliti kondisi yang akan digunakan nanti supaya lebih sinkron dengan penelitian ini.
3. Perlu dilakukan penelitian lanjutan mengenai fenomena kavitasi pada pompa sentrifugal dengan menggantikan fluida air dengan minyak (CPO atau minyak mentah).

DAFTAR PUSTAKA

[1] Scheffer, C. dan Girdhar P. *Practical Machinery Vibration Analysis and Predictive Maintenance*. Netherlands, IDC Technologies. 2004.

[2] TSP Series API 610 10th Edition Process Pump. www.trufflo.com didownload pada 20 Juni 2010.

[3] Sularso dan Haruo Tahara. *Pompa dan Kompresor Pemilihan, Pemakaian dan Pemeliharaan*. Edisi Keenam, Jakarta, PT. Pradya Paramita. 2006.

[4] Bilosova, A dan Bilos, J. *Vibration Diagnostics. Investments in Education Development* .Ostrava. 2012

[5] Beekman, W. dan Asdal, R. *Improving Pumping System Performance A Sourcebook for Industry*, Second Edition. Colorado : National Renewable Energy Laboratory. 2006.

[6] Fraser, W. H. *Flow Recirculation In Centrifugal Pumps*. presented as a paper at the 1981 annual ASME meeting.

[7] Berry, J. E. *How To Implement An Effective Condition Monitoring Program Using Vibration Analysis*. Technical Associates Of Charlotte, Inc. Specialists In Predictive Maintenance, Machinery Diagnostics, and Vibration Reduction. SKF – USA. 2011.