

OPTIMASI MASSA KATUP LIMBAH POMPA HYDRAM TERPASANG DI WILAYAH MUNDUK GUNUNG DESA PETANG

M. Suarda¹, N.M. Suaniti², M. Sucipta³, N. Suweden⁴, dan I.G.K. Dwijana⁵

ABSTRAK

Paper ini menginvestigasi pengaruh massa katup limbah pompa hydram yang telah didesain dan dipasang untuk menyalurkan air bersih ke perumahan penduduk di wilayah Munduk Gunung Desa Petang. Di wilayah ini fasilitas pelayanan air bersih masyarakat masih minim, dimana masyarakat masih mengandalkan air hujan atau membeli air tangki. Wilayah permukiman ini berada pada dataran tinggi (512 mdpl), sedangkan sumber air yang tersedia berada di dataran rendah (410 m.dpl) dengan perbedaan elevasi 102 meter. Jarak dari mata air ke reservoir adalah 600 meter melalui tebing yang terjal. Hasil survei awal menunjukkan bahwa mata air tersebut mempunyai kapasitas aliran sekitar 3 liter/detik dan potensi terjunan/head 4,5 meter. Pompa hydram telah didesain, dibuat, dipasang dan dioperasikan yang didukung pendanaannya melalui hibah pengabdian PNBP Universitas Udayana skim PUMA. Pengujian unjuk kerja pompa hydram telah dilakukan pada lima variasi massa katup limbahnya. Pengujian performansi menunjukkan bahwa pompa hydram ini mencapai performansi optimalnya pada massa katup limbahnya 3.25 kg. Pada kondisi optimal tersebut pompa hydram ini beroperasi pada efisiensi totalnya 95% dengan debit pemompaan 0,115 lt/dt atau 9,94 m³/hari) pada ketinggian elevasi pemompaan 102 meter, dengan nilai ekonomi yang dirikan mencapai Rp. 17.885.000 per bulan. Jadi dengan biaya investasi sekitar Rp. 42.500.000 dan hampir tidak membutuhkan biaya operasional karena tidak membutuhkan bahan bakar atau energi listrik maka tentunya pompa hydram ini sangat menguntungkan untuk diaplikasikan.

Kata kunci : Pompa hydram, massa katup limbah, performansi pompa, wilayah Munduk Gunung, Desa Petang.

ABSTRACT

This paper investigated the effect of the mass on the the waste valve of hydraulic ram pump that has been designed and installed to deliver clean water to the community house in the Munduk Gunung area, Petang Village. In this area, the community's clean water service facilities are still minimal, and people still rely on rainwater or buy water tanks. This residential area is located in the highlands (512 m.swl), while the available water sources are in the lowlands (410 m.swl) with an elevation difference of 102 meters. The distance from the spring to the reservoir is 600 meters through a steep cliff. Initial survey results show that the spring has a flow capacity of about 3 liters/second and a potential head of 4.5 meters. The hydraulic ram pump has been designed, built, installed, and operated with funding supported through the PNBP service grant from Udayana University, the PUMA scheme. The hydraulic ram pump performance test has been carried out on five variations of the waste valve mass. Performance testing shows that this hydraulic ram pump reaches its optimal performance at a mass of 3.25 kg of waste valve. Under these optimal conditions, this hydraulic ram

¹ Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Udayana, Badung-Bali, made.suarda@unud.ac.id.

² Program Studi Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Udayana, Badung-Bali, madesuaniti@unud.ac.id.

³ Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Udayana, Badung-Bali, m.sucipta@unud.ac.id.

⁴ Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana, Badung-Bali, suweden@ee.unud.ac.id.

⁵ Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Udayana, Badung-Bali, komang.dwijana@unud.ac.id.

Submitted: 29 Oktober 2022

Revised: 14 April 2023

Accepted: 14 April 2023

pump operates at a total efficiency of 95% with a pumping flow of 0.115 lt/sec (or 9.94 m³/day) at a pumping elevation of 102 meters, with an economic value of up to Rp. 17,885,000 per month. Therefore, it has an investment cost of around Rp. 42,500,000 and requires almost no operational costs because it does not require fuel or electrical energy, consequently, this hydraulic ram pump is very profitable to apply.

Keywords: Hydraulic ram pump, waste valve mass, pump performance, Munduk Gunung area, Petang village.

1. PENDAHULUAN

Wilayah permukiman masyarakat di wilayah Munduk Gunung Banjar Dinas Petang Suci Desa Petang Badung-Bali merupakan daerah permukiman yang belakangan baru berkembang sebagai akibat dari banyaknya masyarakat yang mendirikan perumahan di areal perkebunannya, sehingga fasilitas umum yang tersedia masih minim. Salah satunya adalah belum tersedianya fasilitas pelayanan air bersih masyarakat, dimana masyarakat masih mengandalkan air hujan atau membeli air tangki. Sesuai dengan nama wilayahnya wilayah permukiman ini berada pada dataran tinggi (512 m.dpl), sedangkan sumber air yang tersedia berada di dataran rendah (410 m.dpl) dengan perbedaan elevasi 102 meter. Jarak dari mata air ke reservoir adalah 600 meter melalui tebing yang terjal. Hasil survei awal menunjukkan bahwa mata air tersebut mempunyai kapasitas aliran sekitar 3 liter/detik dan potensi terjunan 4,5 meter.

Belum tersedianya sistem pelayanan air bersih di wilayah Munduk Gunung Banjar Dinas Petang Suci dapat diatasi dengan memanfaatkan potensi sumber air yang ada. Berdasarkan data sumber air yang ada, maka pompa hydrum dengan desain optimal yang dibuat akan mampu menyediakan air bersih untuk konsumsi sehari-hari masyarakat. Hasil pemompaan satu unit pompa ini akan mampu melayani kebutuhan air bersih sekitar 125 jiwa penduduk (25 KK). Dalam mendesain dan membuat pompa hydrum akan diimplementasikan desain baru pompa hydrum dengan katup limbah dan tekan sesuai hasil penelitian Suarda dkk. (2018), dimana model baru katup tersebut dapat memberikan unjuk kerja yang optimal, dan mudah dioperasikan dan dipelihara/diperbaiki. Desain dan pembuatan pompa hydrum dilakukan oleh tim pengabdian Universitas Udayana, sedangkan semua kegiatan pelaksanaan pemasangan pompa dan perpipaannya di lapangan dikerjakan oleh seluruh anggota masyarakat secara gotong royong. Kegiatan ini diharapkan hasil penelitian teknologi tepat guna yaitu pompa hydrum dengan desain katup limbah dan tekan yang optimal dapat diimplementasikan untuk kesejahteraan dan kesehatan masyarakat.

2. METODE PELAKSANAAN

Pompa hydrum merupakan teknologi tepat guna untuk memompa air dengan memanfaatkan energi aliran air itu sendiri (Sheikh dkk., 2013). Pompa ini desainnya sederhana sehingga mudah dibuat dan dioperasikan dan tidak membutuhkan bahan bakar atau energi listrik, sehingga sangat cocok diterapkan di wilayah pedesaan. Sebagai sumber energi penggerak, air dari bak *drive* dialirkan melewati pipa penggerak. Sebagai akibat siklus kerja pompa hydrum dimana aliran air penggerak dihentikan tiba-tiba dan kemudian mengalir kembali maka aliran dalam pipa penggerak tersebut adalah aliran tidak tunak (Renie & Bunt, 1981). Untuk menyalurkan air hasil pemompaan dipasang pipa *delivery* (Jafri dan Sanusi, 2019). Jenings (1996) merekomendasikan diameter pipa penyalur normalnya adalah setengah dari diameter pipa penggerak.

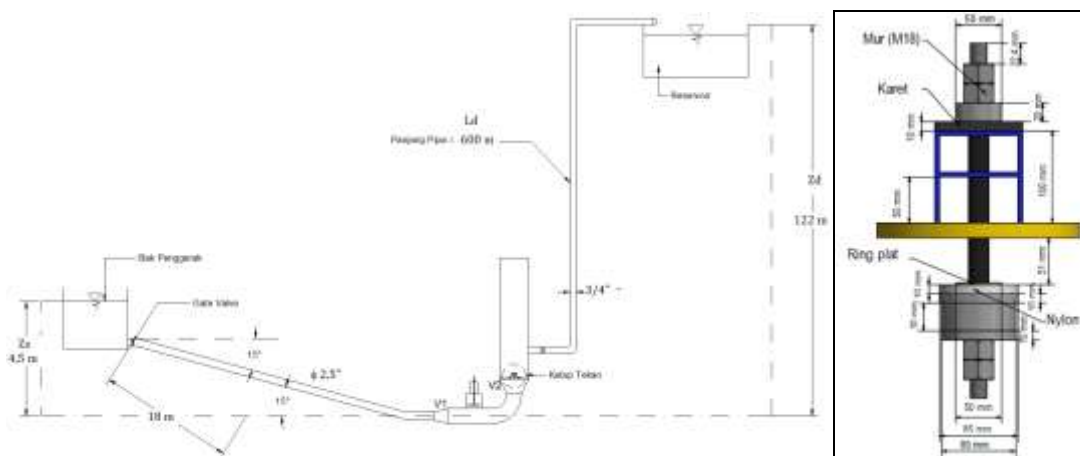
Pompa hydrum dilengkapi dua buah katup yaitu katup limbah dan katup tekan, sehingga tekanan tinggi akibat terjadinya palu air akan terjadi pada bagian ini (Suarda, 2015). Badan pompa hydrum dapat dibuat dari aksesoris pipa seperti *tee*, *elbow* dan *diffuser* jenis *black steel* yang disambung dengan cara pengelasan agar pengerjaannya lebih sederhana dan lebih murah. Komponen-

komponen pompa hydam disarankan menggunakan sistem sambungan flange yang dirakit dengan baut untuk mempermudah pemeliharannya (Suarda dan Sukadana, 2013). Luas penampang badan pompa adalah dua kali luas penampang pipa penggeraknya (Hanafie & Longh, 1979). Namun, Yang *et al* (2014) menyarankan untuk tidak menggunakan pembesaran konis akan tetapi pembesaran melengkung dengan sudut antara 25° dan 90°. Suarda *dkk.* (2019) merekomendasikan luas penampang badan pompa yang optimal adalah 1,8 kali luas penampang pipa penggeraknya. Luas penampang badan pompa adalah dua kali luas penampang pipa penggeraknya (Hanafie & Longh, 1979). Pada badan pompa tersebut terpasang tabung udara untuk menghindari kerusakan akibat tingginya fluktuasi tekanan saat terjadinya *water-hammer* (Tessema, 2000; Patak *et al.*, 2016). Pemasangan tabung udara dapat meningkatkan efisiensi pompa hydam secara signifikan 19% dibandingkan tanpa tabung udara (Suarda dan Wirawan, 2008).

Massa atau berat katup limbah mempengaruhi cepat atau lambatnya membuka dan menutupnya katup tersebut pada siklus pompa hydam, sehingga mempengaruhi frekuensi siklusnya (Chi & Diemer, 2002). Oleh sebab itu massa katup limbah yang tepat akan menghasilkan unjuk kerja pompa hydam yang optimal. Diameter lubang dan disk katup limbah mempengaruhi perubahan kecepatan aliran yang keluar dari badan pompa sehingga menentukan besar kecilnya perubahan momentum dan gaya impulse yang dihasilkan (Young, 1997). Berdasarkan gaya tekanan air yang bekerja pada katup limbah Suarda *dkk.* (2018) telah merekomendasikan diameter lubang katup limbah adalah 1,35 kali diameter pipa penggeraknya. Disamping itu diusulkan formula untuk mengestimasi massa katup limbah.

$$m_{wp} = C_f \cdot \rho \cdot H_s \cdot A_{vd} \cdot \sin(\theta) \quad (1)$$

Dimana C_f adalah koefisien aliran (0,25~0,35), ρ adalah massa jenis air, H_s adalah ketinggian statis air di tangki penggerak, A_{vd} adalah luas piringan katup limbah, dan θ adalah sudut kemiringan pipa penggerak. Luas penampang aliran antara disk dan lubang pada katup limbah akan menentukan besarnya daya dan debit pemompaan (Suarda *dkk.*, 2019) sehingga dimensi katup limbah tersebut harus dirancang dengan tepat untuk menghasilkan unjuk kerja yang optimal. Untuk menghindari percepatan aliran melewati lubang katup limbah Young (1997) menyarankan untuk membuat diameter lubang katup limbah lebih besar daripada diameter pipa penggeraknya.



Gambar 2.1. Skema instalasi sistem pompa hydam dan katup limbah

Pada perencanaan sistem air bersih di dusun Bon dimana dilakukan perhitungan terhadap kebutuhan air penduduk, menentukan spesifikasi pompa hidram. Skema dasar sistem pompa hydam adalah seperti pada Gambar 2.1. Air dari sumber air akan ditampung di bak penampungan sumber air (bak penggerak), kemudian dialirkan melalui pipa ke badan pompa akibat energi potensial yang dimiliki. Hasil pemompaannya disalurkan melalui pipa penyalur menuju bak

penampung air hasil pemompaan pada elevasi yang lebih tinggi. Selanjutnya air tersebut disalurkan ke rumah penduduk melalui pipa distribusi secara gravitasi karena beda tinggi antara tanki reservoir dan rumah penduduk.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada pelaksanaan kegiatan ini, pemasangan pompa hydrum dan instalasi pipa *drive* dan pipa transmisinya dilakukan bersama-sama anggota tim pengelola air bersih Munduk Gunung. Mereka bergotong royong untuk menggali pondasi pompa dan bak air penggerak serta jalur pipa penggerak, kemudian komponen pompa seperti badan pompa dan katupnya, dirakit sehingga menjadi unit pompa hydrum seperti pada Gambar 3.1 Setelah semua instalasi pompa hydrum terpasang, kemudian dilakukan uji coba operasi pompa hydrum disertai penyetulan massa dan langkah katup limbah.

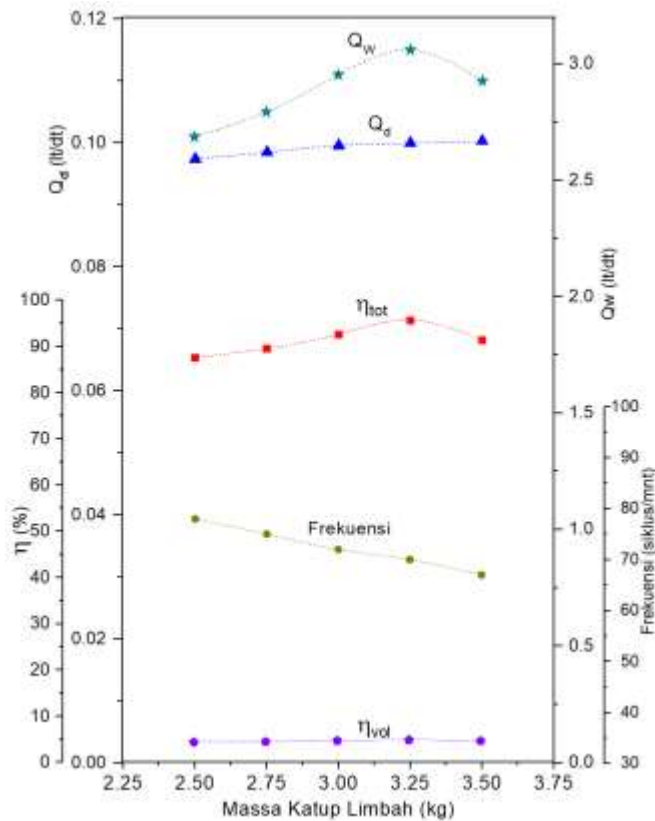


Gambar 3.1 Pemasangan dan pengoperasian instalasi sistem pompa hydrum

Setelah pompa hydrum dibuat, dipasang dan dioperasikan sekitar dua minggu, dimana pompa telah dapat beroperasi pada kondisi stabil, dilakukan pengujian unjuk kerja pompa hydrum tersebut pada variasi massa katup limbahnya. Untuk mengetahui performansi pompa hydrum tersebut perlu dilakukan pengukuran parameter unjuk kerja pompa hydrum yang meliputi: massa katup limbah (m_{KL}), debit air yang mengalir pada pipa drive sebagai penggerak pompa hydrum (Q_s), frekuensi siklus pompa hydrum (F), debit pemompaan (Q_d), beda tinggi antara badan pompa hydrum dengan permukaan air pada bak drive (Z_s), beda tinggi antara badan pompa hydrum dengan permukaan air pada reservoir (Z_d). Pengukuran ini akan dilakukan setelah pompa bekerja stabil. Adapun hasilnya adalah seperti pada Tabel 3.1. Pengujian dilakukan pada lima variasi massa katup limbah (m_{KL}). Pengolahan data menghasilkan performansi pompa hydrum yang meliputi: head suplai (H_s) dan pemompaan (H_d), debit air limbah (Q_w) dan pemompaan (Q_d), daya suplai air penggerak (W_s) dan pemompaan (W_d), efisiensi volumetris (η_v) dan total (η_t), dan frekuensi (F) siklus pompa hydrum. Gambar 3.2 menampilkan unjuk kerja pompa hydrum tersebut.

Tabel 3.1. Parameter unjuk kerja pompa hydrum hasil pengukuran dan pengolahan data

m_{KL} (kg)	Z_s (m)	Z_d (m)	Q_w (lt/dt)	Q_d (lt/dt)	W_s (Watt)	W_d (Watt)	η_v (%)	η_t (%)	F (bits/mnt)
2.50	4.5	102	2.592	0.101	115.96	101.63	3.90	87.64	78
2.75	4.5	102	2.621	0.105	117.74	105.40	4.01	89.52	75
3.00	4.5	102	2.650	0.111	120.25	111.43	4.19	92.66	72
3.25	4.5	102	2.660	0.115	120.55	115.44	4.32	95.76	70
3.50	4.5	102	2.669	0.110	120.83	110.42	4.12	91.38	67



Gambar 3.2 Performansi pompa hydram “Munduk Gunung”

Gambar 3.2 menunjukkan bahwa debit suplai air sumber penggerak pompa cenderung meningkat dengan bertambahnya massa katup limbah (m_{KL}) walaupun head geodetik (Z_s) dan head pemompaan tetap yaitu 4,5 meter dan 102 meter secara berturutan. Seiring dengan bertambahnya energi kinetik penggerak pompa hydram (Q_s makin besar) mengakibatkan debit pemompaan (Q_d) yang dihasilkan cenderung meningkat pula. Debit suplai dan pemompaan maksimum dihasilkan pada massa katup limbah 3,25 kg. Selanjutnya, frekuensi siklus kerja pompa (F) semakin kecil dengan meningkatnya massa katup limbah. Hal ini disebabkan karena semakin berat katup limbah membutuhkan gaya impulse atau perubahan momentum aliran yang lebih besar pula. Frekuensi siklus kerja pompa hydram berada pada kisaran 67~78 siklus/menit yang merupakan siklus kerja normal pompa hydram secara umum. Efisiensi volumetris dan efisiensi total pompa hydram tersebut juga cenderung meningkat dan mencapai nilai maksimum pada massa katup limbahnya (m_{KL}) 3,25 kg. Hal ini dicapai akibat peningkatan debit pemompaan lebih besar daripada peningkatan debit suplai air penggerak pompanya pada range massa katup limbah 2,5~2,25 kg. Sedangkan pada massa katup limbah yang lebih besar debit suplai air penggerak, debit pemompaan, efisiensi volumetris dan efisiensi totalnya menurun. Jadi, pompa hydram tersebut menghasilkan performansi pompa terbaiknya pada massa katup limbah 3,25 kg.

Pompa hydram tersebut menghasilkan debit pemompaan maksimum 0,115 lt/dt (9,94 m³/hari) pada ketinggian elevasi pemompaan 102 meter dengan efisiensi total sistem pompa hydram 95,76%. Jika harga beli air dari mobil tangki adalah Rp. 60.000 per meter kubik, maka debit pemompaan tersebut mempunyai nilai ekonomis sekitar Rp. 596.000 per hari atau Rp. 17.885.000 per bulan atau Rp. 214.500.000 per tahun. Jadi dengan biaya investasi sekitar Rp. 42.500.000 dan hampir tidak membutuhkan biaya operasional karena tidak membutuhkan bahan bakar atau energi listrik maka tentunya pompa hydram ini sangat menguntungkan untuk diaplikasikan.

4. KESIMPULAN

Sistem pompa hydram di wilayah Munduk Gunung Desa Petang telah terpasang dan beroperasi dengan lancar. Pengujian performansi menunjukkan bahwa pompa hydram ini mencapai performansi optimalnya pada massa katup limbahnya 3.25 kg. Pada kondisi optimal tersebut pompa hydram ini beroperasi pada efisiensi totalnya 95% dengan debit pemompaan 0,115 lt/dt atau 9,94 m³/hari pada ketinggian elevasi pemompaan 102 meter, dengan nilai ekonomi yang dierikan mencapai Rp. 17.885.000 per bulan. Jadi dengan biaya investasi sekitar Rp. 42.500.000 dan hampir tidak membutuhkan biaya operasional karena tidak membutuhkan bahan bakar atau energi listrik maka tentunya pompa hydram ini sangat menguntungkan untuk diaplikasikan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih disampaikan kepada Fakultas Teknik dan Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Udayana atas dukungan pendanaan yang diberikan melalui skim PUMA tahun anggaran 2022.

DAFTAR PUSTAKA

- Chi, M. and Diemer, P. (2002). *Hydraulic Ram Handbook*. Bremen Overseas Research and Development Association, Bremen.
- Hanafie and Longh (1979). *Teknologi Pompa Hidraulik Ram*, Pusat Teknologi Pembangunan, ITB, Bandung
- Jafri, M. and Sanusi, A. (2019). Analysis Effect of Supplay Head and Delivery Pipe Length Toward the Efficiency Hydraulic Ramp 3 inches, *International Research Journal of Advance Engineering of Science*, Vol.4, No. 2, pp. 263-266.
- Jennings, G.D. (1996). Hydraulic Ram Pumps. *North Carolina Cooperative Extension Service*. Publication Number: EBAE 161-92. North Carolina.
- Pathak, A., Deo, A., Khune, S., Mehroliya, S. and Pawar, M.M. (2016). Design of Hydraulic Ram Pump. *International Journal for Innovative Research in Science & Technology*, Vol 2, No. 10, pp. 290-293.
- Renie, L.C. and Bunt, E.A. (1981). The automatic hydraulic ram-experimental results. *Proc Instn Mech Engrs*, Vol. 204, pp. 23-31.
- Sheikh, A., Handa, C.C., and Ninawe, A.P. (2013). A Generalised Design Approach for Hydraulic Ram Pump: A Review. *International Journal of Engineering & Science Research*, Vol. 3, No. 10, pp 551-554.
- Suarda, M., dkk. (2008). Kajian Eksperimental Pengaruh Tabung Udara Pada Head Tekanan Pompa Hidram. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Cakram*, Vol. 2 no. 1, pp. 10-14.
- Suarda, M. dan Sukadana, I K.G. (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)*, pp. 387-394, Bandar Lampung, 22-23 Oktober.
- Suarda, M. (2015). Forces Analysis on a Spherical Shaped Delivery Valve of Hydram Pump. *Trans Tech Publications. Applied Mechanics and Materials*, Vol. 776, pp. 377-383.
- Suarda, M., dkk. (2018). Investigation on Characterization of Waste Valve to Optimize the Hydraulic Ram Pump Performance. *AIP Conference Proceedings 1984*, Vol. 020023; pp: 020023:1-9. doi: 10.1063/1.5046607.
- Suarda, M., Sucipta, M. dan Dwijana, I G.K. (2019). Investigation on Flow Pattern in a Hydraulic Ram Pump at Various Design and Setting of Its Waste Valve. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* Vol. 539, No. 012008, pp: 1-10. doi:10.1088/1757-899X/539/1/012008
- Tessema, A.A. (2000). Hydraulic Ram Pump System Design and Application. *ESME 5th Conference on Manufacturing and Process Industry*. September 2000, Addis Ababa.
- Yang, K.L., et al. (2014). Design and Hydraulic Performance of a Novel Hydram. *11th International Conference on Hydroinformatics*. New York City, 8 January 2014. Paper no 108.
- Young, B. (1997). Design of Homologous Ram Pump. *Journal of Fluids Engineering, Transaction of the ASME*, Vol. 119, June 1997, pp. 360-365.