

Studi Awal Kajian Bubble Pada Pompa Sentripugal Yang Diukur Dengan Sinyal Vibrasi

Iswan Ansukarto Sukardi ¹⁾, Ikhwansyah Isranuri ²⁾, Zulkifli Lubis ³⁾

1) Mahasiswa Magister Teknik Mesin.

2) Staf Pengajar Teknik Mesin USU

3) Praktisi PDAM Tirtanadi

Abstrak

Kavitasi terjadi saat fluida yang mengalir berada pada daerah yang mengalami perubahan tekanan dengan cepat. Kavitasi didefinisikan sebagai pembentukan rongga kosong dalam aliran fluida dan kemudian pecah. Terjadinya kavitasi merupakan salah satu penyebab turunnya performansi pompa secara tiba-tiba dan ketidakstabilan dalam operasi akan menjadi masalah dalam kerja pompa tersebut. Indikasi kavitasi pada pompa adalah terjadinya getaran yang tinggi dan suara bising dan kerusakan komponen pompa. Salah satu penyebab terjadi getaran tersebut sebagai akibat timbulnya fenomena *bubble* ($P_{opr} < P_{uap\ jenuh}$). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengkaji Karakteristik *Bubble* sebagai indikasi awal terjadinya Fenomena Kavitasi dengan menggunakan sinyal vibrasi.

Metodologi yang digunakan adalah dengan memvariasikan kapasitas dengan menggunakan valve untuk memvariasi bukaan sehingga terjadi fenomena *bubble*. Ukuran *bubble* yang timbul di difoto agar dapat diketahui pengaruhnya besar kapasitas yang terjadi, kemudian juga ditinjau dari besarnya $NPSH_A$ dan *reynold number* menjadi sebagai parameter. Dengan metode ini diharapkan mendefinisikan fenomena *bubble* dengan besarnya vibrasi yang timbul.

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa *bubble* yang timbul mengakibatkan terjadi amplitudo yang besar dengan ditunjukkannya sinyal getaran yang semakin besar pada kapasitas rendah dan semakin besar kapasitas maka vibrasi yang timbul semakin kecil pada head yang semakin kecil. Identifikasi kavitasi diawali oleh timbulnya *Bubble* yang terjadi di pipa isap pada nilai akselerasi 0.305 m/s² pada arah horizontal, 0,242 m/s² pada arah vertikal dan 0,245 m/s² pada arah axial.

Kata Kunci: pompa centrifugal, bubble, kavitasi, pipa isap

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pompa merupakan salah satu mesin aliran fluida hidrolis yang berfungsi untuk memindahkan fluida tak mampat (*incompressible fluids*) dari suatu tempat ke tempat lain dengan cara menaikkan tekanan fluida yang dipindahkan tersebut.

Pompa sentrifugal adalah jenis pompa yang sangat banyak dipakai oleh industri terutama pengolahan dan pendistribusian air bekerja dengan prinsip putaran impeler sebagai elemen pemindah fluida yang digerakkan oleh suatu penggerak mula. Zat cair akan berputar akibat dorongan sudu-sudu dan menimbulkan gaya sentrifugal yang menyebabkan cairan mengalir dari tengah impeler dan keluar melalui

saluran sudu-sudu dan meninggalkan impeler dengan kecepatan tinggi. Cairan dengan kecepatan tinggi ini dilewatkan saluran yang penampangnya makin membesar sehingga terjadi perubahan head (tinggi tekan) kecepatan menjadi head tekanan. Setelah cairan dilemparkan oleh *impeller*, ruang diantara sudu-sudu menjadi *vacuum*, menyebabkan cairan akan terhisap masuk sehingga terjadi proses pengisapan.

Memperhatikan hal tersebut dan dengan luasnya aplikasi penggunaan pompa sentripugal ini, maka diperlukan stabilitas yang tinggi dan performansi yang sangat prima dan dapat diandalkan, dan apabila turunnya performansi pompa secara tiba-tiba dalam operasi sering menjadi masalah dan mengganggu kinerja sistem secara keseluruhan. Turunnya performansi

pompa secara tiba-tiba dan ketidakstabilan dalam operasi akan menjadi masalah, indikasi penyebab turunnya performansi pompa adalah salah satunya disebabkan oleh kavitasi (cavitation).

Kavitasi didefinisikan sebagai pembentukan rongga kosong dalam suatu cairan dengan *high forces* dan kemudian pecah, kavitasi ini terjadi ketika cairan tersebut berada pada daerah yang mengalami perubahan tekanan dengan cepat. Fenomena ini sangat berbahaya dan diketahui sebagai fenomena yang bersifat merusak pada bagian-bagian penting instrument pompa dan menurunkan performansi dari pompa itu sendiri. Dalam hal kavitasi ini bagian pompa yang sering mengalami kavitasi adalah sisi isap pompa. Hal ini terjadi jika tekanan isap pompa terlalu rendah hingga dibawah tekanan uap jenuh.

Penelitian dan Pengujian terhadap kavitasi pada pompa sangat menarik sehingga telah banyak dilakukan oleh beberapa peneliti dan balai pengujian untuk menguji dan beberapa beberapa penyebab dari aspek yang berbeda diantaranya adalah : *J. Jeremi and K. Dayton (2000)* yang mendeteksi kavitasi dimana eksperimen dilakukan pada sebuah pompa sentrifugal, fenomena kavitasi di deteksi dengan pemantauan tekanan masuk dinamik pada *inlet*. Penelitian ini dapat dijadikan indikasi awal terjadinya kavitasi pada pompa dengan munculnya suara bising dan metode ini bisa digunakan untuk mengetahui keausan ring (*seal*). *Theodorus Bayu Hanandoko (2000)*, melakukan kajian terhadap gejala-gejala yang muncul terhadap proses terjadinya kavitasi, penelitian ini memaparkan parameter yang terdiri dari suara berisik, getaran, turunnya performansi dan terjadinya kerusakan impeller sebagai akibat terjadinya kavitasi. *Gultom D (2001)* telah meneliti tentang pengaruh tekanan dan temperatur terhadap kavitasi. Penelitian ini menggambarkan adanya pengaruh tekanan dan temperatur. *Suyanto, Irlham (2007)*, melakukan penelitian kaji eksperimental

fenomena kavitasi pada sudu pompa sentrifugal. Pada penelitian ini parameter yang digunakan untuk mengamati adalah angka *Thoma* (σ), dan hasil yang diperoleh bahwa kavitasi pada sudu pompa sentrifugal intensitasnya semakin besar pada angka kavitasi rendah yang disebabkan oleh tekanan isap yang rendah, temperatur fluida tinggi, kapasitas dan putaran besar. *Bruno Schiavello dan Frank C. Visser (2009)* telah melakukan penelitian terhadap pengaruh NPSHR dan NPSHA mengakibatkan terjadinya kavitasi, dalam penelitian ini digambarkan adanya pengaruh NPSHR dan NPSHA terhadap umur dari impeller. Demikian juga penelitian yang dilakukan oleh *Richmond (2006)* dengan melakukan pengujian terhadap pompa sentrifugal dengan kondisi operasional yang berbeda yang diamati adalah getaran yang diukur dengan arah yang berbeda. Adapun yang diamati adalah gelembung udara yang ditimbulkan.

Dengan mereview penelitian tentang bubble dari penelitian-penelitian yang sudah dilakukan oleh beberapa peneliti terdahulu, penulis mencoba melakukan penelitian terhadap bubble dengan melakukan pengamatan terjadinya *bubbles* serta getaran yang ditimbulkan.

1.2 Perumusan Masalah

Kavitasi yang terjadi akibat pecah *bubble-bubble* dengan jumlah dan dimensi berbagai ukuran yang disertai dengan timbulnya getaran. Terjadinya perubahan jenis aliran dalam pipa dan perubahan tekanan, tekanan yang terjadi mencapai tekanan uap sehingga mengakibatkan terjadi *bubbles* udara yang mengalir sampai disisi masuk di daerah impeller, *bubbles* akan terbawa oleh aliran fluida dan masuk pada daerah yang bertekanan yang lebih tinggi, sehingga *bubbles* tersebut akan pecah dan menimbulkan suara berisik dan terjadi getaran yang spesifik.

1.3 Tujuan Penelitian

1.3.1 Tujuan Umum Penelitian

Tujuan umum dari penelitian ini adalah pemantauan *bubbles* yang timbul pada daerah impeler yang mengakibatkan timbulnya getaran yang spesifik, pengukuran getaran tersebut dilakukan dengan menggunakan sinyal vibrasi getaran dengan memvariasikan valve untuk mendapatkan variasi kapasitas yang masuk pada pipa isap.

1.3.2 Tujuan Khusus Penelitian
Menganalisa fenomena kavitasi dengan menggunakan sinyal getaran agar dapat diketahui hubungan karakteristik getaran dengan karakteristik Bubble.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah :

1. Menyediakan informasi mengenai penerapan teknik pengidentifikasi getaran dan kavitasi pada impeler.
2. Sinyal getaran dapat dijadikan sebagai acuan terjadinya kavitasi sebagai akibat terjadinya *bubbles* yang pecah akibat terjadinya perbedaan tekanan di daerah kerja impeler.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan cara metode eksperimen dengan menggunakan pompa sentrifugal Aquavane KSB Type A32-160 dengan kapasitas 3,5 liter/s dan putaran 1450 rpm. Untuk pompa dengan jenis sentrifugal telah diteliti oleh peneliti sebelumnya diantara seperti tabel dibawah ini:

Nama	Tahun	Topik	Hasil
Zulkifli	2006	Pengaruh jenis bantalan, kapasitas dan tinggi terhadap perilaku pompa	Jenis tapered Roller bearing memberikan hasil respon getaran yang paling rendah dari pada tipe bearing Deep Groove Ball dan Cylindrical Roller Bearing
Zulfikar	2008	Perubahan respon vibrasi akibat pengaruh susunan pompa secara seri	Pengukuran vibrasi pada arah aksial lebih besar dari pada arah vertikal dan horisontal untuk susunan pompa secara seri
Suadiy S.	2008	Karakteristik Vibrasi pada pompa susunan pompa secara paralel	Respon getaran yang terendah pada titik pengukuran pada rumah elektromotor.
Ibuu Hajar	2010	Deteksi kavitasi dengan memvariasikan NPSH _a	Kavitasi akan terjadi apabila NPSH _a dengan nilai 10 m s.d 8.61 (- NPSH _a)
Azul S	2010	Studi eksperimental dengan melakukan Pengamatan pola aliran	Secara visual pola aliran terjadi akibat bil Reynolds dan kavitasi terasah dengan terjadinya turbulensi aliran, diinterpretasikan
M. Halley	2010	Studi Eksperimental deteksi Fenomena Kavitasi dengan menggunakan parameter sinyal getaran dan perubahan temperatur	Pengukuran temperatur fluida di dalam rumah pompa, untuk kondisi 2 jam terjadi peningkatan suhu fluida sebesar 0,01 °C, 0,032 °C, 0,194 °C, menunjukkan terjadi peningkatan awal getaran dan temperatur fluida didalam rumah pompa akibat variasi NPSH _a
Helen R.	2012	Deteksi kavitasi dengan menggunakan Jarak	Kavitasi mulai terdeteksi pada posisi jarak $\alpha = 60^\circ$ dengan karakteristik getaran akselerasi teringgi pada arah horisontal akibat turbulensi fluida mengenai casing pompa, dan terendah pada arah vertikal saat fluida meninggalkan volute.
Desi Ruma H	2012	Uji eksperimental deteksi fenomena kavitasi pada pompa sentrifugal menggunakan sinyal getaran turunan percepatan	Kavitasi dapat terdeteksi lebih awal dengan menggunakan sinyal getaran turunan percepatan (jerk)
Van Ryaal P	2012	Simulasi aliran fluida pada pompa sentrifugal dengan variasi bukaan katup menggunakan CFD dan pengamatan pola aliran untuk identifikasi kavitasi	Tekanan maksimum 70400 Pa pada katup 20% opened dan tek min (di bawah tekanan vapour) sebesar 3814 Pa) dapat mengakibatkan kerusakan pada permukaan karena kavitasi
Hoddi M S	2012	Studi losses energi yang menjadi vibrasi dengan mengkaji fenomena kavitasi menggunakan sinyal getaran pada pompa sentrifugal	Semakin besar bukaan katub, maka losses energi semakin kecil, dengan menggunakan sensor piezo, getaran yang paling besar terdapat pada bukaan katub 20%.

(number : Lab Research Center Noise/Vibration Universitas Sumatera Utara)

Berdasarkan roadmap dari peneliti sebelumnya, penelitian ini melakukan pengamatan terjadinya *bubble* dan perubahan dimensi ya sebagai awal terjadinya fenomena kavitasi didaerah impeller dengan menggunakan casing yang telah dibuat celah yang ditutup dengan bahan *acilric*, pembuatan celah dimaksud agar dapat diamati secara visual *bubbles* yang terjadi. Casing transparan ini berfungsi selain sebagai casing pompa tersebut juga digunakan untuk mengamati secara visual buble yang timbul serta perubahan dimensi dari *bubbles* tersebut. Pengamatan ini dilakukan dengan menggunakan camera digital dengan kecepatan tinggi, kemudian pada saat yang bersamaan dilakukan pengukuran vibrasi dengan sinyal vibrasi.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Karakteristik Pompa

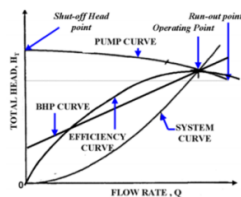
Pompa memiliki fungsi utama diantaranya adalah mensirkulasikan fluida sekitar sistem dan memindahkan fluida dari satu tempat ke tempat lainnya dengan menaikkan tekanan fluida tersebut.

Karena poros pompa berputar, maka impeller dengan sudu-sudu impeller berputar sehingga tekanan dan kecepatannya naik dan terlempar dari tengah pompa ke saluran yang berbentuk *volute* atau spiral dan

disalurkan keluar melalui nosel. Baiknya suatu *performance* suatu pompa tergantung kepada karakteristik dari pompa itu sendiri.

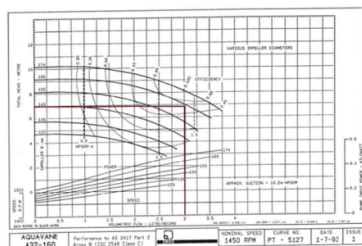
Karakteristik pompa adalah prestasi pompa dalam bentuk grafik hubungan antara *Head*, daya dan Efisiensi terhadap debit. Karakteristik dari pompa sentripugal merupakan cara dimana tinggi tekan tekanan diferensial bervariasi dengan keluaran (*output*) pada kecepatan konstant.

Head dan debit aliran menentukan kinerja sebuah pompa yang secara grafis dalam bentuk kurva kinerja atau kurva karakteristik pompa. Debit aliran pada *head* tertentu disebut titik tugas. Kurva kinerja pompa terbuat dari banyak titik-titik tugas. Titik operasi pompa ditentukan oleh perpotongan kurva sistim dengan kurva pompa sebagaimana ditunjukkan dalam gambar dibawah ini



Gambar 2.3 Titik operasi pompa

Pada gambar diatas Dalam penelitian ini pompa yang digunakan adalah pompa Aquavane yang merupakan hasil penelitian yang dilakukan ooleh peneliti sebelumnya ,dibawah ini adalah kurva tinggi tekan yang ditunjukkan sebagai kapasitas kapasitas peningkatan total tinggi tekan yang terjadi pada pompa dalam hal ini adalah pompa Aquavane yang ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



(sumber : Aquavane A32-160)

Gambar 2.4 Kurva karakteristik pompa sentrifugal Aquavane A32-160

2.1.1 *Head statis total*

Head statis total adalah merupakan perbedaan tinggi antara

permukaan zat cair pada sisi tekan dengan permukaan zat cair pada sisi isap.

2.1.2 *Head Total Pompa*

Head total pompa yang harus disediakan untuk mengalirkan volume fluida air sesuai yang direncanakan dapat ditentukan oleh kondisi instalasi pompa itu sendiri.

2.1.3 *Head Kerugian*

Pada instalasi pipa terdapat kerugian *head*, hal ini dikarenakan adanya gesekan, dan perlengkapan pipa diantara katup, belokan, penyempitan ataupun pembesaran penampang secara mendadak sehingga terjadi turbulensi aliran. Kerugian *head* dapat dibagi atas 2 macam yaitu *mayor head losses* dan *minor head losses*.

Sedangkan untuk kerugian total dari instalasi tersebut adalah penjumlahan *head mayor* dengan *head minor*. Selanjutnya untuk aliran yang laminer dan yang turbulen terdapat persamaan yang berbeda, sebagai patokan apakah suatu aliran itu laminer atau turbulen dipakai bilangan Reynolds.

2.1.4 *Net Positive Suction Head (NPSH)*

Parameter NPSH menunjukan perbedaan antara tekanan sebenarnya cairan dalam pipa dan tekanan uap cairan pada suhu tertentu. NPSH merupakan parameter yang penting untuk mempertimbangkan ketika merancang sebuah sirkuit. Setiap kali penurunan tekanan cairan di bawah tekanan uap, cairan akan mendidih terjadi dan efek akhir akan terjadi kavitasi sehingga *bubbles* yang terjadi dapat mengurangi performance dari pompa.

Agar pompa dapat bekerja tanpa mengalami kavitasi, maka harus dipenuhi syarat yang tersedia lebih besar dari pada NPSH yang diperlukan, maka kavitasi tidak akan terjadi pada pompa apabila:

$NPSHA$ (tersedia) > $NPSHR$ (diperlukan)

2.2 Analisis Getaran

Analisa gerakan adalah merupakan salah satu metode yang sangat tepat untuk menentukan prediksi awal terhadap adanya masalah pada permesinan, hal ini dapat diprediksi dini terhadap kerusakan yang akan terjadi pada bagian-bagian mesin tersebut. Struktur bergetar atau berosilasi karena gaya bervariasi berdasarkan waktu. Getaran dalam struktur hasil dari transformasi energi potensial ke energi potensial ke energi kinetik atau sebaliknya. Energi potensial dalam struktur ditentukan oleh elemen elastisnya, sedangkan energi kinetiknya ditentukan oleh elemen massa. Gerakan dalam mesin dan struktur tidak diharapkan karena menaikkan tegangan dan akan mengurangi energinya.

Semua benda yang mempunyai massa dan elastisitas mampu bergetar, jadi kebanyakan mesin dan struktur rekayasa (*engineering*) mengalami getaran sampai derajat tertentu dan rancangannya biasanya memerlukan pertimbangan sifat osilasinya,

2.2.1 Karakteristik Getaran

Kondisi suatu mesin dan masalah-masalah mekanik yang terjadi dapat diketahui dengan mengukur karakteristik getaran pada mesin tersebut. Karakteristik-karakteristik getaran yang penting antara lain adalah :

- Frekuensi Getaran;
- Perpindahan Getaran (*Vibration Displacement*);
- Kecepatan Getaran (*Vibration Velocity*);
- Percepatan Getaran (*Vibration Acceleration*);
- Phase getaran

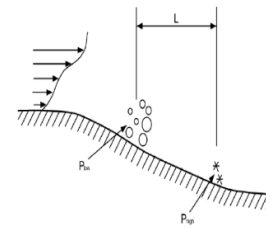
2.2.2 Getaran Harmonik

Getaran harmonik adalah gerak bolak-balik benda melalui suatu titik keseimbangan tertentu dengan banyaknya getaran benda dalam setiap

detik selalu sama. Setiap komponen yang bergetar memiliki gerak periodik.

2.3 Kavitasasi dan Peristiwa terjadinya *Bubble*

Istilah Kavitasasi berasal dari kata *cavus* yang merupakan dari bahasa Yunani yang berarti ruang kosong atau rongga. *Webster's dictionary* mendefinisikan kavitasasi sebagai pembentukan cepat dan runtuhnya rongga dalam cairan yang mengalir di daerah tekanan sangat rendah, jadi kavitasasi adalah suatu peristiwa terbentuknya *bubble-bubble* uap di dalam cairan yang sedang mengalir karena tekanan cairannya berkurang sampai di bawah tekanan uap jenuh cairan pada suhu operasi pompa, dibawah ini dapat dilihat proses terjadinya kavitasasi



Gambar 2.11 Kavitasasi

Terjadinya gejala kavitasasi terjadi karena menguapnya zat cair yang sedang mengalir didalam pompa atau diluar pompa, karena tekanannya berkurang sampai dibawah tekanan uap jenuhnya apabila zat cair mendidih, maka akan timbul bubble-bubble uap zat cair. Penurunan tekanan pada pompa sentrifugal pada umumnya disebabkan oleh beberapa hal, antara lain :

- Kenaikan gaya angkat statis dari pompa sentrifugal
- Penurunan tekanan atmosfer seiring dengan bertambahnya ketinggian/elevasi
- Penurunan tekanan absolut sistem, seperti dijumpai pada pemompaan fluida dari tabung vakum.
- Kenaikan temperatur fluida yang dipompa.

Dari fenomena tersebut, dapat jelas terlihat, kavitasasi pada pompa ini akan mengancam permukaan/ sisi masuk

dari impeller sehingga akan menurunkan performa dari pompa tersebut, hal ini karena terjadinya pengurangan tekanan statis dengan nilai dibawah tekanan uap cair. Tekanan statis dalam sistem hisap eksternal terjadi terutama disebabkan gesekan pada pipa isap. Dan pengurangan tekanan statis dalam sistem hisap internal terjadi terutama disebabkan oleh kenaikan pada mata *impeller*.

Secara umum dapat disimpulkan bahwa terjadinya kavitasi akan mengakibatkan beberapa kerugian sebagai berikut :

1. Penurunan *head* dan kapasitas pemompaan
2. Penurunan efisiensi pompa
3. Pecahnya *bubble-bubble* uap saat melalui daerah yang bertekanan lebih tinggi akan menyebabkan suara berisik, getaran dan kerusakan pada beberapa komponen terutama *impeller* dan *difuser*.

Kavitasi dibagi atas 4 (empat) macam pada pompa *centrifugal* berdasarkan penyebabnya yaitu :

1. Kavitasi pada suction (*Suction cavitation*).
2. *Recirculation Cavitation*.
3. *Incipient cavitation*
4. *Vane passing Syndrome cavitation*

2.3.1 Karakteristik *Bubble*

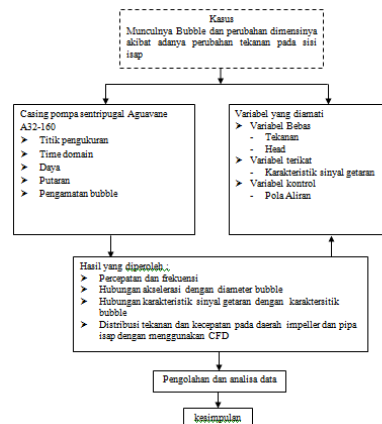
Seperti yang telah disampaikan sebelumnya, kavitasi adalah suatu fenomena yang terjadi dalam cairan. Dengan meningkatnya kecepatan dan berkurangnya tekanan dibawah tekanan uap cairan akan menimbulkan *bubble*, *bubble* ini akan bergerak sesuai arah gerak fluida, terjadi tekanan fluida perlambatan fluida dan peningkatan tekanan fluida maka menyebabkan *bubble* akan “meledak”. Ukuran *bubble* dimulai membesar dari ukuran sebelumnya, pecahnya *bubble* tersebut pada saat diameter *bubble* maksimal. Besarnya diameter maksimal *bubble* itu sebesar 100 kali dari ukuran inti/ ukuran awalnya *bubble*, dibawah ini

dapat diperlihatkan ukuran *bubble* dengan bilangan *mach bubble*.

2.4 Kerangka Konsep

Penelitian yang akan dilakukan adalah experiment yang dilakukan pada 1 (satu) unit pompa dan hasil yang didapat dalam suatu penelitian dipengaruhi oleh variabel penelitian itu sendiri.

Adapun kasus yang akan diamati adalah awal timbulnya *bubble* didaerah impeller dan perubahan dimensi yang terjadi seiring dengan perubahan getaran yang terjadi, Hasil yang diperoleh dari pengukuran meliputi respon getaran dari casing dan pengamatan melalui casing transparan yang sebelumnya telah di desain, dari data pengukuran tersebut akan dilakukan pengolahan data.



Gambar2.12 Kerangka Konsep

3. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan waktu

Pelaksanaan penelitian ini direncanakan dilakukan di Laboratorium *Noise and Vibration*, gedung Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara, Medan dengan perencanaan waktu pelaksanaan selama ± 8 bulan.

3.2 Bahan, Peralatan dan Metode

3.2.1 Bahan

Dalam penelitian ini, subjek penelitian adalah instalasi pompa sentrifugal pada stasiun pengolahan

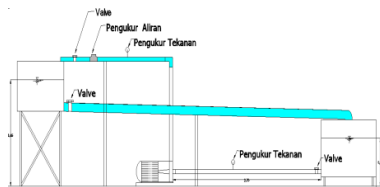
dan pendistribusian air. Adapun spesifikasi pompa sebagai berikut :

Merk	:	Aquavane KSB
Putaran	:	1450 rpm
Daya	:	746 watt (1 hp)
Tipe	:	A32-160
Kapasitas	:	3 ltr/dt
Voltage	:	230 Volt

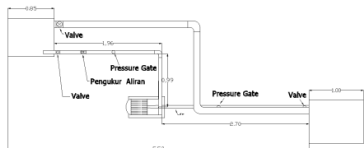


Gambar 3.1 Pompa Sentrifugal

Adapun instalasi pompa yang digunakan pada Laboratorium *Noise and Vibration*, gedung Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara adalah sebagai berikut:



Gambar 3.3 Instalasi pompa dan pendukungnya setelah di set up (tampak depan)



Gambar 3.4 Instalasi pompa dan pendukungnya setelah di set up (tampak atas)

3.2.2 Peralatan

Alat yang digunakan merupakan alat yang digunakan oleh peneliti sebelumnya yaitu oleh Zulkifli, dan Ibnu Hajar, namun dalam penelitian ini ada beberapa tambahan instrument yang

digunakan yaitu akan dipasangkan casing duplikat yang dicor yang pada bagian tertentu diberikan dinding transparan yang terbuat dari *acrylic* agar dapat diamati secara visual gelembung yang terjadi. Adapun alat yang digunakan dibagi 2 macam yaitu :

A. Peralatan pengujian:

- *Sump tank*
- Pompa sentrifugal *Aquavane*
- Instalasi pipa *acrylic* diameter 2"
- Kamera digital *high speed* merk sony type SLT-A77V

B. Peralatan Pengukuran:

- Meter air (*flow meter*)
- *Manometer gauge*
- *Manometer vacum*
- Katup pengatur 2,5"
- Katup 2,5" disisi discharge
- *Digital photo contact tachometer*
- Alat ukur getaran

3.2.3 Metode

Penelitian terhadap karakteristik bubble yang muncul di daerah *impeller* pada pompa centrifugal yang dilakukan secara eksperimental dengan tahapan sebagai berikut:

A. Untuk Pengukuran Getaran Pompa

1. Set up pompa centripugal
2. Metode pengukuran vibrasi

B. Pengamatan *Bubbles*

1. Saat dilakukan pengambilan data vibrasi, bubble yang terjadi juga diamati dan diabadikan melalui Kamera digital *high speed* merk Sony type SLT-A77V;
2. Lakukan pengambilan gambar secara berulang berdasarkan variasi bukaan dari valve pada pipa isap dan beraturan sesuai pengambilan data vibrasi.

3.3 Pengolahan dan analisa Data

Data yang diperoleh berupa data dinamis selanjutnya ditransfer ke komputer untuk diolah dan ditampilkan dalam bentuk table dan grafik. Hasil pengolahan data tersebut yang berupa laporan akan dianalisa untuk mengetahui pengaruh *bubble* yang

terjadi terhadap karakteristik getaran yang terjadi. Adapun variable yang diamati adalah :

- 1) Frekuensi dan *accelerasi* pada jerk
- 2) Kapasitas pompa
- 3) Putaran pompa
- 4) Tekanan pada sisi isap dan tekan
- 5) *Bubble* yang terjadi setiap bukaan
- 6) Tegangan input maksimum
- 7) Tegangan input minimum

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pelaksanaan penelitian ini dilakukan pada sebuah instalasi pompa yang telah dilengkapi dengan instalasi pipa dan instalasi listrik, bak penampung air, yang telah dilengkapi dengan alat ukur baik alat ukur aliran air ataupun tekanan air dalam pipa. Pompa sebagai objek penelitian dipasang dengan nilai $NPSH_R$ pompa adalah 10,20 m yang diperoleh dari pabrik pembuat pompa, sedangkan instalasi pompa tersebut dilakukan perubahan pada pipa isap yaitu menambah panjang pipa isap dengan total panjang pipa isap sebesar 2,7 m.

Pengambilan data yang dilakukan untuk mendapatkan karakteristik bubble adalah dengan melakukan mengontrol bukaan valve pada pipa isap dengan bukaan 100 %, 75%,50% dan 25% dan perilaku getaran berupa displasment, velocity dan *accelerasi* berdasarkan *time domain*. Untuk pengamatan *bubble* digunakan camera high speed agar dapat diketahui karakteristik *bubble* dengan mengukur karakteristik getaran yang terjadi.

Pompa yang digunakan pada penelitian ini adalah pompa yang juga digunakan oleh penelitian sebelumnya dengan spesifikasi pompa sebagai berikut:

- Jenis pompa : Sentrifugal
- Merk : KSB
- Tipe : Aquavane A 32-160

4.1 Tinggi Tekan (Head) pompa

Tinggi tekan pompa dari sistem adalah merupakan penjumlahan dari tinggi tekan static dan kehilangan tinggi tekan.

4.1.1 Tinggi Tekan Statis (Head Static)

Memperhatikan gambar instalasi dibawah ini penulis melakukan perubahan panjang yaitu memperpanjang pipa isap dan membuang *elbow* untuk mengurangi rugi-rugi minor pada sisi pipa isap.

Memperhatikan hasil dari persamaan diatas, maka nilai *head static* yang terjadi pada pompa centrifugal yang digunakan pada penelitian ini adalah 0.9 m.

4.1.2 Head losses yang terjadi pada pipa Isap

- a. *Mayor Losses* pada pipa isap
- b. *Minor Losses* untuk katup isap
- c. *Minor losses* untuk sambungan (Tee)

4.1.3 Head losses yang terjadi pada Pipa Tekan

- a. *Mayor losses* pada pipa tekan,
- b. *Minor losses* pada elbow,
- c. *Minor losses* pada Tee (sambungan),
- d. *Minor Losses* pada *flowmeter*,
- e. *Minor Losses* pada valve
- f. *Minor Losses* pada kecepatan air keluar pipa tekan

4.2 Hubungan variasi bukaan dengan $NPSH_A$

$NPSH$ yang akan dihitung adalah $NPSH$ yang tersedia yaitu head yang dimiliki oleh zat cair pada sisi isap pompa.

Tabel 4.1 Hubungan bukaan katup dengan

$HPSH_A$		
Kapasitas (l/sec)	$h_{suc} (m)$	$NPSH_A (m)$
2,83	0,2513	10,33
2,63	0,2986	10,27
2,88	0,5034	10,07
2,0	1,7324	8,84

Memperhatikan perhitungan $NPSH_A$, pada tabel diatas, nilai $NPSH_A$ pada bukaan 100% adalah 10,33 m jika dibandingkan nilai dengan $NPSH_R$ yang ditentukan oleh pabrik pompa yaitu sebesar 10,20 m, maka $NPSH_A > NPSH_R$. Dari tabel diatas juga dapat disimpulkan bahwa $NPSH_A$ dibawah

nilai $NPSH_R$ berada pada bukaan 50%, sehingga pada bukaan tersebut telah terjadi kavitasi.

4.3 Hubungan kapasitas dengan tinggi tekan yang divariasikan

Hubungan kapasitas dengan tinggi tekan yang divariasikan dalam penelitian ini, dengan menggunakan persamaan *Bernoulli* yaitu :

$$P_1 = -\gamma((Z_1 + Z_2) + \frac{V_1^2}{2g} - h_d)$$

Dengan menggunakan cara yang sama, dengan memvariasikan *head* maka tekanan pada manometer tekan dapat diketahui sesuai pada tabel dibawah ini, sedangkan untuk menentukan kapasitas ditentukan dengan cara memvariasikan valve pada pipa isap dan pada pipa tekan.

Tabel. 4.2 Hubungan variasi *head*, tekanan pada manometer tekan dan kapasitas

Variasi <i>head</i> (m)	Tekanan manometer tekan(kgf/cm ²)	Kapasitas (l/sec)
2	0,24	3,4
3	0,34	3,3
4	0,44	3,1
5	0,54	2,7
6	0,64	1,9
7	0,74	1,1
8	0,84	0

4.3.1 Analisa putaran dengan memvariasikan valve pada pipa isap

Melalui pengujian yang dilakukan yaitu memvariasikan *valve* (assumsi diameter pipa isap pada setiap bukaan memiliki lingkaran yang sebangun untuk setiap perubahan luas maka didapat perubahan putaran poros pompa, sesuai tabel dibawah ini.

Tabel 4.3 Hubungan variasi bukaan *valve*

N	Q(l/se	Varia	P	P _{suc}	n
O	c)	si	Vakum	(kg/cm ²)	(rp
		Buka	(in.H		m)
		an	g)		
1	2,83	100	0	0,50	138
2	2,63	75	0	0,49	144

3	2,88	50	0	0,48	145
4	2,0	25	-19	0,25	145
					2

4.4 Karakteristik getaran pada pompa dengan variasi katup pada pipa isap

Pengukuran respon getaran pada pompa dengan variasi katup pada pipa isap yaitu melakukan variasi katup bukaan 25%, 50%, 75% dan buka 100 %.

Adapun hasil pengukuran getaran pada pompa sentrifugal adalah sebagai berikut :

Tabel 4.4 Data pengukuran time domain untuk bukaan 100%

Direction	Axial	Vertikal	Horizontal
Acceleration(m/s ²)	0,241	0,264	0,286

Tabel 4.5 Hasil perhitungan ωt dan amplitudo untuk bukaan 100 %

Direction	Axial	Vertikal	Horizontal
ω (rad/s)	2.19E-03	3.35E+03	3.60E+03
ωt (rad)	6.281104	6.280101	6.281135
t(sec)	2.87E-03	1.87E-03	1.75E-03
A (m)	-1.58E-05	-7.37E-06	-6.96E-06

Tabel 4.6 Data pengukuran time domain untuk bukaan 75%

Direction	Axial	Vertikal	Horizontal
Acceleration(m/s ²)	0,247	0,232	0,288

Tabel 4.7 Hasil perhitungan ωt dan amplitudo untuk bukaan 75 %

Direction	Axial	Vertikal	Horizontal
ω (rad/s)	2.20E+03	2.47E+03	3.52E+03
ωt (rad)	6.2793	6.29089	6.2694
t(sec)	2.86E-03	2.55E-03	1.78E-03
A (m)	-1.60E-05	-1.01E-05	-7.22E06

Tabel 4.8 Data pengukuran time domain untuk bukaan 50 %

Direction	Axial	Vertikal	Horizontal
Acceleration(m/s ²)	0,245	0,242	0,305

Tabel 4.9 Hasil perhitungan ωt dan amplitudo untuk bukaan 50 %

Direction	Axial	Vertikal	Horizontal
ω (rad/s)	2.11E+03	2.72E+03	3.36E+03
ωt (rad)	6.2799	6.2800	6.2789
t (sec)	2.98E-03	2.31E-03	1.87E-03
A (m)	-1.73E-05	-1.03E-05	-8.50E-6

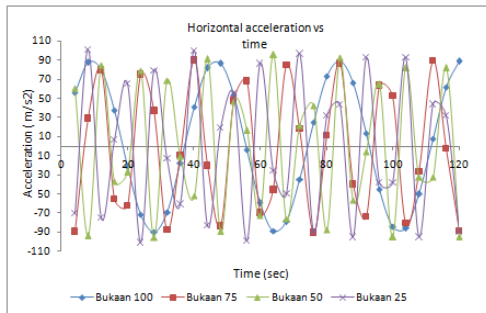
Tabel 4.8 Data pengukuran time domain untuk bukaan 25 %

Direction	Axial	Vertikal	Horizontal
Acceleration(m/s ²)	0,314	0,214	0,323

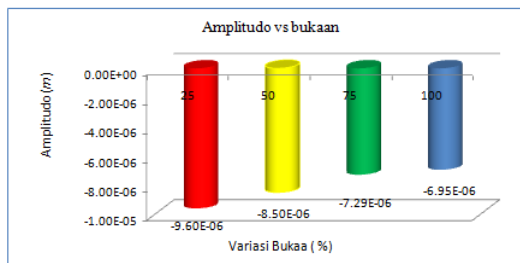
Tabel 4.9 Hasil perhitungan ωt dan amplitudo untuk bukaan 25 %

Direction	Axial	Vertikal	Horizontal
ω (rad/s)	2.59E+03	2.39E+03	3.25E+03
ωt (rad)	6.28003	6.28002	6.28031
t (sec)	2.42E-03	2.63E-03	1.93E-03
A (m)	-1.74E-05	-1.50E-05	-9.60E-06

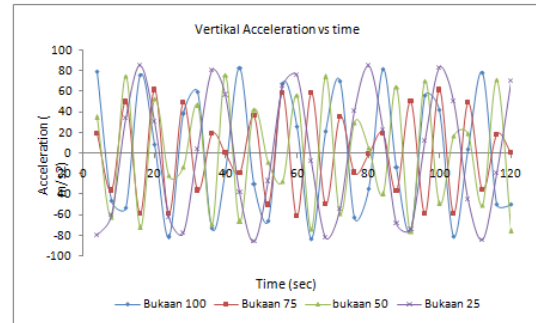
Adapun tujuan pelaksanaan pengukuran ini adalah untuk menemukan karakteristik getaran dari pompa terhadap fenomena *bubble*. Hasil pengolahan data berdasarkan arah adalah sebagai berikut:



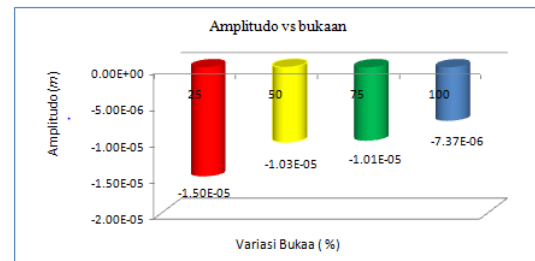
Gambar 4.1 Grafik perbandingan nilai akselerasi pada arah horizontal



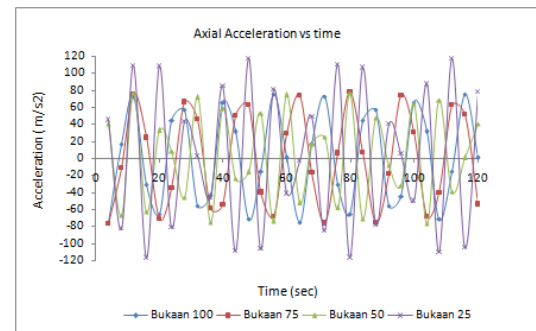
Gambar 4.2 Grafik perbandingan nilai amplitudo arah horizontal



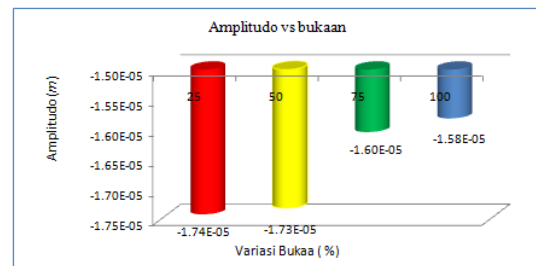
Gambar 4.3 Grafik perbandingan nilai akselerasi pada arah vertikal



Gambar 4.4 Grafik perbandingan nilai amplitudo arah vertikal



Gambar 4.5 Grafik perbandingan nilai akselerasi pada arah Axial

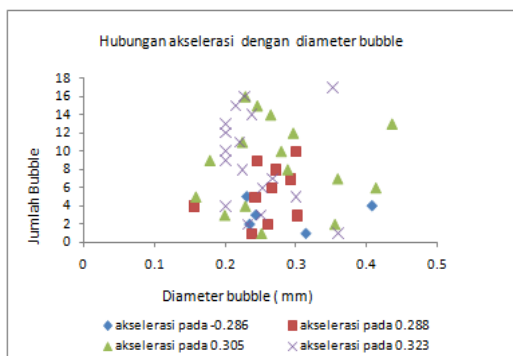


Gambar 4.6 Grafik perbandingan nilai amplitudo arah axial

4.5 Karakteristik Bubble yang timbul

Berdasarkan hasil pengamatan pada pompa centrifugal tersebut bahwa terjadinya perubahan putaran pada poros pompa dan perubahan vibrasi yang kemudian diikuti terjadi *bubble* yang dimulai pada sisi pipa isap .

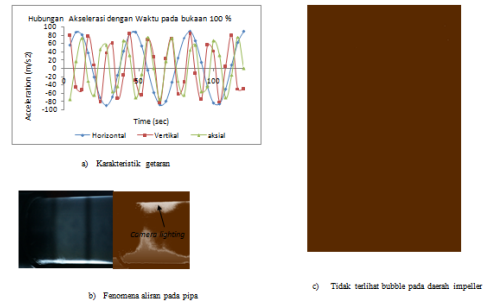
Dengan terjadi getaran yang sangat spesifik sehingga terjadinya amplitude yang besar yang diakibatkan oleh timbulnya *bubble* pada pipa isap pada tekanan -19 inHg. Pengamatan *bubble* dilakukan dengan menggunakan camera high speed merk Sony type SLT-A77V. Maka dapat diketahui diameter *bubble* sebagaimana gambar dibawah ini:



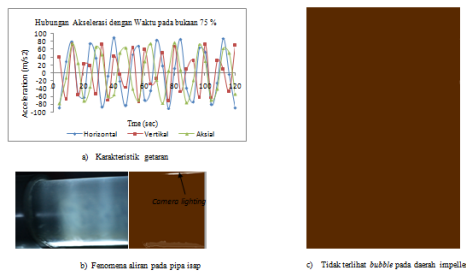
Gambar 4.7 Grafik hubungan jumlah bubble dengan diameter bubble pada akselerasi

4.6 Hubungan Karakteristik Getaran dengan fenomena kavitasi.

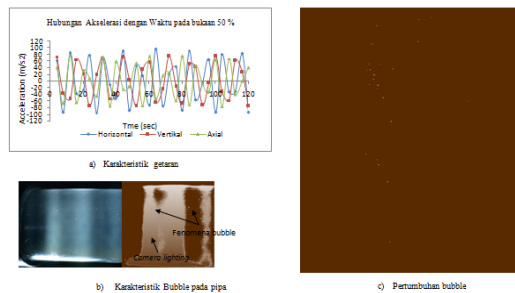
Hubungan Karakteristik getaran dengan fenomena kavitasi didapat dengan melakukan pengambilan data. Dalam pengamatan yang dilakukan secara visual pada pipa isap saat masuk ke sisi masuk impeller telah terjadi pertumbuhan *bubble* pada bukaan 50% dengan nilai akselerasi 0,305 m/s², telah terjadi kavitasi karena *bubble* telah pecah, secara visual *bubble* tidak terlihat pada impeller, selanjutnyadapat diperlihatkan pada gambar dibawah ini.



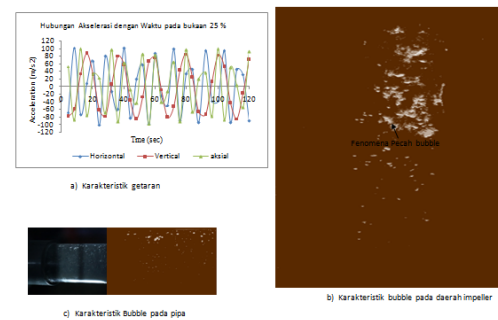
Gambar 4.8 Hubungan Karakteristik getaran dengan karakteristik bubble pada bukaan 100%



Gambar 4.9 Hubungan Karakteristik getaran dengan karakteristik bubble pada bukaan 75%



Gambar 4.10 Hubungan Karakteristik getaran dengan karakteristik bubble pada bukaan 50%



Gambar 4.11 Hubungan Karakteristik getaran dengan karakteristik bubble pada bukaan 25%

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan tujuan penelitian yaitu pemantauan *bubbles* yang timbul pada daerah impeler yang mengakibatkan timbulnya getaran yang spesifik, maka berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Fenomena Kavitasi telah terjadi pada bukaan 50% dengan kapasitas aliran $2,29E-03$ sudah terindikasi karena telah terjadi bubble pada pipa isap dengan akselerasi $0,305 \text{ m/s}^2$, dengan amplitudo $-8.50E-06$ pada arah horizontal dan bilangan reynolds 285.844.
2. Peristiwa pecahnya bubble hanya bisa terlihat di impeller pada bukaan 25 % dengan kapasitas aliran $2,0E-03 \text{ m}^3/\text{sec}$ pada akselerasi $0,322 \text{ m/s}^2$ dengan amplitudo $-9,60E-06$.

5.2 Saran

Untuk pengembangan lebih lanjut dalam penelitian selanjutnya, maka dapat disampaikan saran-saran sebagai berikut:

1. Untuk mendapat mengamati bubble yang terjadi dapat dilakukan dengan memodifikasi casing pompa dengan transparan sehingga dapat terlihat lebih jelas.
2. Diperlukan ketelitian dalam melakukan pengukuran *bubbles* dengan camera yang lebih tinggi *high speed* untuk pengamatan *bubble*.
3. Untuk penelitian lebih lanjut juga perlu ditambahkan alat ukur kecepatan pada pipa isap.

Daftar Pustaka.

Brennen, C. E. *Cavitation and Bubble Dynamics*. Amerika, Oxford University Press. 1995.
 Beekman, W. dan Asdal, R. *Improving Pumping System Performance A Sourcebook for Industry*, Second

Edition. Colorado : National Renewable Energy Laboratory. 2006.

Girdhar, P. dan Octo Moniz. *Practical Centrifugal Pumps Design, Operation and Maintenance*. Netherlands, IDC Technologies. 2005

Gultom, D. Study Eksperimen Pengaruh Tekanan dan Temperatur pada Kavitasi. Teknik Mesin ITS. 2001

Hanandoko, TB. Deteksi Instalasi Pompa Sentrifugal Terhadap Gejala Kavitasi. Jurnal Teknologi Industri Vol. IV. 2000

Hajar, I., Ikhwanasyah, I., Syam, B., dan Tugiman. Studi Eksperimental Deteksi Fenomena Kavitasi pada Pompa Sentrifugal Menggunakan Sinyal Getaran untuk *Condition Monitoring*. Maestruct 2010 *Proceedings the 5th Regional Seminar on Materials, Energy, and Structure*. Medan. 2010.

Harris, Cyril M. dan Allan G. Pierse. *Harris' shock and Vibration Handbook*. New York, McGraw Hill. 2002.

J Michael Robichaud. P. *Reference Standart for Vibration Monitoring and Analysis*. Canada, Bretech Engineering Ltd, 70 Crown Street. 2001.

J. Jeremy and D. Kenwood. *Detecting Cavitation in Centrifugal Pumps*. Experimental Results of the Pump Laboratory. 2000.

Kelly, S. Graham. *Fundamentals of Mechanical Vibration*. New York. Second Edition, McGraw-Hill. 2000.

Kihong Shin and Hammond, Joseph K. *Fundamentals of Signal Processing for Sound and Vibration Engineers*. England. John Wiley & Sons Ltd, The Atrium, Southern Gate, Chichester West Sussex. 2008.

K. A. Mohammed. *Cavitation in Centripugal Pumps*. Diyala Journal of Engineering .College of Engineering – University of Diyala. 2010

- Pain, H. J. *The Physics of Vibrations and Waves*. 6th Edition. London, John Wiley & Sons, Ltd. 2005.
- Richmond, V. A. *Air Bubble and Cavitation Vibration Signatures of a Centrifugal Pump*. SpectraQuest Inc. 2006.
- R.Krishna and J Ellenberger. *Influence of low Frequency Vibrations on Bubble and drop sizes formed at single orifice*. Chemical Engineering and Processing. 2002. Scheffer, C. dan Girdhar P. *Practical Machinery Vibration Analysis and Predictive Maintenance*. Netherlands. 2002.
- Scheffer, C. dan Girdhar P. *Practical Machinery Vibration Analysis and Predictive Maintenance*. Netherlands, IDC Technologies. 2004.
- Suyanto, Irham, 2005, "Studi Eksperimental Fenomena Kavitasi Pada Sudu Pompa Sentrifugal", Tugas Akhir: ITS.2005
- Sularso dan Haruo Tahara. *Pompa dan Kompresor Pemilihan, Pemakaian dan Pemeliharaan*. Edisi Keenam, Jakarta, PT. Pradya Paramita. 2006.
- Schiavello, B and Visser, F. C. *Pump Cavitation – Various NPSHR Criteria, NPSHA Margins, and Impeller Life Expectancy*. Proceedings of The Twenty Fifth International Pump Users Symposium. New Jersey. 2009
- Sitorus, A., dan Ikhwansyah, I. Studi Eksperimental Fenomena Kavitasi pada Pompa Sentrifugal Melalui Pengamatan Pola Aliran yang Diintegrasikan terhadap Perilaku Sinyal Vibrasi. *Maestruct 2010 Proceedings the 5th Regional Seminar on Materials, Energy, and Structure*. Medan. 2010.
- Sahdev, M. *Centrifugal Pumps : Basic Concepts of Operation, Maintenance, and Troubleshooting (Part-I)*. Presented at The Chemical Engineers' Resource Page, www.cheresources.com. Diakses dari www.idcon.com/pdf-doc/centrifugal_pump.pdf pada tanggal 17 November 2011.
- Sahdev, M. *Centrifugal Pumps : Basics Concepts of Operation, Maintenance, and Troubleshooting, Part II*. Presented at The Chemical Engineers' Resource Page, www.cheresources.com. Diakses dari www.idcon.com/pdf-doc/centrifugal_pump.pdf pada tanggal 17 November 2011.
- Tipe kavitasi didownload dari www.irrigationcraft.com/cavitation_types.htm pada 12 Desember 2011.