

LAPORAN TUGAS AKHIR
MODIFIKASI ALAT PERCOBAAN KAVITASI PADA VENTURE
DENGAN POMPA JENIS TURBIN
UNTUK FLUIDA AIR SISTEM TERTUTUP



Diajukan Untuk Melengkapi Syarat Akhir Studi Pada Program
Studi Diploma III Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Diponegoro
Semarang

Disusun oleh:
Muhamad Angga A.
LOE 005 419

PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2008

HALAMAN PENGESAHAN

Laporan Tugas Akhir dengan judul “**Modifikasi Alat Percobaan Kavitasi Menggunakan Venture Pada Fluida Sistem Tertutup**” telah disahkan oleh Program Studi Diploma III teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang.

Semarang, Juni 2008

Tim Penguji :

- 1.
- 2.
- 3.

Mengetahui,
Dosen pembimbing

Bambang Setyoko, ST
NIP. 132 205 674

Ketua Program Studi
Diploma III Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Diponegoro

Ir. Sutomo, M.Si
NIP. 131 698 935

MOTO DAN PERSEMBAHAN

MOTO

- ☞ “Sekali melangkah pantang menyerah, sekali tampil harus berhasil”
- ☞ “Berdoa, berusaha, bersabar, ikhlas, dan bersyukur adalah jalan keselamatan”
(Penulis)
- ☞ “Datang bersama – sama adalah suatu permulaan, tetap bersama – sama adalah suatu kemajuan, bekerja bersama – sama adalah suatu kesuksesan”
(Aristoteles)
- ☞ ”Nilai dari seseorang ini ditentukan dari kebenarannya dalam memikul tanggung jawab, mencintai hidup dan pekerjaannya”
(Khalil Gibran)
- ☞ ”Waktu tidak dapat kembali, jadi manfaatkan waktu itu dengan sebaik – baiknya sebelum menyesalinya”
(Penulis)

PERSEMBAHAN

Laporan ini dipersembahkan kepada :

1. Segenap keluarga besar Universitas Diponegoro.
2. Orang tua dan seluruh anggota keluarga penulis.
3. Rekan – rekan mahasiswa PSD III Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang.
4. Semua orang yang mencintai ilmu pengetahuan.
5. Semua pihak yang telah memberikan pembelajaran.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayahnya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini dengan baik dan lancar tanpa ada halangan yang berarti. Laporan ini penulis susun sebagai syarat untuk menyelesaikan studi di Program Studi Diploma III Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.

Pada kesempatan ini tidak lupa penulis ucapkan terima kasih kepada beberapa pihak yang telah membantu penulis dalam menyusun laporan Tugas Akhir, yaitu kepada :

1. Bapak Ir.H.Syeh Qomar M.T. selaku Ketua Program Diploma Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.
2. Bapak Ir.Sutomo M.Si selaku Ketua Jurusan PSD III Teknik Mesin Universitas Diponegoro.
3. Bapak Bambang Setyoko. ST, selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir dan Dosen Wali yang telah memberikan bimbingan, pengarahan, petunjuk dengan sabar dan bijaksana.
4. Seluruh dosen, staf, dan karyawan Program Studi Diploma III Teknik Mesin Universitas Diponegoro.
5. Orang tua kami yang tiada hentinya memberikan semangat dan bantuan, baik secara moril maupun materiil.
6. Rekan-rekan mahasiswa Diploma III Teknik Mesin Universitas Diponegoro, khususnya angkatan 2005.
7. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah memberikan bantuan baik secara langsung maupun tidak langsung dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih banyak kekurangan dan jauh dari sempurna . Untuk itu, saran dan kritik yang membangun sangat penulis harapkan guna penyusunan laporan selanjutnya.

Akhir kata penulis berharap semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi penulis sendiri khususnya maupun bagi pembaca pada umumnya..

Semarang , Juni 2008

Penulis

ABSTRAK

“Kavitasi adalah timbulnya gelembung – gelembung dalam aliran fluida akibat penurunan tekanan sehingga tekanan tersebut dibawah tekanan uap jenuhnya. Suara gaduh dan getaran yang disebabkan kavitasi terdengar saat pompa sedang beroperasi, jika operasi dilanjutkan mengakibatkan turunnya kerja suatu pompa. Akibat yang berlanjut ditimbulkan kavitasi adalah rusaknya instalasi dan pompa tersebut. Perancangan kembali alat uji kavitasi yang sudah dimodifikasi untuk membandingkan antara pemakai venturi berbentuk tabung dengan berbentuk persegi panjang. Untuk menghasilkan data karakteristik dan sejauh mana pengaruh kavitasi pada venturi tersebut. Sehingga dapat dianalisa sejauh mana pengaruh kavitasi terhadap head, debit, putaran, efisiensi dan faktor kerugian dengan berbagai macam variasi suhu serta menggunakan fluida air dan kerosin. Dengan menggunakan dua sistem instalasi terbuka dan tertutup diharapkan pengujian ini dapat mengetahui perbedaan saat kondisi vakum dan bertekanan sesuai lingkungan. Dari hasil pengujian dan analisa data pengaruh kavitasi pada venturi menggunakan fluida air sistem tertutup sehingga dapat diperoleh data sebagai berikut: head total 4,059 m, debit maksimal 17,5 L/ min pada suhu 20 °C dan debit terendah 15,5 l/m dan head total 3,134 m pada suhu 60 °C, sedangkan putaran maksimal 2029 rpm pada suhu 50 °C. Dari hasil percobaan dapat ditarik suatu kesimpulan karakteristik kavitasi yang terjadi pada suhu yang berbeda.

Kata kunci : kavitasi, head, debit, air, venturi.

“cavitation is water hammer emergence in the fluid flow because of the decrease, so the pressure is below its saturated vapor pressure. Cavitation causes noise and vibration which heard in a pump operation. If we keep operation the pump, cavitation will causes the decline of the pump work and in the next level, it will damage the instalation and the pump it self. The rearragement of the experience tool have been modified in order to compare between the use of cylindrical venturi and cubic venturi. The experiment is aimed to get the carecteristic data and now for the cavitation influence to ward the head, flow rate, rotation, efecyenci, and friction coeficient with varios temperature and it also rules water fluid and kerosene. By using the instalation system opened and closed, hopefully this experiment could reveal the difference, both in the vacum inthe atmosphere pressure condition. From the ressalt of the experiment and the data analysis influince cavitation in venturi with water fluid. It could be known caracteristic of the cavitation influence with total head 4,059 m, maximum flow rate 19 l/m in 20 °C and the minimum flowrate 17,5 L/m and total head 3,134 m in 60 °C of temperature, mean while the maximum temperature, than the maxium rotation 2029 rpm in 50 °C. From the result of experiment conclusion couldbe drawn that carecteristic of cavitation happened in the defferent temperature.”

Word key : cavitation, head, flowrate, water, venturi.

DAFTAR ISI

Halaman Judul	
Halaman Pengesahan	
Moto dan Persembahan	
Kata Pengantar	
Abstrak	
Daftar Isi	
Daftar Gambar	
Daftar Tabel	
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang Masalah	
1.2. Maksud dan Tujuan	
1.3. Perumusan Masalah	
1.4. Pembatasan Masalah	
1.5. Metodologi	
1.6. Sistematika Penulisan Laporan	
BAB II DASAR TEORI	
2.1. Dasar Teori Pompa	
2.1.1. Klasifikasi Pompa Impeller	
2.1.2. Pompa Sentrifugal Jenis Volut	
2.1.3. Head Pompa	
2.1.4. Performansi Pompa	
2.1.5. Kavitasi	
2.1.6. Penyebab Kavitasi	
2.1.7. Bagaimana Cara Menghindari Kavitasi	
2.1.8. Net Positif Suction Head (NPSH)	
2.2. Kerugian Head Pada Instalasi Pompa	
2.2.1. Kerugian Head Pada Pemipaan	
2.2.2. Head Total Sistem Pengujian Pompa	
2.2.3. Head Total Pompa	
2.3. Penentuan Daya dan Efisiensi	
BAB III PEMBUATAN ALAT	
3.1. Layout Sistem Pengujian	
3.2. Alat Pengukuran yang Dipakai	
3.2.1. Alat Ukur Laju Aliran	

	3.2.2. Alat Ukur Tekanan.....
	3.2.3. Alat Ukur Temperature
	3.2.4. Alat Ukur Listrik.....
3.3.	Pemilihan Alat
	3.3.1. Pemilihan Pipa
	3.3.2. Pemilihan Venture
	3.3.3. Pemilihan Pompa Air.....
3.4.	Pembuatan Alat.....
	3.4.1. Pembuatan Rangka Alat Uji.....
	3.4.2. Pembuatan Sistem Pemipaan
	3.4.3. Pembuatan Venture.....
	3.4.4. Penggantian Pipa Buang Udara

BAB IV PENGUJIAN DAN PENGAMBILAN DATA

4.1	Sistem Terbuka
4.2	Sistem Tertutup.....
4.3	Data Hasil Pengujian.....

BAB V PERHITUNGAN PADA AIR SISTEM TERTUTUP

5.1.	Layout Sistem Instalasi Pengujian
5.2.	Analisa Perhitungan
	5.2.1. Perhitungan Kerugian Head Pada Sistem Tertutup
	5.2.2. Grafik Hasil Perhitungan Head Pada Sistem Tertutup
	5.2.3. Perhitungan Efisiensi Pompa
	5.2.4. Grafik Hasil Perhitungan Efisiensi Pompa Pada Air Sistem Tertutup.....
5.3.	Perhitungan Venture

BAB VI PENUTUP

6.1	Kesimpulan
6.2	Saran

DAFTAR PUSTAKA
LAMPIRAN-LAMPIRAN.....

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG MASALAH

Pompa adalah mesin konversi energi yang dipakai untuk memindahkan fluida inkompresibel dari suatu tempat ke tempat lain dengan jalan memberikan energi fluida tersebut untuk mengatasi tahanan-tahanan yang ada.

Pompa yang dipergunakan sebelumnya harus diketahui karakteristik pada kondisi kerja yang berbeda, dengan demikian dapat ditentukan batas-batas kondisi kerja dimana pompa tersebut bisa mencapai efisiensi maksimum. Hal ini perlu dilakukan karena pada kenyataannya sangat sulit memastikan performansi pompa pada kondisi kerja yang sebenarnya.

Permasalahan yang sering terjadi pada suatu instalasi pompa adalah timbulnya kavitasi, yaitu timbulnya gelembung-gelembung dalam aliran fluida akibat penurunan tekanan sehingga tekanan tersebut dibawah tekanan uapnya. Hal ini dapat terjadi karena tekanan statik fluida setempat menjadi lebih rendah dari tekanan uap cairan (pada suhu sebenarnya). Kemungkinan penyebabnya adalah jika fluida semakin cepat dalam kran pengendali atau disekitar impeler pompa.

Bila pompa beroperasi pada tingkat yang berlebihan, tekanan hisap yang rendah akan dihasilkan pada sisi masuk pompa. Hal ini akan menyebabkan tekanan berkurang hingga kevakuman terjadi dan cairan berubah menjadi uap bila tekanan pada pipa lebih rendah daripada tekanan uap cairan. Aliran cairan kedalam pompa akan berhenti. Ini dikenal sebagai titik putus (breaking point) karena batas kapasitas pada tekanan sisi masuk ini telah dicapai. Pompa sedang mendekati kondisi operasi yang dapat menyebabkan terjadinya kerusakan.

Bila tekanan pada sisi masuk telah hampir mencapai titik penguapan, kantong uap akan membentuk gelembung pada sisi bawah baling impeler, dekat dengan dasarnya. Apabila gelembung bergerak dari daerah bertekanan rendah pada

sisi masuk ke daerah tinggi-tekan yang dekat ujung baling gelembung ini akan hilang sedemikian cepatnya sehingga cairan menumbuk baling-baling dengan gaya yang sangat besar, sering cukup besar untuk mencukil sebagian kecil impeler. Kerusakan ini umumnya disebut dengan bopeng (pitting) dan suara yang kedengaran diluar pompa selama kavitasi disebabkan oleh pecahnya gelembung uap tersebut.

Kavitasi itu sendiri tidak menyebabkan kerusakan. Walau demikian, bila kecepatan berkurang dan tekanan bertambah, uap akan menguap dan jatuh. Hal ini memiliki tiga pengaruh yang tidak dikehendaki:

1. Erosi permukaan baling-baling, terutama jika memompa cairan berbasis air.
2. Meningkatnya kebisingan dan getaran, mengakibatkan umur sil dan *bearing* menjadi lebih pendek.
3. Menyumbat sebagian lintasan impeler, yang menurunkan kinerja pompa dan dalam kasus yang ekstrim dapat menyebabkan kehilangan *head* total.

1.2. MAKSUD DAN TUJUAN

Tujuan dari pembuatan alat pengujian kavitasi merupakan bagian dari penelitian dan pengembangan / modifikasi peralatan alat pengujian di laboratorium pengujian mesin Program Studi Diploma III Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Diponegoro. Dengan adanya modifikasi alat ini diharapkan Mahasiswa lebih mudah memahami karakteristik pompa pada kondisi kavitasi.

Tujuan dari pembuatan alat ini adalah :

1. Mengetahui tekanan, debit dan suhu terjadinya kavitasi.
2. Membandingkan hasil percobaan antara venture dengan penampang bentuk tabung dengan venture dengan penampang bentuk persegi, tentunya percobaan dilakukan dengan zat cair yang sama dengan zat cair sebelumnya.

3. Dengan pipa pvc transparan dapat diketahui secara visual proses / sistem yang terjadi dalam alat uji tersebut. Dimana terjadinya kavitasi akan terlihat secara jelas.
4. Pengaplikasian materi mata kuliah pompa dan kompresor.
5. Menyediakan alat uji kavitasi untuk pengembangan laboratorium.

1.3. PERUMUSAN MASALAH

Kami mengambil judul ini dengan harapan dapat mengetahui perbedaan alat uji kavitasi yang sudah dimodifikasi dengan alat uji sebelumnya. Tentunya membandingkan antara pemakaian venturi berbentuk tabung dengan pemakaian venturi sebelumnya yang berbentuk persegi panjang. Hal yang dibandingkan khususnya adalah mengenai sisi tekanan, suhu dan debit air pada sistem alat pengujian tersebut, dimana pada tekanan, suhu dan debit akan terjadi atau timbul kavitasi. Perbandingan ini tentunya dengan menggunakan bahan yang sama dengan percobaan sebelumnya, yaitu menggunakan air dan kerosin.

Alat pengujian ini menggunakan sistem tertutup. Untuk pengujiannya dilakukan dengan kondisi tabung reservoir divakumkan dan fluida cair dipanaskan. Untuk dapat menghasilkan karakteristik pompa, instalasi pengujian harus dapat memberikan variasi kondisi kerja pada pompa yang diuji. Variasi kondisi kerja dapat dilakukan dengan mengatur head dan debit yang dibangkitkan pompa. Dengan cara ini akan diketahui karakteristik pompa untuk setiap kondisi kerja. Data-data yang diperlukan untuk menentukan karakteristik pompa dapat diperoleh dengan beberapa pengukuran, sehingga diperoleh parameter-parameter sebagai berikut :

1. Head.
2. Debit.
3. Putaran pompa.
4. Suhu.

5. Tekanan.

Dengan mengetahui jumlah putaran, daya, debit, dan head tertentu dari tiap-tiap pengukuran pada kondisi kerja yang berbeda, maka akan diketahui terjadinya Kavitasi.

1.4. PEMBATAKAN MASALAH

Untuk dapat menghasilkan alat pengujian kavitasi yang diinginkan, maka instalasi pengujian harus dapat memberikan variasi kondisi kerja. Oleh karena itu, dalam pembuatan alat pengujian berpegang pada pembatasan masalah berikut :

1. Pompa yang dipilih adalah pompa sentrifugal jenis turbin.
2. Variasi kondisi kerja pada pengujian ini menggunakan variasi debit dan suhu air.
3. Pengamatan dilakukan sebelum masuk dan di dalam venture untuk mengetahui besarnya tekanan yang ditimbulkan.
4. Analisa perhitungan dilakukan pada venture, bagian pompa, dan sistem pemipaan.

1.5. METODOLOGI

Metodologi yang digunakan dalam perancangan dan pembuatan alat ini adalah :

1. Studi Pustaka
Studi pustaka merupakan langkah yang dilakukan setelah menentukan pokok permasalahan. Metode ini bertujuan untuk memperoleh teori-teori dasar dan prosedur perancangan yang berkaitan dengan materi yang ditulis.
2. Survei Lapangan
Survei lapangan dilakukan untuk memperoleh data-data yang diperlukan dalam pembuatan alat uji. Data-data ini bisa berupa data tentang pompa, venturi, dan material-material dari setiap komponen.

3. Pembuatan Alat Pengujian

Pada langkah ini dilakukan penyusunan komponen untuk pembuatan instalasi pengujian yang telah direncanakan sebelumnya.

1.6. SISTEMATIKA PENULISAN LAPORAN

BAB I PENDAHULUAN

Berisi tentang latar belakang, maksud dan tujuan, perumusan masalah, pembatasan masalah, metodologi dan sistematika penulisan.

BAB II DASAR TEORI

Berisi tentang dasar teori pompa, dasar perhitungan pada alat yang didesain

BAB III PEMBUATAN ALAT

Berisi tentang peralatan dan bahan yang digunakan, serta proses pembuatan alat.

BAB IV PENGUJIAN DAN PENGAMBILAN DATA

Berisi tentang cara pengujian alat dan pengambilan data setelah alat selesai dibuat.

BAB V PERHITUNGAN

Berisi tentang lay out instalasi alat dan analisa perhitungan dan serta perhitungan efisiensi alat.

BAB VI PENUTUP

Berisi kesimpulan dan saran

BAB VI PENUTUP



6.1. KESIMPULAN

Dari pembahasan, perhitungan dan analisa data dari alat uji kavitasi dari fluida air sistem tertutup dapat disimpulkan sebagai berikut :

- a. Alat pengujian kavitasi digunakan untuk mengetahui titik dimana mulai terjadi kavitasi dengan mengubah suhu maupun putaran pompa.
- b. Untuk menghindari terjadinya kavitasi diperlukan suatu instalasi pipa yang baik untuk memperkecil kerugian akibat gesekan, kerugian kecepatan, kerugian statis dan kerugian lainnya sehingga efisiensi pompa menjadi lebih besar.

- c. Batas maksimum penggunaan dan instalasi pengujian ini pada kondisi mulai terjadi kavitas adalah sebagai berikut :
- Tekanan maksimum sebesar $0,34 \text{ kg/cm}^2$ pada tekanan dinamik didalam venturi saat suhu sebesar 20°C .
 - Tekanan terendah sebesar $-0,276 \text{ kg/cm}^2$ pada tekanan statis didalam venture saat suhu sebesar 20°C
 - Dengan putaran tertinggi sebesar 2029 rpm pada suhu 50°C dan putaran terendah sebesar 1925 rpm pada suhu 60°C .
- d. Pada suhu 20°C kecepatan aliran mencapai $1,03 \text{ m/s}^2$ dan suhu 60°C kecepatan aliran mengalami penurunan sampai $0,9116 \text{ m/s}$. Penurunan ini dikarenakan semakin suhu meningkat berakibat pada turunnya debit yang mengalir pada fluida.
- e. Pada suhu 20°C head total mencapai $4,059 \text{ m}$ dan suhu 60°C head total mengalami penurunan sampai $3,134 \text{ m}$ penurunnya cukup drastis. Penurunan ini dikarenakan semakin suhu meningkat berakibat pada turunnya kerapatan fluida yang mengalir karena mengalami penguapan yang berakibat kavitasi dan semakin kecil head total pompa.
- f. Pada suhu 20°C efisiensi pompa mencapai $10,45 \%$ dan suhu 60°C efisiensi pompa mengalami penurunan sampai $7,57 \%$. Penurunan ini dikarenakan semakin suhu meningkat berakibat semakin cepat terjadi kavitasi dan sebanding dengan daya hidro dan daya poros yang semakin menurun yang berakibat turunnya efisiensi pompa yang bekerja sesuai dengan akibat yang ditimbulkan dari kavitasi.
- g. Pada suhu 20°C kerugian gesekan pada venture mencapai -0.495 dan suhu 60°C kerugian gesekan pada venture mengalami kenaikan sampai -0.433 . Kenaikan ini dikarenakan semakin suhu meningkat berakibat semakin cepat terjadi kavitasi dan berbanding terbalik dengan tekanan dinamis didalam dan diluar venturi yang

semakin menurun, kerugian gesekan venturi yang bernilai negative (-) ini penurunan tekanan didalam venturi akibat dari penyempitan luasan.

- h. Kondisi kavitasi terjadi ditandai dengan munculnya gelembung – gelembung dalam aliran fluida dapat dilihat didalam venturi dikarenakan warnanya yang transparan.
- i. Kavitasi terjadi bila penurunan tekanan sampai dibawah tekanan uap jenuhnya dalam suatu aliran fluida yang mengalami penyempitan karena sebagian head tekanan diubah menjadi head kecepatan.
- j. Semakin tinggi temperature dari suatu fluida maka akan mudah terjadi kavitasi ini dikarenakan tekanan uap cairan lebih rendah sehingga kerapatan dari fluida akan mengalami penurunan yang mempermudah fluida untuk menguap.

6.2. SARAN

Dari perhitungan dan analisa data dari alat uji kavitasi dari fluida air sistem tertutup dapat diberikan saran - saran sebagai berikut :

- a. Untuk mendapatkan hasil pengujian yang lebih baik maka harus diperhatikan hal – hal sebagai berikut :
 - Pengujian yang dilakukan menggunakan alat uji kavitasi ini harus sesuai prosedur langkah – langkah pengujian yang benar.
 - Pengambilan data dari pengujian alat uji kavitasi ini harus dengan pengamatan yang seteliti mungkin.
- b. Untuk mendapatkan hasil yang pengujian yang lebih baik perlu adanya tambahan alat ukur pressure gauge di tabung vakum pada sistem aliran tertutup dan thermometer pada aliran keluar venturi.
- c. Data dan analisa alat uji kavitasi ini semoga dapat menjadi acuan dalam perencanaan instalasi pompa untuk menghindari terjadinya kavitasi dengan memperhatikan hal – hal sebagai berikut :

- Diusahakan agar tidak ada suatu bagian instalasi pompa dari aliran fluida yang mempunyai tekanan yang lebih rendah dari tekanan uap jenuh fluida pada temperature yang tinggi.
 - Ketinggian letak pompa terhadap permukaan fluida yang dihisap harus dibuat serendah mungkin agar head isap statis lebih rendah.
 - Panjang pipa instalasi harus dibuat sependek mungkin dan pemilihan kekasaran pipa untuk mengefisienkan kerugian gesek.
 - Tidak dibenarkan untuk memperkecil kapasitas aliran dengan menghambat aliran fluida dalam instalasi karena akan menjadi drag dan mempengaruhi kapasitas pompa.
- d. Dalam pembuatan venturi harus secermat mungkin karena bisa mempengaruhi tekanan dan faktor gesekan yang terjadi dalam percobaan.

DAFTAR PUSTAKA

- Antoni S, dkk. 2007. *Alat Percobaan Kavitas Menggunakan Pompa Jenis Turbin*. Semarang : Undip.
- Austin H, Church. 1990. *Pompa dan Blower Sentrifugal*. Jakarta : Erlangga
- Bureau of Energy Efficiency, Ministry of Power, India. 2004. *Pumps and Pumping Systems*. In: Energy Efficiency in Electrical Utilities, chapter 6.
- Cengel, Yunus A. 2002. *Property Tables Booklet for use with thermodynamics an engineering approach*. Boston : McGraw-Hill
- Edward, Hicks. 1996. *Teknologi Pemakaian Pompa*. Jakarta : Erlangga
- Fluide Design Inc. www.fluidedesign.com
- Pedoman Efisiensi Energi. www.energyefficiencyasia.org
- Tahara Haruo, Sularso. 1994. *Pompa dan Kompresor, Pemilihan, Pemakaian, dan Pemeliharaan*. Jakarta : Pradnya Paramita
- The Engineering Toolbox. www.engineeringtoolbox.com