

Studi Eksperimental Pengaruh Sudut Pipa Masuk (*Driven Pipe*) dan Diameter Katup Penghantar (*Delivery Valve*) terhadap Efisiensi Pompa Hidram 2 Inchi

¹⁾ Nurhayati, ²⁾ Muhamad Jafri, ³⁾ Noverandy Muda

^{1,2,3)} Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana
Jl. AdiSucipto, Penfui-Kupang, NTT 85001, Tlp: (0380)881597

Email : fathurja@gmail.com

Abstrak

Kenyataan sekarang, kebutuhan air semakin meningkat namun jumlah air yang tersedia relatif tetap. Oleh karena itu, perlu dicari dan dikembangkan suatu model teknologi irigasi yang memadai, menggunakan teknologi tepat guna, efisien, dan ekonomis sehingga ketersediaan air dan distribusi air dapat dikelola dengan baik. Salah satu inovasi teknologi yaitu pompa hidram. Pompa hidram merupakan suatu solusi karena tidak membutuhkan energi listrik atau bahan bakar dan biaya operasional yang murah sehingga tidak membebani kegiatan petani. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efisiensi pompa hidram dengan variasi sudut pipa masuk dan diameter katup penghantar. Pompa hidram yang digunakan adalah pompa 2 inchi, memiliki diameter dalam pipa pemasukan (D): 2 inchi dan diameter dalam pipa pengeluaran (d): 0,5 inchi. Hasil percobaan dan analisa regresi diperoleh hasil bahwa faktor diameter katup penghantar lebih berpengaruh terhadap efisiensi pompa dibandingkan sudut pipa masuk. Efisiensi pompa hidram tertinggi yaitu pada sudut pipa masuk 8° dan diameter katup penghantar 1.5 Inchi dengan efisiensi $D'Aubuisson$ sebesar 43,18 % dan efisiensi Rankine sebesar 37,61 %.

Kata kunci: pompa hidram, sudut pipa masuk, katup pengantar, efisiensi

Abstract

It is undeniable that, the demand for water increases, but the availability of water relatively stable. Therefore, a technology has to be searched and developed to provide an adequate irrigation, efficient technology, efficient and economical, so that water availability and distribution can be managed well. One of technological innovations, namely ram pump is a solution, because it does not require electrical energy of fuel. Beside that, this technology has a low operational cost and does not cause economic burden for farmers. This experiment has done to know the efficiency of hydraulic ram pump by using driven pipe angle variations and delivery valve diameter. The hydraulic ramp pump used in this experiment has 2 inch inlet pipe (D) and 0.5 inch outlet pipe (d). After the experiment and analysis regression, resulting that factors delivery valve diameter more influence the efficiency than the driven pipe angle. The highest efficiency of experiment result is driven pipe angle measure 8° and delivery valve diameter measure 1.5 inch, the efficiency is 43.18% at D' Aubuisson efficiency and 37.61 % of Rankine efficiency.

Keywords: hydraulic ram pump, driven pipe angle, delivery valve diameter, efficiency

PENDAHULUAN

Pemenuhan air bersih untuk daerah-daerah yang berdekatan dengan sumber mata air serta memiliki elevasi yang lebih rendah dari sumber mata air akan lebih mudah, karena dapat dialirkan menggunakan cara gravitasi. Kondisi di lapangan didapati bahwa tidak selamanya seperti demikian. Faktanya, terdapat daerah-daerah yang letaknya lebih tinggi dari sumber air sehingga mengalami kesulitan dalam pasokan air secara kontinyu. Hal ini makin

bertambah sulit apabila daerah tersebut belum tersentuh oleh jaringan distribusi air bersih yang dikelola oleh PDAM. Menggunakan mesin pompa dalam pengangkutan air adalah sebuah pilihan, namun biaya operasional dan perawatan harus disediakan.

Sebuah jenis pompa yang biaya operasionalnya murah dan tidak membutuhkan energi dari luar sebagai penggerak adalah pompa hidram. Pompa hidram adalah sebuah mesin yang digunakan untuk mengangkat air dari tempat bertekanan rendah ke tempat bertekanan tinggi dengan memanfaatkan energi

potensial sumber air yang akan dialirkan. Pompa hidram hanya dapat digunakan pada aliran sumber air yang memiliki ketinggian lebih besar atau sama dengan 1 meter yang masuk ke dalam pompa.

Elevasi ketinggian air jatuh dan diameter pipa masuk akan mempengaruhi debit air yang masuk ke dalam pompa sehingga berdampak pada kinerja katup yang mana mempengaruhi besar kecilnya kapasitas air yang dihasilkan pada pipa keluar. Semakin besar pipa masuk dan semakin tinggi elevasi maka debit air yang dipindahkan pompa juga semakin besar (Budiyanto, 2009). Penelitian lain juga dilakukan oleh Sitompul mengenai pengaruh variasi head supply, dalam hasil penelitiannya panjang pipa masuk (*driven pipe*) sangat berpengaruh terhadap efisiensi pompa yang dihasilkan dimana efisiensi pompa terbesar ada pada variasi pipa masuk terpanjang yaitu 3,3 meter.

Melihat kajian yang sudah ada, banyak faktor yang mempengaruhi efisiensi pompa hidram, akan tetapi penelitian tersebut belum juga membahas tentang diameter katup penghantar. Dimana katup penghantar berfungsi meloloskan air ke tabung udara dan menghalangi kembalinya air ke dalam pompa sehingga air dalam tabung tersebut akan tertekan keluar melalui pipa penghantar.

Pengaturan elevasi (*tinggi jatuh air*) dari reservoir ke pompa dan diameter katup penghantar diharapkan dapat menghasilkan efisiensi yang lebih baik. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pengaruh sudut pipa masuk (*driven pipe*) dan diameter katup penghantar (*delivery pipe*) terhadap efisiensi pompa hidram 2 inchi.

Budiyanto (2009) melakukan penelitian mengenai pengaruh tinggi jatuh dan diameter pipa masuk terhadap kapasitas pompa hidram. Hasil pengujian menunjukkan bahwa, diameter pipa masuk dan tinggi jatuh (ketinggian sumber air) dan posisi pompa sangat berpengaruh pada debit air yang dihasilkan. Semakin besar diameter pipa masuk dan semakin tinggi elevasi maka air yang dihasilkan pompa semakin banyak. Pada penelitian ini menggunakan variasi pipa masuk 1 inchi, 1,5 inchi, 2 inchi, 2,5 inchi,

dan 3 inchi dan panjang pipa masuk diukur dari sumber air sampai dengan air masuk pompa ± 5 s/d 7 m karena pengaruh sudut elevasi. Sedangkan tinggi jatuh yang dipilih 1, 2, 3, 4, dan 5 m. Kapasitas pompa terbesar terjadi pada pipa masuk 3 inchi dengan tinggi jatuh 5 m.

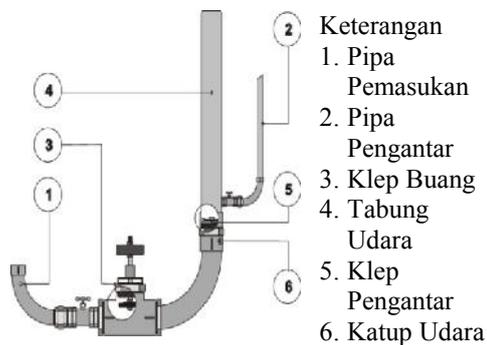
Sitompul F. M, dan Hazwi, M (2014) juga melakukan penelitian tentang pompa hidram. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui efisiensi pompa hidram dengan perubahan *head supply* dan panjang langkah katup limbah. Dalam penelitian ini menggunakan pompa berukuran 2 inchi dengan panjang pipa pemasukan 15 m sedangkan variasi tinggi jatuh air (2,3 m, 2,8 m, 3,3 m) dan panjang langkah katup limbah (15 mm, 20 mm, 25 mm). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa peningkatan *head supply* dan panjang langkah katup limbah memiliki pengaruh yang sangat signifikan terhadap efisiensi. Efisiensi maximum terjadi pada *head supply* 3,3 m dan panjang langkah 25 mm.

DASAR TEORI

Pompa Hidram, berasal dari kata *Hydraulic Ram Pump*, yang berarti pompa air dengan tenaga hantaman air. Sistem kerja pompa hidram adalah dimulai dari air mengalir dari *reservoir* (sumber air) melalui pipa pemasukan dengan kecepatan tertentu masuk ke rumah pompa. Karena katup limbah yang berada dalam pompa awalnya terbuka, maka gerakan air dari *reservoir* tadi akan terpancing untuk melalui katup limbah. Karena air dari *reservoir* yang mengalir terus menerus, maka tekanan dalam rumah pompa akan meningkat, sehingga katup limbah akan tertutup. Hal ini akan menyebabkan katup penghantar terbuka akibat dari tekanan air di rumah pompa sehingga air akan naik melalui katup pengantar. Selanjutnya, air yang bertekanan ini akan menekan udara dalam tabung udara. Karena udara bersifat *compressible* maka volume udara akan mengecil akibat tekanan air. Pada saat aliran dari rumah pompa sudah mengecil maka udara akan menekan air ke *delivery pipe* dan juga akan menekan katup pengantar sehingga tertutup. Karena berat katup limbah itu sendiri

dan tekanan air di rumah pompa sudah mengecil, maka katup limbah akan terbuka sehingga air mengalir melalui katup limbah dan seterusnya. Pompa hidram mempunyai empat siklus pemompaan berdasarkan posisi katup limbah pada waktu rata-rata saat terjadi variasi kecepatan aliran air pada pipa pemasukan yaitu akselerasi (percepatan), kompresi, pemompaan, dan hentakan balik.

Komponen Pompa hidram



Gambar 2. Bagian Utama Pompa Hidram (Sumber: Hanafie & Longh, 1979)

Debit adalah volume fluida yang melalui suatu penampang dalam satu satuan waktu. Debit dinyatakan dengan rumus (White, 1994).

$$Q = \frac{V}{t}$$

dimana :

Q = debit aliran (m^3 / s)

t = waktu (s)

V = volume aliran (m^3)

Bilangan Reynolds

Bilangan *Reynolds* merupakan perbandingan gaya-gaya inersia dengan gaya-gaya kekentalan. Bilangan *Reynold* digunakan untuk menentukan jenis aliran, apakah aliran turbulen, laminar atau transisi. Bilangan ini ditentukan dengan persamaan (Streeter, V. E., and Wylie, E.B dalam Priyono A, 1993) :

$$R_e = \frac{\rho v}{\mu}$$

dimana:

ρ = Rapat massa fluida (kg/m^3)

v = Kecepatan aliran (m/det)

D = Diameter pipa (m)

μ = Kekentalan absolut ($kg/m \cdot det$)

Head Pompa

Head pompa yang harus disediakan untuk mengalirkan jumlah air seperti direncanakan, dapat ditentukan dari kondisi instalasi yang akan dilayani oleh pompa. Persamaan *head* pompa atau tinggi tekan pompa dapat ditulis sebagai berikut (Sularso dan Tahara, 2004) :

$$H = h_a + \Delta h_p + h_f + \frac{1}{2g}(v_d^2 - v_s^2)$$

dimana :

H = *head* pompa (m)

h_a = *head* statis pompa (m) *Head* ini adalah perbedaan tinggi antara muka air di sisi keluar dan sisi isap.

Δh_p = perbedaan *head* tekanan yang bekerja pada kedua permukaan air, $\Delta h_p = 0$, jika kedua sisi muka air berhubungan dengan udara

h_f = kerugian gesek dan berbagai kerugian minor seperti kerugian bentuk ujung pipa, kerugian katup, kerugian belokan dan kerugian sambungan (m).

v_d = kecepatan aliran sisi keluar (m/s)

v_s = kecepatan aliran sisi isap (m/s)

g = percepatan gravitasi ($9,81 m/s^2$)

Efisiensi Pompa Hidram

Untuk mengetahui efisiensi pompa hidram, dalam penelitian ini digunakan dua persamaan efisiensi yaitu efisiensi *D'Aubuisson* dan efisiensi *Rankine*.

Efisiensi D'Aubuisson

Daya atau tenaga yang dibutuhkan untuk menaikkan air adalah berbanding lurus dengan laju air yang di pompa dikalikan dengan ketinggian pemompannya. Demikian juga daya yang tersedia pada aliran air yang disuplai untuk mengoperasikan pompa hidram berbanding lurus dengan besarnya laju air *volumetric* air yang disuplai dikalikan dengan ketinggian suplainya. Pompa hidram bekerja dengan memanfaatkan daya yang tersedia tersebut untuk membawa aliran ke tempat yang lebih tinggi, sehingga efisiensi pompa hidram dinyatakan sebagai

persamaan *D-Aubuisson* adalah sebagai berikut (A. M. Michael and S. D. Kheper, 1997):

$$\eta_D = \frac{(Q_p \times h_d)}{(Q_p + Q_w) h_s} \times 100\%$$

Dimana η_D , efisiensi pompa hidram (%), Q_p debit air hasil pemompaan (m^3/s), Q_w debit air yang terbuang melalui katup limbah (m^3/s), h_s tinggi jatuh air (m) dan h_d tinggi angkat pemompaan (m).

Efisiensi Rankine

Efisiensi menurut *Rankine* merupakan perbandingan antara selisih tinggi tekan isap dan sisi buang dikali kapasitas pengisian, dengan tinggi tekan isap dikalikan kapasitas air yang dipindahkan dimana pada efisiensi *rankine* kerugian *head loss* diabaikan. Maka nilai efisiensi *rankine* dapat dihitung sebagai berikut (A. M. Michael and S. D. Kheper, 1997):

$$\eta_R = \frac{Q_p (h_d - h_s)}{(Q_w) h_s} \times 100 \%$$

Dimana : η_R efisiensi *Rankine* (%)

METODE PENELITIAN

Variabel Penelitian

Variabel tetap pada penelitian ini adalah:

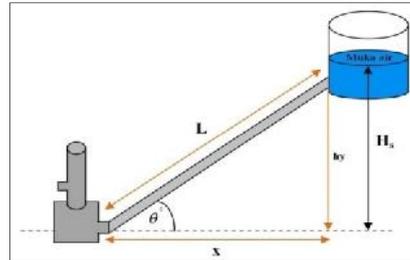
- Ukuran Pompa 2 inci.
- Diameter pipa masuk 2 inci.
- Diameter pipa keluar 0.5 inci.
- Tinggi angkat 10 m.
- Panjang pipa masuk 7 m.
- Panjang pipa keluar 12 m.
- Diameter katup limbah 1 inci.
- Dimensi tabung \varnothing 2 inci x 100 cm.
- Panjang langkah katup limbah 0.5 cm
- Berat katup limbah 400 gr

Variabel bebas pada penelitian ini adalah:

- Variasi sudut pipa masuk 8° , 10° dan 12° .
- Variasi diameter katup penghantar 0.75 inci, 1 inci, 1.25 inci dan 1.5 inci.

Variabel terikat dalam penelitian ini ialah debit pemompaan (Q_p) dan efisiensi pompa (η).

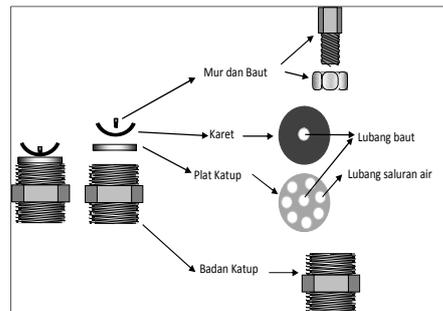
Instalasi Pengujian pompa Hidram



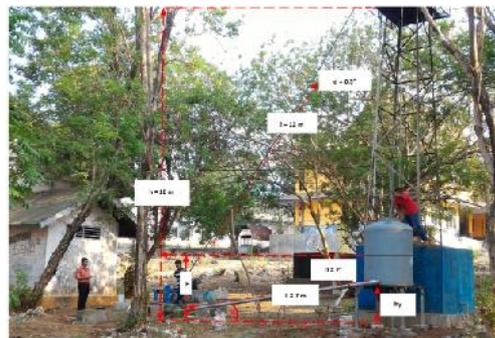
Gambar 3. Sudut pipa pemasukan

Keterangan:

- L = Panjang pipa masuk (m)
- hy = Tinggi jatuh (m)
- x = Jarak reservoir ke rumah pompa (m)
- θ = Sudut pipa masuk ($^\circ$)



Gambar 4. Katup Penghantar dan bagiannya
Sumber : Jafri, M. 2014.



Gambar 5. Instalasi pengujian pompa

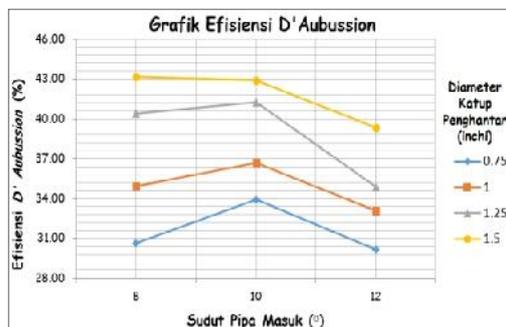
Teknik Analisa Data

Data-data hasil pengujian dianalisa menggunakan rumus-rumus yang ada dengan

model matematik untuk mengetahui hubungan dan pengaruh dari variasi sudut pipa masuk dan diameter katup penghantar terhadap efisiensi pompa hidram.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian perubahan sudut pipa masuk dan diameter katup penghantar terhadap efisiensi pompa hidram, disajikan dalam bentuk grafik di bawah ini.



Gambar 6. Grafik hubungan Sudut Pipa masuk dan Diameter Katup penghantar terhadap Efisiensi D'Aubussion (%) Pompa Hidram 2 Inchi.

Grafik pada Gambar 6, menunjukkan bahwa adanya hubungan antara sudut pipa masuk dan diameter katup penghantar terhadap efisiensi *D'Aubussion*. Nilai efisiensi berbeda pada setiap variasi sudut pipa masuk dan diameter katup penghantar. Pada variasi diameter katup penghantar 0.75 Inchi, 1 inchi dan 1.25 Inchi, nilai efisiensi pompa hidram mengalami peningkatan dari sudut pipa masuk 8° sampai 10°, kemudian mengalami penurunan pada sudut pipa masuk 12°. Sedangkan untuk diameter katup penghantar 1.5 Inchi, nilai efisiensi mengalami penurunan seiring dengan semakin besarnya sudut pipa masuk. Hal ini dikarenakan berdasarkan persamaan efisiensi *D'Aubussion*, nilai efisiensi dipengaruhi oleh debit air terbuang, debit air pemompaan, *head* efektif masukkan dan *head* efektif pemompaan. Selain itu debit air terbuang dan debit air pemompaan sangat dipengaruhi oleh sudut pipa masuk dan diameter katup penghantar.

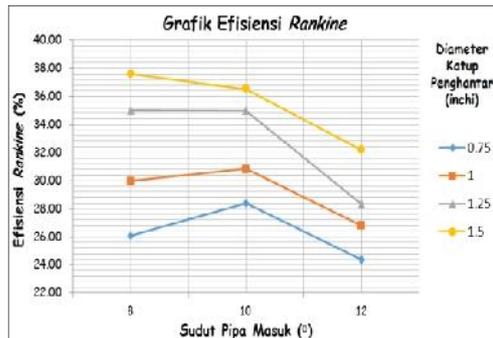
Instalasi pompa hidram pada penelitian ini

menggunakan sudut pipa masuk yang semakin besar yakni 8°, 10° dan 12°, sementara panjang pipa masuk yang dipakai tetap yaitu 7 m. Hal ini menyebabkan *head* efektif masukan juga semakin besar, sehingga sudut yang terbentuk terlalu curam yang mengakibatkan nilai efisiensi mengalami penurunan pada setiap penambahan sudut pipa masuk untuk diameter katup penghantar 1.5 inchi. Nilai efisiensi *D'Aubussion* terbesar terdapat pada sudut 8° dan katup penghantar 1,5 inchi dengan nilai sebesar 43.18 %, Sedangkan untuk efisiensi terkecil terdapat pada variasi sudut pipa masuk 12° dan diameter katup penghantar 0.75 inchi sebesar 30.19 %.

Grafik pada Gambar 7 menunjukkan bahwa adanya hubungan antara sudut pipa masuk dan diameter katup penghantar terhadap efisiensi Rankine. Nilai efisiensi Rankine juga berbeda pada setiap variasi sudut pipa masuk dan diameter katup penghantar. Pada variasi diameter katup penghantar 0.75 Inchi, 1 inchi dan 1.25 Inchi, nilai efisiensi pompa hidram mengalami peningkatan dari sudut pipa masuk 8° sampai 10°, kemudian mengalami penurunan pada sudut pipa masuk 12°. Sedangkan untuk diameter katup penghantar 1.5 Inchi, nilai efisiensi mengalami penurunan seiring dengan semakin besarnya sudut pipa masuk. Hal ini dikarenakan berdasarkan persamaan efisiensi Rankine, nilai efisiensi juga dipengaruhi oleh debit air terbuang, debit air pemompaan, *head* efektif masukkan dan *head* efektif pemompaan. Selain itu debit air terbuang dan debit air pemompaan sangat dipengaruhi oleh sudut pipa masuk dan diameter katup penghantar. Tetapi untuk efisiensi rankine lebih ditekankan pada selisih *head* efektif antara *head* efektif pemompaan dan *head* efektif masukan, sehingga nilai efisiensi rankine cenderung lebih kecil dari pada nilai efisiensi *D'Aubussion*.

Instalasi pompa hidram pada penelitian ini menggunakan sudut pipa masuk 8°, 10° dan 12°, sementara panjang pipa masuk yang dipakai tetap yaitu 7 m. Hal ini menyebabkan *head* efektif masukan juga semakin besar, sehingga sudut yang terbentuk terlalu curam yang mengakibatkan nilai efisiensi mengalami

penurunan pada setiap penambahan sudut pipa masuk untuk diameter katup penghantar 1.5 inci. Nilai efisiensi rankine terbesar terdapat pada sudut pipa masuk 8° dan diameter katup penghantar 1.5 inci sebesar 37.61%, sedangkan untuk efisiensi terendah terdapat pada sudut pipa masuk 12° dan diameter katup penghantar 0.75 inci.



Gambar 7. Grafik Pengaruh Variasi Sudut pipa masuk dan Diameter Katup Penghantar terhadap Efisiensi Rankine (%) Pompa Hidram 2 Inchi.

KESIMPULAN

Dari hasil pengujian serta analisa data yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sudut pipa masuk dan diameter katup penghantar mempengaruhi jumlah debit air terbuang dan debit air hasil pemompaan yang mana berpengaruh langsung terhadap nilai efisiensi pompa hidram. Nilai efisiensi *D'Aubuisson* tertinggi sebesar 43,18 % dan efisiensi Rankine tertinggi sebesar 37,61 % pada variasi sudut pipa masuk 8° dan diameter katup penghantar 1.5 Inchi. Efisiensi *D'Aubuisson* terendah sebesar 30.19 % dan efisiensi Rankine terendah sebesar 24.37 % pada variasi sudut pipa masuk

12° dan diameter katup penghantar 0.75 inci.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. M. Michael, S. D. Kheper, 1997, *Water Well Pump Engineering*, McGraw Hill Publishing Compact Limited, New Delhi.
- [2] Budiyanto, 2009. Pengaruh Tinggi dan Diameter Inlet Terhadap Kapasitas Pompa Hidram Dengan Model Simulasi Program Delphi. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Malang.
- [3] Hanafie, J., de Longh, H. 1979. Teknologi Pompa Hidraolik Ram Buku Petunjuk Untuk Pembuatan dan Pemasangan. PTP-ITB Ganesha, Bandung.
- [4] Jafri, M. 2014. Rancangan Pompa Hidram. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Nusa Cendana.
- [5] Sitompul, F.M., Hazwi, M., 2014. Pengujian Pengaruh Variasi Head Supply Dan Panjang Langkah Katup Limbah terhadap Unjuk Kerja Pompa Hidram. Jurusan Teknik Mesin, Universitas Sumatera Utara.
- [6] Sofwan M., Siregar, I.H., 2015. Pengaruh Ketinggian Terjunan dan Volume Tabung Udara Terhadap Kinerja Pompa Hidram. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya.
- [7] Streeter, L., Victor, E Benjamin Wylie. 1985. *Fluid Mechanics Eighth Edition*. Erlangga. Jakarta.
- [8] Sularso., Tahara, H., 2004. Pompa dan Kompresor Pemilihan, Pemakaian dan Pemeliharaan. Pradya Paramita, Jakarta.
- [9] White, F. M., 1994, *Fluid Mechanics*, 3rd edition, McGraw-Hill, Inc., New York.