

Investigation on Valve Snifter Design of Hydram Pump

Made Sucipta^{1,*}, Made Suarda¹ dan I Wayan Bogik Wiastra¹

¹Jurusan Teknik Mesin, Universitas Udayana - Denpasar

*Korespondensi: m.sucipta@unud.ac.id

Abstract. Hydraulic ram pumps are mechanical pumps that utilize the increased water hammer due to the sudden shutdown mechanism of the waste valve. Therefore, the hydraulic ram pump is equipped with air vessel to reduce the pulsation of the pumping water flow. Within a certain period of hydraulic ram pump operation, the amount of air present in the air vessel will continue to decrease. In order to replace the air volume in the air vessel, the hydraulic ram pump is equipped with a snifter-valve. However, in its implementation, this valve is only a hole with a diameter of $1 \div 2$ mm at a distance of about 2 cm below the delivery valve on the body of the hydraulic ram pump. On the other hand, this will reduce the water hammer pressure that occurs, furthermore, it reduces the performance of the hydraulic ram pump. Based on the working concept of snifter-valve is an automatic vacuum valve, then the concept of this valve should be a one-way valve. Therefore, in this study investigated the performance of a hydraulic ram pump equipped with a valve of bare hole 1 mm diameter and/or one-way valves in various diameters of the holes 1.0, 1.5, 2.0 and 2.5 mm. The results showed that the snifter-valve design with one-way valve system provides significantly improved pump performance compared to the snifter-valve that hole only. For the hydraulic ram pump model with $1\frac{1}{4}$ inch diameter of the drive pipe that tested, the snifter-valve with 1 mm diameter gives the best hydraulic ram pump performance.

Abstrak. Pompa ram hidrolis adalah pompa mekanis yang memanfaatkan palu air yang meningkat karena mekanisme mematikan katup limbah yang tiba-tiba. Oleh karena itu, pompa ram hidrolis dilengkapi dengan bejana udara untuk mengurangi denyut aliran air pemompaan. Dalam periode tertentu operasi pompa ram ram, jumlah udara yang ada di kapal udara akan terus menurun. Untuk mengganti volume udara di bejana udara, pompa ram hidrolis dilengkapi dengan katup pengikat. Namun, dalam pelaksanaannya, katup ini hanya berupa lubang dengan diameter $1 \div 2$ mm pada jarak sekitar 2 cm di bawah katup pengantar pada bodi pompa ram hidrolis. Di sisi lain, ini akan mengurangi tekanan palu air yang terjadi, selanjutnya mengurangi kinerja pompa ram hidrolis. Berdasarkan konsep kerja snifter-valve adalah katup vakum otomatis, maka konsep valve ini harus menjadi satu arah valve. Oleh karena itu, dalam penelitian ini diteliti kinerja pompa ram hidrolis yang dilengkapi dengan katup lubang gantung diameter 1 mm dan / atau katup satu arah pada berbagai diameter lubang 1.0, 1.5, 2.0 dan 2.5 mm. Hasilnya menunjukkan bahwa desain katup sapu tangan dengan sistem katup satu arah memberikan kinerja pompa yang jauh lebih baik dibandingkan dengan katup pengikat yang hanya lubang. Untuk model pompa ram hidrolis dengan diameter $1\frac{1}{4}$ inci dari pipa penggerak yang diuji, katup pengikat dengan diameter 1 mm memberikan kinerja pompa ram terbaik hidrolis.

Kata kunci: hydraulic ram pump, snifter-valve, valve diameter, valve design, performance

© 2017. BKSTM-Indonesia. All rights reserved

Pendahuluan

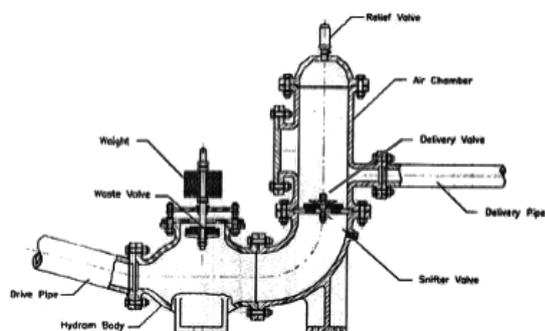
Pompa hidram (*hydraulic ram*) adalah perangkat yang memanfaatkan energi yang tersedia pada aliran terjunan air untuk memompa sebagian air tersebut ke tempat yang elevasinya lebih tinggi tanpa menggunakan energi listrik atau bahan bakar minyak [1, 2]. Pompa hidram pertama kali dirancang di Inggris pada akhir abad ke-18 oleh John Whitehurst, yang aslinya diberi nama "*pulsation engine*". Desain generasi berikutnya dilakukan oleh Joseph Michel Montgolfier dan dipatenkan pada tahun 1797. Pompa hidram dalam sejarah perkembangannya digunakan sebagai peralatan irigasi untuk menyediakan air pada lokasi dimana energi listrik tidak tersedia. Keuntungan utama pompa

hidram adalah strukturnya sederhana, menggunakan sumber energi terbarukan dan handal.

Komponen pompa hidram adalah bak suplai air, pipa penggerak, badan pompa, katup limbah (*waste atau impulse valve*), katup tekan (*delivery valve*), katup hirup udara (*snifter valve*), tabung udara, dan pipe penyalur [3]. Mekanisme kerja katup limbah tersebut mengakibatkan terjadinya palu air (*water hammer*) saat katup limbah tersebut menutup tiba-tiba. Energi tekanan palu air ini yang dimanfaatkan dalam siklus pompa hidram [4]. Katup limbah terutama berpengaruh pada besarnya gaya impulse yang dibangkitkan [5]. Pada operasi pompa hidram, dalam kurun waktu tertentu volume udara dalam tabung udara secara bertahap akan berkurang keluar bersama air hasil pemompaan untuk itu dibutuhkan

suplai udara ke dalam badan pompa melalui katup hirup udara (*snifter-valve*).

Dalam implementasinya, katup *snifter-valve* ini umumnya hanya didesain berupa lubang berdiameter 1 ÷ 2 mm pada jarak sekitar 2 cm di bawah katup tekan pada badan pompa hydram, seperti pada gambar 1. Hal ini akan dapat mengakibatkan berkurangnya tekanan water hammer yang terjadi karena terjadi kebocoran aliran melalui lubang tersebut sehingga akan dapat pula mengurangi unjuk kerja pompa hydram. Berdasarkan konsep kerjanya bahwa *snifter-valve* adalah katup anti vakum otomatis dimana akan menutup saat proses kompresi dan membuka saat recoil atau pressure back, maka konsep katup ini semestinya adalah katup satu arah (*non-return valve* atau *check valve*). Desain katup satu arah yang akan diinvestigasi pada penelitian tersebut adalah jenis katup yang berbentuk bola atau peluru. Bentuk bola dipilih mengingat bola lebih mudah gerak membuka dan menutupnya dibandingkan bentuk piringan (*disc*).



Gambar 1. Komponen – komponen utama pompa hydram [6]



Lubang Snifter-valve

Gambar 2. Lubang *snifter-valve* pada pompa hydram

Pada millenium kedua ini pompa hydram telah banyak digunakan oleh masyarakat. Suarda dan Sukadana telah mengimplementasikan pompa hydram dengan katup tekan model membran untuk

memompa air untuk pelayanan masyarakat di desa Belantih kecamatan Kintamani kabupaten Bangli [7]. Disamping itu pompa hydram tersebut dibuat dengan konstruksi menggunakan sistem sambungan flange dan baut-mur untuk mempermudah dalam perakitan dan pembongkaran terutama dalam perbaikan katupnya. Sejalan dengan disain konstruksi tersebut, Yang mengajukan disain baru (*novel*) pompa hydram dengan catatan bahwa disarankan untuk tidak menggunakan pembesaran konis pada bagian katup limbahnya tetapi cambered diffuser dengan sudut antara 25° dan 90°, untuk menghindari distribusi tekanan yang tidak simetris pada piringan katup limbah [8]. Mengingat pada pompa hydram hanya ada dua bagian yang bergerak, yaitu katup limbah dan katup tekan, yang desainya sangat menentukan performnasi pompa hydram, maka Suarda telah mengkaji gaya-gaya yang terjadi pada kedua katup tersebut dengan analisa aljabar [9]. Secara umum, metode yang dapat digunakan dalam pertimbangan utama perencanaan dan aplikasi dengan berbagai cara telah diusulkan oleh Balguda [10]. Namun, menurut Nambiar katup limbah merupakan komponen kunci utama dalam pompa hydram sehingga memerlukan perhatian dalam pengembangan dan optimasi lebih lanjut dalam peningkatan efisiensi total sistem pompa hydram [11].

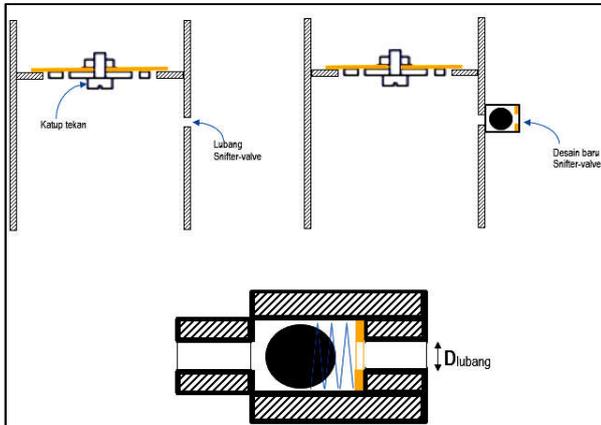
Oleh sebab itu perlu dilakukan penelitian untuk menginvestigasi unjuk kerja dan distribusi tekanan dalam pompa hydram yang dilengkapi dengan *snifter-valve* hanya berupa lubang berdiameter 1 mm dan/atau katup satu arah pada berbagai variasi diameter lubangnya yaitu 1,0; 1,5; 2,0 dan 2,5 mm.

Penelitian ini sangat penting dilaksanakan karena masih minimnya penelitian dan pengembangan disain pompa hydram, terutama referensi dalam penentuan dimensi-dimensi katup limbahnya. Dengan disain katup limbah yang lebih tepat diharapkan dapat dihasilkan unjuk kerja pompa hydram lebih optimal. Selanjutnya dengan tersedianya disain tersebut diharapkan dapat mengembangkan pembuatan dan pemanfaatan pompa hydram di masyarakat.

Metode Penelitian

Mengingat dalam implementasinya di masyarakat *snifter-valve* pada pompa hydram hanya berupa lubang kecil berdiameter sekitar 1÷2 mm, maka di tahun pertama, penelitian dilakukan untuk membandingkan unjuk kerja sistem pompa hydram dengan *snifter-valve* hanya berupa lubang berdiameter 1 mm dan desain/model *snifter-valve* berupa katup satu arah, seperti pada gambar 2, dengan berbagai variasi diameter yaitu 1,0; 1,5; 2,0 dan 2,5

mm. Pengujian tersebut akan dilakukan secara eksperimen pada model pompa hydam yang telah terpasang di laboratorium Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin FT-UNUD, seperti pada gambar 3.



Gambar 3. Desain Snifter-valve

Persamaan debit *V-notch weir* yang digunakan adalah persamaan Kindvater-Shen [12], yaitu:

$$Q = 4,28. C. \tan\left(\frac{\theta}{2}\right) (h + k)^{5/2} \quad (1)$$

dimana:

$$C = 0,607165052 - 0,000874466963. \theta + 6,10393334. 10^{-6} \theta^2$$

$$k = 0,0144902648 - 0,00033955535. \theta + 3,29819003. 10^{-6} \theta^2 - 1,06215442. 10^{-8} \theta^3$$

Dimana Q adalah debit aliran air (cfs), C adalah koefisien debit aliran, θ sudut *V-notch weir*, h adalah tinggi aliran melewati *V-notch weir*, dan k adalah faktor koreksi aliran *V-notch weir* (ft).

Metode umum yang digunakan untuk menghitung efisiensi instalasi pompa hydam adalah metode Rankine, yaitu [13]:

$$\eta_R = \frac{Q_d H_d}{(Q_d + Q_w) H_s} 100\% \quad (2)$$

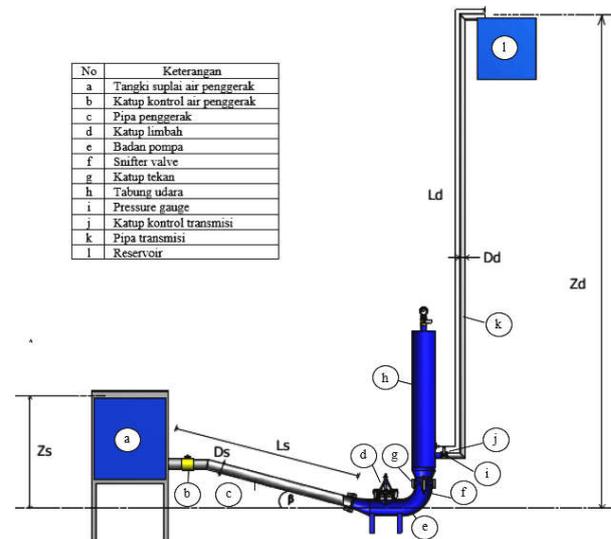
Dimana η_R adalah efisiensi total sistem pompa hydam (%), Q_w adalah debit aliran air keluar dari katup limbah (m^3/dt), Q_d adalah debit aliran air pemompaan (m^3/dt), H_s adalah head suplai air penggerak (m), dan H_d adalah head pemompaan (m).

Pada penelitian ini pengujian eksperimental dilakukan pada sistem instalasi pompa hydraulic ram seperti pada gambar 4. Penelitian ini dilakukan pada model pompa hydraulic ram dengan spesifikasi sebagai berikut:

- 1) Tinggi permukaan air ada bak penggerak (*drive head*), $Z_s=1.82$ m
- 2) Tinggi pemompaan (*delivery head*) $Z_d = 2.02$ m, penambahan variasi delivery head diatur

dengan mengatur bukaan katup kontrol pada pipa penyalur.

- 3) Diameter pipa penggerak $D_s = 36$ mm dengan panjang $L_s = 12.2$ m.
- 4) Diameter pipa penyalur $D_d = 12$ mm dengan panjang 1.36 m.
- 5) Diameter piringan katup limbah adalah 47 mm, dan panjang langkah 6.0 mm.
- 6) Variasi diameter lubang *snifter-valve*: 1,0, 1,5, 2,0, dan 2,5 mm.
- 7) Massa katup limbah (bagian yang bergerak) 490 gram
- 8) Volume tabung tekan 0,0083 m^3



Gambar 4. Skema instalasi pengujian sistem pompa hydam

Pengujian katup tekan pada sistem pompa hydam di laboratorium dilakukan melalui tahap-tahap pengujian sebagai berikut:

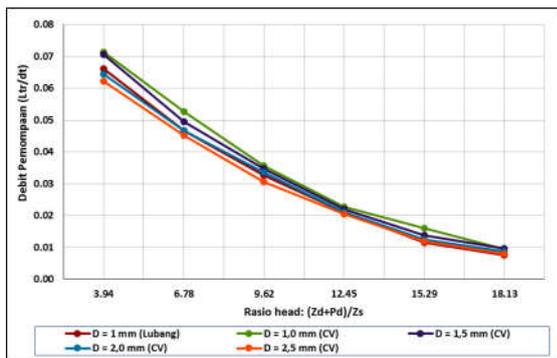
1. Persiapan pompa dan alat bantu pengujian katup limbah, dengan ketinggian air suplai $Z_s = 1,52$ meter, diameter pipa penggerak 1/4 inci dan panjang $L_s = 9$ meter.
2. Setup pompa hydam dengan *snifter-valve* berupa lubang berdiameter 1,0 mm.
3. Setup ketinggian pemompaan $Z_d = 2$ meter
4. Alirkan air ke bak penggerak sampai penuh dan dijaga dalam kondisi selalu over-flow supaya ketinggian head penggerak konstan
5. Buka katup kontrol suplai air penggerak, untuk mengalirkan air dari tangk suplai ke badan pompa.
6. Start kerja pompa dengan cara membuka dan menutup katup limbah agar pompa dapat bekerja dan biarkan pompa berjalan beberapa saat
7. Setup head tekanan pemompaan (P_d) 0,5 bar
8. Setelah pompa bekerja dan telah stabil lakukan pencatatan data seperti tinggi air pada V-notch weir (hvw) yang keluar dari katup limbah,

waktu untuk volume air 10 liter yang keluar dari pipa penyaluran/delivery (T_d), tekanan pada manometer pipa penyaluran air pemompaan (P_d), dan frekuensi siklus kerja pompa (F).

9. Ulangi langkah 8 sebanyak 3 (tiga) kali
10. Ulangi langkah 7 sampai dengan 8 untuk head tekanan pemompaan (P_d): 0,5 1,0, 1,5, 2,0, 2,5, dan 3,0 bar
11. Ulangi langkah 3 sampai dengan 10 untuk desain/model *snifter-valve* berupa katup satu arah dengan variasi diameter yaitu 1,0, 1,5, 2,0 dan 2,5 mm.

Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan data hasil pengujian yang didapatkan dan kemudian unjuk kerja pompa hydam pada variasi diameter lubang snifter-valve pompa hydam yang diuji pada berbagai rasio head pemompaan terhadap head statis suplai air penggerak pompa hydam dapat digambarkan seperti pada gambar 5 – 8.

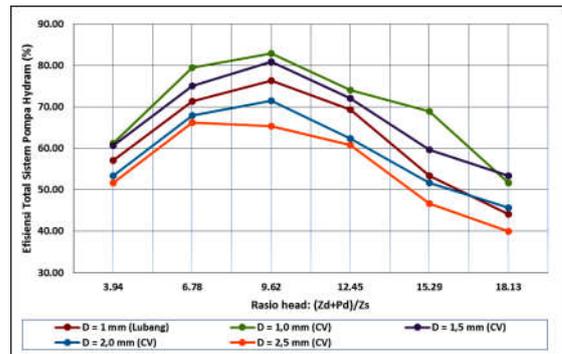


Gambar 5. Debit pemompaan

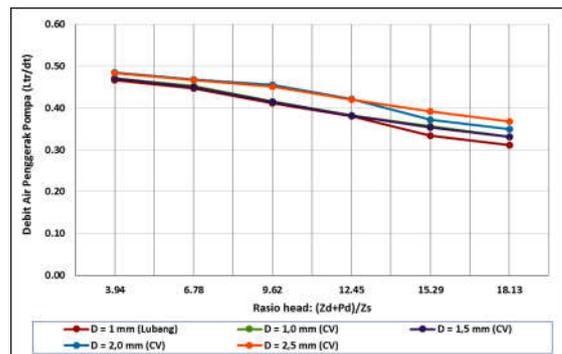
Gambar 5 menunjukkan pengaruh desain snifter-valve terhadap debit pemompaan pompa hydam. Secara umum semakin tinggi head pemompaan debit pemompaan pompa hydraulic ram semakin kecil. Hal ini disebabkan karena semakin tinggi head pemompaan semakin besar head losses yang terjadi. *Snifter-valve* yang dibuat dengan desain katup satu arah (CV) berdiameter 1 mm menghasilkan debit pemompaan yang lebih besar dibandingkan dengan snifter-valve yang hanya berupa lubang berdiameter yang sama yaitu 1 mm. Selanjutnya *Snifter-valve* (CV) berdiameter 1 mm dan 1,5 mm debit pemompaan yang dihasilkan lebih besar dari *Snifter-valve* (lubang), sedangkan yang berdiameter 2,0 mm dan 2,5 mm debit pemompaan yang dihasilkan lebih kecil dari *Snifter-valve* (lubang).

Gambar 6 menunjukkan pengaruh desain snifter-valve terhadap efisiensi total sistem pompa hydam. *Snifter-valve* yang dibuat dengan desain katup satu arah (CV) berdiameter 1 mm dan 1,5 mm memberikan efisiensi total yang lebih besar dibandingkan dengan *snifter-valve* yang hanya berupa

lubang berdiameter yang sama yaitu 1 mm. Sedangkan *Snifter-valve* (CV) yang berdiameter 2,0 mm dan 2,5 mm menghasilkan efisiensi total yang lebih kecil dari *Snifter-valve* (lubang). Selanjutnya, efisiensi tertinggi sistem pompa hydam yang diuji dicapai pada rasio head pemompaan 9,62 atau sekitar 10. Ini berarti jika head atau tinggi sumber air penggerak pompa hydam 2 meter maka efisiensi tertinggi dicapai pada head atau tinggi pemompaan 20 meter.

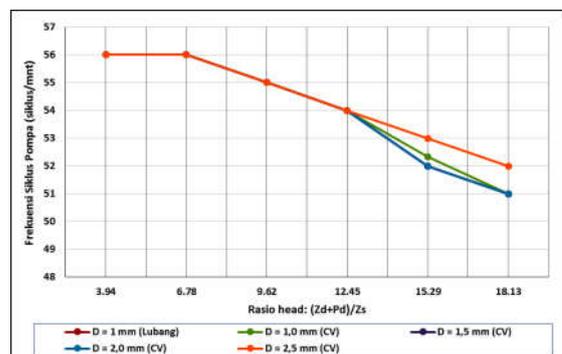


Gambar 6. Efisiensi total pompa hydam



Gambar 7. Debit suplai penggerak pompa hydam

Selanjutnya, gambar 7 menunjukkan bahwa semakin besar diameter lubang *Snifter-valve* semakin besar pula debit suplai air penggerak pompa hydam yang dibutuhkan. Hal ini disebabkan karena sesuai persamaan kontinuitas, semakin besar luas penampang aliran maka semakin besar pula debit aliran fluida yang mengalir.



Gambar 8. Debit suplai penggerak pompa hydam

Sedangkan diameter lubang *Snifter-valve* hampir tidak mempengaruhi frekuensi siklus pompa

hydram, seperti ditunjukkan pada gambar 8. Namun, semakin tinggi head pemompaan akan mengakibatkan menurunnya frekuensi siklus pompa hydram.

Jadi, desain *snifter-valve* yang dilengkapi sistem katup satu arah (CV) memberikan perbaikan unjuk kerja pompa secara signifikan. Demikian pula variasi diameter lubang *snifter-valve* berpengaruh signifikan terhadap unjuk kerja pompa hydram. Untuk model pompa hydram dengan pipa penggerak berdiameter 1¼ inchi, diameter *snifter-valve* (CV) 1 mm memberikan unjuk kerja pompa hydram yang terbaik.

Namun, perlu dipertimbangkan diameter lubang *snifter-valve* yang lebih besar untuk sistem pompa hydram yang lebih besar mengingat dimensi pipa penggerak dan tabung udaranya juga lebih besar. Untuk itu dibutuhkan penelitian lebih lanjut pada variasi diameter badan pompa hydram dan pipa penggerak. Disamping itu, perlu dilakukan pengujian pada periode waktu yang lebih lama, misal satu minggu atau lebih untuk mengetahui pengurangan atau penambahan volume udara pada tabung udara pompa hydram.

Kesimpulan

Desain *snifter-valve* yang dilengkapi sistem katup satu arah memberikan perbaikan unjuk kerja pompa secara signifikan dibandingkan dengan *snifter-valve* yang hanya berupa lubang. Selanjutnya variasi diameter lubang *snifter-valve* berpengaruh signifikan terhadap unjuk kerja pompa hydram. Untuk model pompa hydram dengan pipa penggerak berdiameter 1¼ inchi yang diuji, diameter *snifter-valve* (CV) 1 mm memberikan unjuk kerja pompa hydram yang terbaik.

Permakluman

Penulis menyampaikan ucapan terimakasih yang sedalam-dalamnya kepada Fakultas Teknik Universitas Udayana atas dukungan pendanaan yang diberikan melalui skim penelitian Unggulan Udayana tahun akademik 2017.

Referensi

- [1] Celik, E., 2012. "Interactive Ram Pump Display Project", in International Mechanical Engineering Congress & Exposition - IMECE, Proceedings of the ASME 2012, The American Society of Mechanical Engineers, Houston, Texas, Hal. 1-10.
- [2] Inthachot, M. dkk., 2015, "Hydraulic Ram Pumps for Irrigation in Northern Thailand", in

Agriculture and Agricultural Science Procedia Vol. 5 Hal.107-114.

- [3] Diwan, P. dkk., 2016. "Design and Fabrication of Hydraulic Ram with Methods of Improving Efficiency", in International Journal of Current Engineering and Scientific Research (IJCESR), Vol. 3 No. 4 Hal. 5-13.
- [4] Pathak, A. dkk., 2016. "Design of Hydraulic Ram Pump", in International Journal for Innovative Research in Science & Technology, Vol 2 No. 10 Hal. 290-293.
- [5] Deo, A. dkk., 2016. "Design Methodology for Hydraulic Ram Pump", in International Journal for Innovative Research in Science & Technology, Vol 5 No. 4 Hal. 4737- 4745.
- [6] Tessema, A.A., 2000. "Hydraulic Ram Pump System Design and Application", in ESME 5th Conference on Manufacturing and Process Industry Hal. 51-59.
- [7] Suarda, M. dkk., 2013. "Perancangan dan Pengujian Unjuk Kerja Katup Tekan Pompa Hydram Model Plat, Membran, Bola dan Setengah-Bola", Prosiding: Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM – XII), Hal. 387 – 394, Bandar Lampung.
- [8] Yang, K.L. et al., 2014. "Design and Hydraulic Performance of a Novel Hydram", 11th International Conference on Hydroinformatics No.108, New York City.
- [9] Suarda, M., 2015. "Forces Analysis on a Spherical Shaped Delivery Valve of Hydraulic ram Pump", in Applied Mechanics and Materials, Vol. 776 Hal. 377-383.
- [10] Balguda, R.D. et al., 2015. "Designing of Hydraulic Ram Pump", in International Journal of Engineering and Computer Science, Vol 4, No 5.
- [11] Nambiar, P. dkk., 2015. "Hydraulic Ram Pump Maximizing efficiency", in International Conference on Technologies for Sustainable Development (ICTSD), Mumbai – India.
- [12] LMNO Engineering, 2015. "V-Notch Weir Discharge Calculator and Equations", <http://www.lmnoeng.com/weirs/vweir.php>.
- [13] Taye, T., 1998. "Hydraulic Ram Pump", in Journal of the ESME. Vol. II.