

Pengaruh Variasi Massa dan Panjang Langkah Katub Limbah terhadap Efisiensi Pompa Hidram Tiga Inchi

¹⁾ Muhamad Jafri, ²⁾ Nurhayati, ³⁾ Philipus Andreas

¹⁾ Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana
Jl. AdiSucipto, Penfui-Kupang, NTT 85001, Tlp: (0380)881597
Email : fathurja@gmail.com

Abstrak

Air merupakan kebutuhan pokok manusia untuk menjaga kelangsungan hidup. Kenyataan membuktikan masih banyak daerah pedesaan mengalami kesulitan penyediaan air. Sebenarnya untuk mengatasi keadaan tersebut, pemakaian pompa air, baik yang digerakkan oleh tenaga listrik atau tenaga diesel sudah lama dikenal oleh masyarakat desa, tetapi pada kenyataannya masih banyak masyarakat desa yang belum memiliki pompa tersebut. Pompa hidrolik ram merupakan suatu solusi karena tidak membutuhkan energi listrik atau bahan bakar. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui efisiensi pompa hidrolik ram dengan variasi massa dan panjang langkah katup limbah. Pompa hidrolik ram yang digunakan memiliki diameter pipa masuk 3 inch dan diameter pipa keluar 1,5 inch. Variasi massa katup limbah yang dipakai adalah 0,5 kg; 1,0 kg; 1,5 kg; 2,0 kg; 2,5 kg; 3,0 kg, dan variasi panjang langkah katup limbah adalah 2 cm, 3 cm, 4 cm, 5 cm, 6 cm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kapasitas aliran maksimum pada pipa penghantar adalah $8,52 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$, ketika massa katup limbah 1,0 kg dan panjang langkah katup limbah 6 cm. Sedangkan efisiensi tertinggi diperoleh pada massa katup limbah 0,5 kg dan panjang langkah 3 cm, yaitu 83,41% pada efisiensi *D'Aubuisson*. Massa dan panjang langkah katup limbah mempengaruhi efisiensi pompa hidram.

Kata kunci: pompahidram, massakatublambah, panjanglangkah, efisiensi

Abstract

*Water becomes principle commodity of human to maintain viability. The fact proves that a number of villages are still facing the difficulty with water supply. To overcome such condition, the use of water pump, whether it is moved by the electric power or electric diesel, has been known by the villagers. The fact, however, there are still many of the villagers do not have the water pump. Hydraulic ram pump is the solution because it doesn't need electricity or fuel. This experiment has been done to know the efficiency of the hydraulic ramp pump using the weight and stroke of the waste valve variations. The hydraulic ramp pump used on this experiment has 3 inch inlet pipe and 1,5 inch outlet pipe. The variations of the waste valve weight are 0,5 kg; 1,0 kg; 1,5 kg; 2,0 kg; 2,5 kg; 3,0 kg, and the variations of the waste valve stroke are 2 cm, 3 cm, 4 cm, 5 cm, 6 cm. The result of research indicated that the maximum of flow capacity in the driven pipe is $8,52 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$, when the weight of the waste valve is 1,0 kg and stroke of the waste valve is 6 cm. While the maximum efficiency are obtained when the weight of the waste valve is 0,5 kg and stroke of the waste valve is 3 cm, efficiency is 83,41% at the *D'Aubuisson* efficiency. The weight and stroke of the waste valve is influence to the efficiency of the hydraulic ramp pump.*

Keywords: hydraulic ram pump, waste valve weight, waste valve stroke, efficiency

PENDAHULUAN

Air merupakan kebutuhan pokok manusia untuk menjaga kelangsungan hidup. Di samping itu juga merupakan sumber tenaga yang disediakan oleh alam sebagai pembangkit tenaga mekanis. Kenyataan membuktikan bahwa ada banyak daerah di pedesaan mengalami kesulitan penyediaan air, baik untuk kebutuhan rumah tangga maupun untuk

kegiatan pertanian. Sebenarnya untuk mengatasi keadaan tersebut, pemakaian pompa air, baik yang digerakkan oleh tenaga listrik atau tenaga diesel sudah lama dikenal oleh masyarakat desa, tetapi pada kenyataannya masih banyak masyarakat desa yang belum memikinya. Hal ini disebabkan karena kemampuan daya beli masyarakat desa masih terbatas, dan pada penggunaan satu unit pompa-pompa bermesin dibutuhkan tenaga

operator yang terampil.

Pompa hidram adalah salah satu alat yang digunakan untuk memompa air dari tempat rendah ke tempat bertekanan tinggi dengan memanfaatkan energi potensial sumber air yang akan dialirkan. Pompa hidram mengalirkan air secara kontinyu dengan menggunakan energi dari sumber air yang akan dialirkan sebagai daya penggerak tanpa menggunakan sumber energi luar. Dalam operasinya, pompa ini mempunyai keuntungan dibandingkan jenis pompa lainnya, yaitu: tidak membutuhkan sumber tenaga tambahan, tidak memerlukan pelumasan karena hanya mempunyai dua bagian yang bergerak sehingga memperkecil terjadinya keausan, perawatannya sederhana dan dapat bekerja dengan efisien pada kondisi yang sesuai serta dapat dibuat dengan peralatan bengkel yang sederhana (Hanafie & Longh. 1979).

Unjuk kerja pompa hidram salah satunya dipengaruhi oleh dimensi dan konstruksi katup limbah. Oleh karena itu tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui sejauh mana pengaruh variasi massa dan panjang langkah katup limbah terhadap efisiensi pompa hidram tiga inchi.

TINJAUAN PUSTAKA

Prinsip Kerja Pompa Hidraulik Ram

Mekanisme kerja pompa hidram terjadi proses perubahan energi kinetis berupa kecepatan aliran air menjadi tekanan dinamis yang menghasilkan timbulnya palu air (*water hammer*), sehingga terjadi tekanan yang tinggi di dalam pipa. Dengan kelengkapan katup buang/limbah dan katup pengantar terbuka dan tertutup secara bergantian, tekanan dinamis diteruskan ke dalam tabung udara, yang berfungsi sebagai kompressor, yang mampu mengangkat air dalam pipa penghantar.

Pompa hidram merupakan pompa yang bekerja secara otomatis dan mempunyai empat siklus kerja. Siklus kerja pompa hidram dapat dibagi menjadi empat periode utama 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. Siklus kerja pompa hidram yaitu sebagai berikut (Jeffery dkk, 2005).

Akselerasi (percepatan) :

Katup limbah terbuka dan air mulai mengalir melalui pipa pemasukan dan keluar melalui katup limbah. Aliran air mengalami percepatan karena adanya tinggi jatuh sehingga kecepatan aliran terus meningkat dan berusaha untuk menutup katup limbah. Apabila mencapai puncaknya, aliran air akan menggerakkan katup limbah untuk menutup.

Kompresi :

Pada saat katup limbah menutup, aliran air bergerak sangat cepat sehingga momentum yang terjadi terdengar seperti suara batu yang jatuh dari suatu bukit. Momentum berubah menjadi tekanan yang mengkompresi air di rumah pompa, hasilnya adalah kenaikan tekanan mendadak yang disebut *water hammer*. Tekanan di rumah pompa naik lebih besar dibandingkan tekanan pada tabung udara.

Pemompaan :

Karena tekanan di rumah pompa naik melebihi tekanan di tabung udara, katup pengantar terbuka dan aliran air menuju tabung udara. Tekanan di rumah pompa menurun sama besar dengan tekanan di tabung udara. Aliran air yang masuk melalui pipa pemasukan menjadi lambat dan tekanan di rumah pompa menurun. Bersamaan dengan menurunnya tekanan yang lebih rendah dengan tekanan di tabung udara, katup pengantar menutup. Katup pengantar merupakan katup aliran yang searah, yang menghambat aliran balik dari air dari tabung udara ke dalam rumah pompa.

Hentakan balik (Recoil) :

Ketika katup pengantar menutup, masih terdapat sedikit tekanan di rumah pompa dan pipa pemasukan. Katup limbah menutup, jadi arah di mana air dapat bergerak hanya kembali ke arah pipa pemasukan. Aliran air yang masuk melalui pipa pemasukan berhenti, sehingga tekanan dapat dilepaskan ke luar melalui pipa pemasukan. Air dalam pompa terdorong

melalui pipa pemasukan. Dorongan kembali tersebut membuat tekanan di rumah pompa rendah, cukup untuk membuat katup limbah terbuka kembali. Bagi beberapa jenis pompa hidram katup limbah terbuka kembali karena bantuan aliran air, bagi beberapa jenis katup limbah terbuka kembali karena beratnya. Tekanan rendah di rumah pompa berarti sejumlah kecil udara dihisap oleh katup udara. Udara berada di bawah katup pengantar sampai siklus berikutnya ketika aliran akan ditekan ke dalam tabung udara itulah mengapa tabung udara selalu penuh udara.

Prinsip kerja pompa hidraulik ram adalah melipatgandakan kekuatan pukulan air pada rumah pompa, sehingga terjadi perubahan energi kinetik menjadi tekanan dinamik yang mengakibatkan terjadinya palu air (*water hammer*) dan terjadi tekanan tinggi di dalam pompa. *Water hammer* adalah hentakan tekanan atau gelombang air yang disebabkan oleh energi kinetik air dalam gerakannya ketika tenaga air ini dihentikan atau arahnya dirubah secara tiba-tiba. Tekanan dinamik diteruskan ke dalam tabung udara yang berfungsi sebagai penguat tekanan air dan memaksa air naik ke pipa penghantar.

Penelitian Terdahulu

Cahyanta dan Indrawan (1996) telah melakukan penelitian dengan kesimpulan bahwa besar kecilnya beban pada katup buang sangat berpengaruh pada efektifitas kerja pompa hidram terutama pada debit pemompaan.

Muhamad Jafri, Ishak Sartana Limbong (2011) telah melakukan penelitian pada beban katub buang dan panjang langkah, bahwa efisiensi tertinggi pompa hidram adalah 55,30%, efisiensi D'Aubuisson pada berat beban 400 gram dan panjang langkah 0,5 cm.

Penelitian pompa hidram dengan variasi beban katup buang dilakukan oleh Cahyanta, dkk, (2008). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kapasitas aliran maksimum, dan efisiensi maksimum dicapai pada berat beban katup buang 410 gram yaitu sebesar $11,146 \times 10^{-5} \text{m}^3/\text{s}$, dan efisiensi maksimum 16,302%.

Penelitian serupa juga dilakukan oleh

Gan, et al. (2002). Hasil percobaan diperoleh bahwa faktor volume tabung dan beban katup buang berpengaruh pada efisiensi pompa, begitu pula interaksi antara kedua faktor. Efisiensi terbaik adalah volume tabung 1300 ml dan beban katup 400 gr untuk mendapatkan efisiensi 42,92%.

Jonas Teberio Rego Sermento (2010) melakukan penelitian pada pompa hidram paralel ukuran 2 inchi dengan variasi berat beban dan panjang langkah katup limbah, pompa hidram yang digunakan dalam penelitiannya memiliki diameter pipa masuk 1,5 inch dan diameter pipa keluar 0,5 inch dengan variasi beban dan panjang katup limbah. Efisiensi tertinggi adalah panjang langkah 0,5 cm dan berat katup 400 gram dengan efisiensi 55,30 %. Parameter beban katup limbah dan panjang langkah katup limbah sangat berpengaruh terhadap efisiensi Pompa Hidram.

Debit Pompa, Q

Debit adalah volume air yang melalui suatu penampang dalam satu satuan waktu. Debit dinyatakan dengan rumus (White, F 1988):

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

dimana :

Q = debit aliran (m^3/s)

V = volume aliran (m^3)

t = waktu (s)

Bilangan *Reynolds*

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

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

dimana:

ρ = Rapat massa fluida (kg/m^3)

v = Kecepatan aliran (m/det)

D = Diameter pipa (m)

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

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) :

$$H = h_a + \Delta h_p + h_1 + \frac{1}{2g}(v_d^2 - v_s^2)$$

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_1 = kerugian gesek dan berbagai kerugian minor seperti kerugian bentuk ujung pipa, kerugian katup, kerugian belokan dan kerugian sambungan (m).

v_d = kecepatan aliran rata-rata sisi keluar (m/s)

v_s = kecepatan aliran rata-rata sisi isap (m/s)
g = percepatan gravitasi (9,81 m/s²)

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*

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

$$\eta_D = \frac{(Q_p \times h_{ef})}{(Q_p + Q_w) H_{ef}} \times 100\%$$

Efisiensi Rankine

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

$$\eta_R = \frac{Q_p (h_{ef} - H_{ef})}{(Q_w) H_{ef}} \times 100\%$$

Ketrangan :

η_R : Efisiensi pompa hidram (%)

Q_p : Debit air hasil pemompaan (m³/s)

Q_w : Debit air yang keluar dari katup limbah (m³/s)

H_{ef} : Head efektif masukan (m)

h_{ef} : Head efektif pemompaan (m)

METODE PENELITIAN

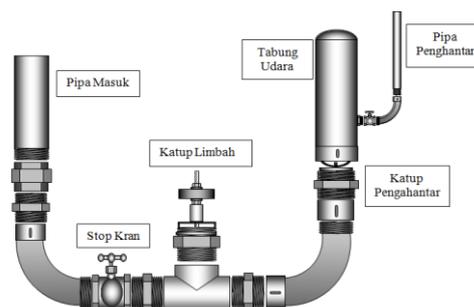
Variabel Penelitian

Variabel-variabel dalam penelitian ini adalah :

Variabel tetap

Variabel tetap pada penelitian ini adalah:

- Diameter pipa masuk 3 inci.
- Diameter pipa keluar 1 inci.
- Tinggi angkat 10 m.
- Tinggi Jatuh 1 m.
- Panjang pipa masuk 7 m.
- Diameter katup limbah 2,5 inci.
- Diameter katup penghantar 1,4 inci.
- Volume tabung 6500 ml.

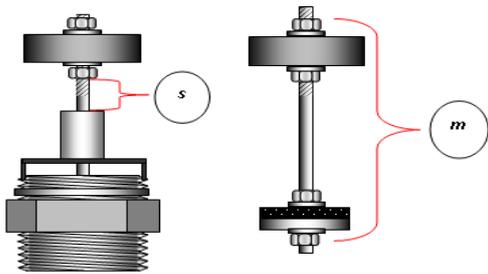


Gambar 1. Skema Pompa Hidram 3 inci
Sumber : Jafri, M., 2014

Variabel bebas

Variabel bebas pada penelitian ini adalah:

- Panjang langkah katup limbah yang divariasikan adalah 2 cm, 3 cm, 4 cm, 5 cm, dan 6 cm.
- Massa katup limbah yang divariasikan adalah 0,5 kg, 1 kg, 1,5 kg, 2 kg, 2,5 kg dan 3 kg.



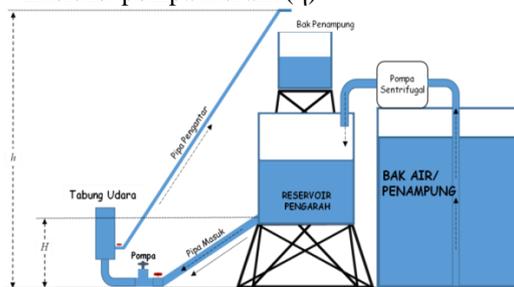
Gambar 2. Katup Limbah
Sumber : Jafri, M., 2014

Keterangan :

- s = Panjang Langkah (cm)
- m = Massa Katup Limbah (gram)

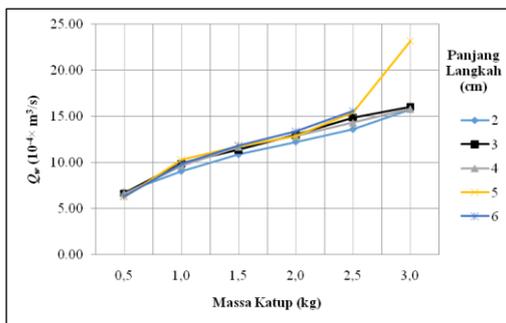
Variabel terikat

- Debit pemompaan (Q_P)
- Debit limbah (Q_W)
- Jumlah ketukan katup buang (n)
- Efisiensi pompa hidram (η)



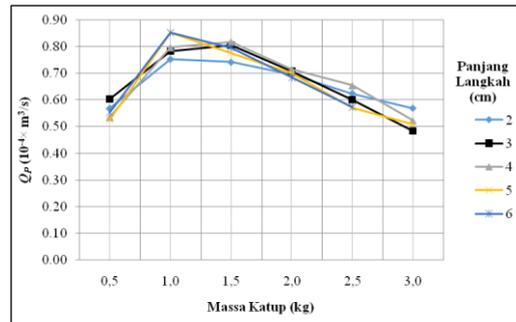
Gambar 3. Skema Instalasi pengujian
Sumber : Pribadi

HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 4. Hubungan massa dan panjang langkah katup limbah terhadap debit air yang terbuang (Q_w)

Gambar 4 menunjukkan hubungan antara variasi massa dan panjang langkah katup limbah terhadap debit Limbah (Q_w) dimana pada semua variasi panjang langkah nilai debit air yang terbuang mengalami peningkatan disetiap penambahan massa katup. Hal ini dikarenakan semakin panjang jarak tempuh yang dijalani torak maka akan memberi waktu yang lama pada air untuk keluar melalui katup limbah. Pada massa katup 0,5 kg untuk semua variasi panjang langkah, debit air yang keluar pada katup limbah relatif sama, hal ini dikarenakan massa katup limbah yang lebih kecil dibandingkan dengan tekanan air yang masuk ke ruang pemompaan. Sedangkan pada variasi massa katup 2,5 kg dan panjang langkah 6 cm, debit limbah yang dihasilkan mengalami peningkatan yang cukup drastis, ini disebabkan torak katup limbah membutuhkan waktu yang lebih lama untuk menutup kembali karena massa dan jarak langkah katup yang besar sehingga debit limbah yang dihasilkan lebih besar pula.

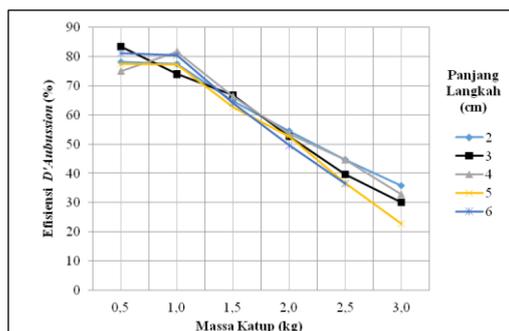


Gambar 5. Hubungan massa dan panjang langkah katup limbah terhadap debit air pemompaan (Q_p)

Gambar 5 menunjukkan hubungan antara massa dan panjang langkah katup limbah terhadap denyutan katup limbah yang dihasilkan, dimana penambahan massa dan panjang langkah katup limbah memperkecil jumlah denyutan yang terjadi, karena semakin berat katup limbah maka waktu yang dibutuhkan katup limbah untuk menutup akan semakin lambat. Semakin tinggi penambahan panjang langkah maka jarak tempuh katup juga semakin jauh sehingga semakin kecil jumlah

denyutan yang terjadi. Dari penambahan massa katup 0,5 kg sampai 1 kg mengalami penurunan denyutan lebih banyak tiga kali lipat dibandingkan penambahan massa katup 1 kg sampai 1,5 dan seterusnya sampai 3 kg. Hal ini terjadi karena massa katup limbah yang terlalu ringan pada beban 0,5 kg sehingga katup lebih cepat membuka dan menutup.

Gambar 6 menunjukkan hubungan antara massa dan panjang langkah katup limbah terhadap efisiensi $D'Aubuisson$ pompa hidram, dari grafik di atas menunjukkan bahwa efisiensi $D'Aubuisson$ pompa hidram secara keseluruhan lebih dipengaruhi oleh massa katup limbah dibanding panjang langkah katup limbah. Dimana semakin besar massa katup maka efisiensi yang dihasilkan cenderung mengalami penurunan. Dari grafik juga terlihat adanya peningkatan nilai efisiensi $D'Aubuisson$ pada perubahan massa katup dari 0,5 kg sampai 1 kg pada variasi panjang langkah 4 cm. Fenomena ini terjadi karena besaran yang digunakan dalam perhitungan nilai efisiensi adalah debit Limbah, debit pemompaan, head efektif masukkan dan head efektif pemompaan sehingga berdasarkan perhitungan, perbandingan besaran untuk massa katup 0,5 kg lebih besar dari pada massa katup 1 kg pada variasi panjang langkah 4 cm.



Gambar 6. Hubungan massa dan panjang langkah katup limbah terhadap efisiensi ($D'Aubuisson$)

KESIMPULAN

Dari hasil pengujian serta analisa data yang telah dilaksanakan, maka dapat disimpulkan bahwa Dari hasil pengujian serta

analisa data yang telah dilaksanakan, maka dapat disimpulkan bahwa terdapat hubungan positif dan signifikan antara massa katup (X_1) dan panjang langkah katup (X_2) secara simultan terhadap efisiensi pompa hidram (Y) dimana estimasi nilai dan variabel yang diteliti diperoleh persamaan regresi,

$$Y = 97,542 - 21,091X_1 - 0,768X_2.$$

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. M. Michael, S. D. Kheper, 1997, *Water Well Pump Engineering*, McGraw Hill Publishing Compact Limited, New Delhi.
- [2] Cahyanta, Y.A., IndrawanTaufik, (2008). Studi terhadap Prestasi Pompa Hidraulik Ram dengan Variasi Beban Katup Limbah, *CAKRAM* Vol. 2 No. 2 / Hal 92-96.
- [3] Hanafie, J., de Longh, H., (1979). *Teknologi Pompa Hidraolik Ram* Buku Petunjuk Untuk Pembuatan dan Pemasangan. PTP-ITB Ganesha, Bandung.
- [4] Jafri, M. Dan Limbong, I. S., 2014. *Rancangan Pompa Hidram*. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Nusa Cendana.
- [5] Jeffery, T.D., dkk. (2005). *An Introduction To Hydraulic Ram Pumps (And The DTU Range)*. The Department Technology Unit – Warwick University MDG Publishing, Warwickshire.
- [6] San, G.S., dkk (2002), *Studi Karakteristik Volume Tabung Udara dan Beban Katup Limbah Terhadap Efisiensi Pompa Hidraulik Ram*, *JURNAL TEKNIK MESIN* Vol. 4, No. 2 / Hal.81 -87.
- [7] Sermento, J.T.R (2010). *Analisa Unjuk Kerja Pompa Hidram Paralel dengan Variasi Berat Beban dan Panjang Langkah Katup Limbah*, Kupang: Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, UNDANA.
- [8] Streeter, V.E., and Wylie, E.B., 1993, *Mekanika Fluida*, Diterjemahkan Oleh Priyono, A., M.S.E., Erlangga, Jakarta.

- [9] Sudjana,. (2002). *Metoda Statistika*. Tarsito, Bandung.
- [10] Sularso,. Tahara, H,. (2004). *Pompa Dan Kompresor Pemilihan, Pemakaian dan Pemeliharaan*. Pradya Paramita, Jakarta.
- [11] White, F. M., 1994, *Fluid Mechanics*, 3rd edition, McGraw-Hill, Inc., New York.