

## UJI PERFORMANSI POMPA HYDRAM DALAM PENYEDIAAN AIR BERSIH KELOMPOK USAHA BON BELOK KOPI DAN BANJAR ADAT BON DESA BELOK/SIDAN

M. Suarda<sup>1</sup>, N.M. Suaniti<sup>2</sup>, M. Sucipta<sup>3</sup>, N. Suweden<sup>4</sup>, I.G.K. Dwijana<sup>5</sup> dan I.P. Widiarta<sup>6</sup>

### ABSTRAK

Paper ini mengkaji unjuk kerja pompa hydam yang telah didesain dan dipasang untuk memenuhi kebutuhan air bersih Kelompok Usaha 'Bon Belok Kopi' dan beberapa keluarga Banjar Adat Bon di Desa Belok/Sidan Kecamatan Petang Kabupaten Badung Provinsi Bali. Kelompok usaha ini sangat kesulitan air bersih dalam proses pengolahan hasil produksi kopinya sehingga masyarakat mengandalkan air hujan dan membeli air dari mobil tangki dengan harga enam puluh ribu rupiah per meter kubiknya. Demikian pula masyarakat banjar Bon mengalami kesulitan yang sama, terutama dalam kegiatan adatnya. Permasalahan ini berdampak pada kapasitas, kualitas dan biaya produksi kopi kelompok usaha tersebut, serta kebersihan, kesehatan dan ekonomi masyarakat banjar Bon pada khususnya. Di wilayah banjar Bon terdapat sumber mata air dengan debit 3 liter/detik pada elevasi 1024 meter dari permukaan laut sedangkan perumahan penduduk berada pada elevasi 1135 meter dpl. Pompa hydam telah didesain, dibuat, dipasang dan dioperasikan. Pengujian unjuk kerja pompa hydam telah dilakukan pada lima variasi head pemompaan. Pada head pemompaan 70 m, lokasi pengolahan kopi, menghasilkan debit pemompaan 8,84 m<sup>3</sup>/hari dengan efisiensi pompa 71%. Sedangkan pada head pemompaan tertinggi 110 m, di Pura Puncak Bon, menghasilkan debit pemompaan 5,04 m<sup>3</sup>/hari dengan efisiensi pompa 59%.

**Kata kunci :** Pompa hydam, performansi pompa, Bon Belok Kopi, banjar adat Bon.

### ABSTRACT

This paper examined the performance of the hydraulic ram pump that has been designed and installed to meet the clean water needs of the 'Bon Belok Kopi' Business Group and several families of Bon traditional community in Belok/Sidan Village, Petang District, Badung Regency, Bali Province. This business group is shortage to clean water in the process of processing their coffee production so that the community relies on rainwater and buys water from tank cars at a price of sixty thousand rupiah per cubic meter. Likewise, the Bon traditional community experienced the same problem, especially for their traditional activities. This problem has an impact on the capacity, quality and cost of coffee production of the business group, as well as the cleanliness, health and economy of the Bon traditional community. In the Bon area, there is a spring with a flow rate of 3 liters/second at an elevation of 1024 m.swl, while residential areas are located at an elevation of

---

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

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

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

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

<sup>5</sup> Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Udayana, Badung-Bali, dwijanaigst@gmail.com.

<sup>6</sup> Mahasiswa Program Studi Magister Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Udayana, Badung-Bali, widiartakajos@gmail.com.

## **Uji Performansi Pompa Hydrum dalam Penyediaan Air Bersih Kelompok Usaha Bon Belok Kopi dan Banjar Adat Bon Desa Belok/Sidan**

1135 m.swl. The hydraulic ram pump has been designed, built, installed and operated. The hydraulic ram pump performance test has been carried out on five variations of the pumping head. At a pumping head of 70 m, at the location of coffee processing, it produces a pumping flow of 8.84 m<sup>3</sup>/day with the pump efficiency of 71%. Meanwhile, at the highest pumping head of 110 m, at Puncak Bon Temple, it produces a pumping discharge of 5.04 m<sup>3</sup>/day with the pump efficiency of 59%.

**Keywords:** Hydrum pump, pump performance, Bon Belok Kopi, Bon traditional community.

### **1. PENDAHULUAN**

Di dusun Bon, kelompok usaha kopi yang bernama “Bon Belok Kopi” bergerak pada bidang produksi dan pengolahan kopi untuk dijadikan produk kopi khas Dusun Bon sebagai penunjang pariwisata di Badung bagian selatan. Kelompok usaha ini mengalami permasalahan kurangnya kuantitas air bersih guna menunjang proses produksi. Demikian masyarakat banjar adat Bon yang terdiri dari 180 KK juga mengalami permasalahan yang sama yaitu kurangnya kuantitas pelayanan air bersih untuk kebutuhan kegiatan adat atau upacara keagamaan.

Kurangnya kuantitas air untuk memenuhi kebutuhan kelompok usaha kopi dan masyarakat banjar adat Bon dapat diatasi dengan memanfaatkan potensi sumber air yang ada dekat lokasi tersebut. Mata air tersebut dengan kapasitas 1,6 liter/detik yang diperkirakan mampu memenuhi kebutuhan kelompok usaha kopi dan masyarakat banjar adat Bon untuk kegiatan Adat. Elevasi mata air berada lebih rendah sekitar 83 meter dari lokasi tempat pengolahan kopi, dan elevasi sumber air dengan balai serbaguna yang sering digunakan untuk kegiatan adat yaitu 113 meter dengan jarak 495 meter, sehingga memerlukan alat bantu pompa untuk menaikkan air tersebut. Dengan melihat topografi dari mata air saat dilakukan survei oleh tim pengusul, memungkinkan untuk mendapatkan terjunan air setinggi 10 meter, dan pompa hidram sangat sesuai digunakan pada kondisi ini untuk mentransmisikan air dari tempat yang rendah menuju tempat yang lebih tinggi.

### **2. MATERI DAN METODE**

#### **2.1. Materi**

Pompa hydrum adalah pompa mekanik yang memanfaatkan energi kinetik aliran air melewati badan pompa sebagai energi penggerak (Sheikh dkk., 2013). Kesederhanaan struktur dan biaya operasi yang bisa diabaikan adalah dua alasan utama mengapa pompa hydrum saat ini sangat menarik untuk dimanfaatkan di daerah pedesaan. Disamping itu perawatannya tidak memerlukan keterampilan khusus dan mudah dalam pembuatannya.

Sumber air ditampung pada suatu bak untuk menjamin kontinuitas aliran air ke badan pompa hydrum melalui pipa penggerak (*drive pipe*). Aliran dalam pipa penggerak pada sistem pompa hydrum adalah aliran *unsteady* (Renie & Bunt, 1981). Secara khusus Eytelwein (1805) menyarankan bahwa panjang pipa penggerak tergantung dari ketinggian head air penggerak dan diameter pipa penggerak. Krol (1951) menyarankan panjang pipa penggerak adalah antara enam sampai duabelas kali tinggi head sumber air penggerak. Sedangkan Calvert (1957) menyarankan bahwa rasio panjang pipa penggerak terhadap diameternya adalah antara 150 sampai 1000. Sedangkan untuk menyalurkan air hasil pemompaan pada sistem pompa hydrum dipasang pipa *delivery* (Jafri dan Sanusi, 2019). Jenings (1996) merekomendasikan diameter pipa penyalur normalnya adalah setengah dari diameter pipa penggerak.

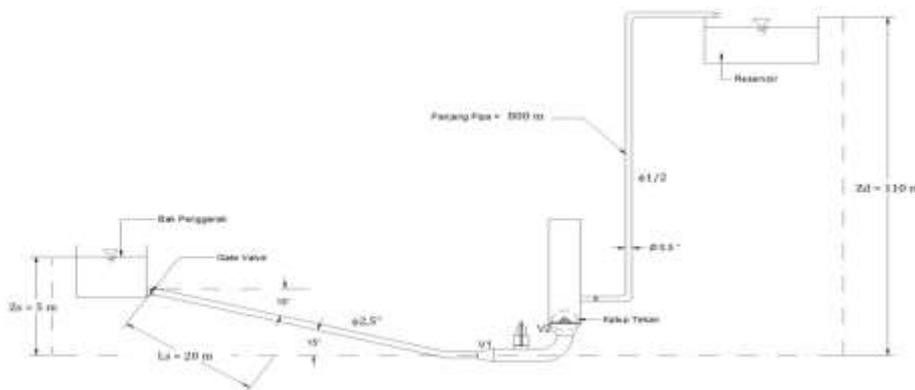
Luas penampang badan pompa adalah dua kali luas penampang pipa penggerak (Hanafie & Longh, 1979). Namun Yang et al (2014) menyarankan pada badan pompa untuk tidak menggunakan

*conical diffuser* akan tetapi *cambered diffuser* dengan sudut antara  $25^\circ$  dan  $90^\circ$ . Pada badan pompa tersebut terpasang tabung udara yang harus tetap berisi udara dalam jumlah tertentu untuk menghindari kerusakan akibat tingginya fluktuasi tekanan saat terjadinya *water-hammer*. Pemasangan tabung udara dapat meningkatkan efisiensi pompa hidram secara signifikan 19% dibandingkan tanpa tabung udara (Suarda dan Wirawan, 2008). Krol (1951) merekomendasikan bahwa volume tabung udara adalah sekitar 100 kali volume air pemompaan per siklus, atau sedikit lebih besar daripada volume air dalam pipa penyalur.

Pompa hidram terdiri dari dua bagian yang bergerak, yaitu katup limbah (*waste or impulse valve*) dan katup tekan (*delivery valve*). Katup limbah dan katup tekan tersebut merupakan komponen utama pompa hidram (Tessema, 2000). Mekanisme kerja kedua katup ini yang mengakibatkan terjadinya *water hammer* sebagai pemicu kerja pompa hidram sehingga sangat menentukan unjuk kerja pompa hidram (Patak *et al.*, 2016).

Diameter lubang dan disk (Suarda dkk., 2019) katup limbah yang baik dan penyetelan panjang langkah (bukaan katup) yang tepat merupakan faktor penting untuk operasi pompa yang halus dan efisien. Diameter lubang katup limbah harus sama atau lebih besar dengan diameter pipa penggerak untuk menghindari terhambatnya aliran air keluar katup limbah (Young, 1997). Chi & Diemer (2002) menyarankan frekuensi katup limbah yang optimal adalah 24 denyutan per menit. Sedangkan panjang langkah katup adalah sekitar 3~5 cm. Semakin panjang langkah katup akan memperkecil frekuensi katup, dan sebaliknya. Berdasarkan gaya tekanan air yang bekerja pada katup limbah Suarda dkk. [2018] telah mengusulkan sebuah formula untuk mengestimasi massa katup limbah. Pada katup tekan, semakin tipis lapisan karet tersebut maka akan memberikan efisiensi pompa hidram yang lebih tinggi tetapi akan lebih rusak atau aus sehingga harus sering diganti, dan sebaliknya (Kahangire, 1986).

## 2.2. Metode Pelaksanaan



**Gambar 2.1.** Skema instalasi sistem pompa hidram

Pada perencanaan sistem air bersih di dusun Bon dimana dilakukan perhitungan terhadap kebutuhan air penduduk, menentukan spesifikasi pompa hidram. Skema dasar sistem pompa hidram adalah seperti pada Gambar 2.1. Air dari sumber air akan ditampung di bak penampungan sumber air (bak penggerak), air yang sudah ditampung akan dialirkan ke pompa hidram melewati pipa penggerak karena beda ketinggian. Pompa hidram yang bekerja akan mentransmisikan air secara kontinu ke tanki reservoir melewati pipa transmisi. Air yang terkumpul di reservoir dialirkan ke rumah penduduk melalui pipa distribusi secara gravitasi karena perbedaan tinggi.

Pada kegiatan pengabdian ini, dimensi detail pompa hidram yang telah dibuat adalah:

**Uji Performansi Pompa Hydrum dalam Penyediaan Air Bersih Kelompok Usaha Bon Belok Kopi dan Banjar Adat Bon Desa Belok/Sidan**

Tinggi head air penggerak	$H_s = 10 \text{ m}$
Tinggi elevasi pemompaan	$Z_d = 113 \text{ m}$
Tinggi head pemompaan (losses 10%)	$H_d = 1.1 \times (113 \text{ m}) = 124,3 = 125 \text{ m}$
Debit sumber air penggerak pompa	$Q_s = 1,2 \text{ ltr/dt}$
Diameter pipa penggerak	$D_s = 2,5 \text{ inchi (GIP)}$
Panjang pipa penggerak	$L_s = 18 \text{ meter}$
Diameter badan pompa hydrum	$D_B = 4 \text{ inchi (BS)}$
Volume tabung tekan/udara	$V_T = 0,31 \text{ m}^3 \text{ (GIP)}$
Diameter lubang katup limbah	$D_{L.KL} = 75 \text{ mm}$
Diameter reducer katup tekan	$D_R = 4'' \times 3'' \text{ (BS)}$
Diameter pipa penyalur	$D_d = 3/4'' \text{ (GIP \& PVC)}$

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada pelaksanaan kegiatan ini, pemasangan pompa hydrum dan instalasi pipa drive dan pipa transmisinya dilakukan bersama-sama anggota tim kelompok usaha Bon Coffee. 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. Pada awal pengoperasian pompa hydrum perlu dilakukan penyetelan katup limbah pompa hydrum seperti panjang langkah dan berat katup limbah.



**Gambar 3.1.** Pemasangan dan pengoperasian instalasi sistem pompa hydrum

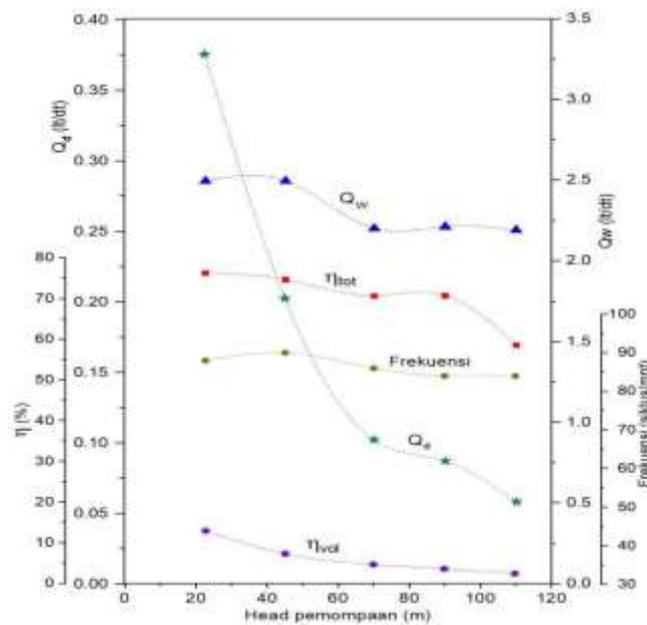
Untuk mengetahui performansi pompa hydrum tersebut perlu dilakukan pengukuran: debit air yang mengalir pada pipa drive sebagai penggerak pompa hydrum, panjang langkah katup limbah, frekuensi siklus pompa hydrum, debit pemompaan, beda tinggi antara badan pompa hydrum dengan permukaan air pada bak *drive*, beda tinggi antara badan pompa hydrum dengan permukaan air pada reservoir. Berdasarkan hasil pengukuran dan pengolahan data yang telah dilakukan maka didapatkan unjuk kerja sistem pompa hydrum tersebut, seperti pada Tabel 3.1.

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

$Z_d$ (m)	$H_s$ (m)	$H_d$ (m)	$Q_w$ (lt/dt)	$Q_d$ (lt/dt)	$W_s$ (Watt)	$W_d$ (Watt)	$\eta_v$ (%)	$\eta_t$ (%)	<b>F</b> (bits/mnt)
22.5	4.85	28.28	2.50	0.38	36.57	04.27	13.09	76.37	88.00

45.0	4.86	48.31	2.50	0.20	128.72	96.07	7.52	74.71	90.00
70.0	4.90	71.33	2.00	0.10	101.16	71.58	4.86	70.76	86.00
90.0	4.89	91.24	2.21	0.09	110.37	78.10	3.79	70.78	84.00
110.0	4.89	10.68	2.19	0.06	107.99	63.29	2.59	58.63	84.00

Pengujian dilakukan pada lima variasi elevasi pemompaan ( $Z_d$ ). Pengolahan data menghasilkan performansi pompa hydram 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 ( $\eta_v$ ) dan total ( $\eta_t$ ), dan frekuensi ( $F$ ) siklus pompa hydram. Gambar 3.2 menampilkan unjuk kerja pompa hydram tersebut. Pompa hydram tersebut menghasilkan performansi pompa yang menurun dengan meningkatnya elevasi pemompaannya. Berdasarkan seluruh parameter performansi pompa hydram pada Gambar 3.2, terutama debit pemompaan dan efisiensi total yang dihasilkan menurun tajam pada elevasi pemompaan lebih besar dari 90 meter.



Gambar 3.2. Performansi Pompa Hydram di Dusun Bon

Pada lokasi pengolahan kopi yaitu pada elevasi ( $Z_d$ ) 70 meter, pompa hydram tersebut menghasilkan debit pemompaan 0,10 lt/dt ( $8,84 \text{ m}^3/\text{hari}$ ) dengan efisiensi total sistem pompa hydram 70,76%. Jika harga beli air dari mobil tangka adalah Rp. 60.000 per meter kubik, maka debit pemompaan tersebut mempunyai nilai ekonomis sekitar Rp. 530.000 per hari. Sedangkan pada elevasi ( $Z_d$ ) 110 meter dimana reservoir air untuk pelayanan masyarakat dusun Bon diletakkan menghasilkan debit pemompaan 0,06 lt/dt ( $5,04 \text{ m}^3/\text{hari}$ ) yang setara dengan Rp. 302.000 per hari pada efisiensi total sistem pompa hydram 58,63%.

Pompa hydram tersebut menghasilkan unjuk kerja yang efisien pada head statis pemompaan kurang atau sama dengan 90 meter. Mengingat topografi lokasi perumahan masyarakat dusun Bon yang terletak pada elevasi yang bervariasi diantara 80 sampai 105 meter, maka direkomendasikan untuk menambah bak/tangki air pada elevasi 90 meter sehingga dihasilkan efisiensi total sistem pompa hydram yang lebih tinggi yaitu 76,78% dengan debit pemompaan 0,09 lt/dt ( $7,54 \text{ m}^3/\text{hari}$ ) yang setara dengan Rp. 452.000 per hari.

#### **4. KESIMPULAN**

Pompa hydran telah diimplementasikan di dusun Bon desa Belok/Sidan telah beroperasi dengan baik dan menghasilkan performansi tinggi dengan efisiensi sekitar 70% bahkan lebih untuk elevasi pemompaan kurang atau sama dengan 90 meter. Pengoperasian pompa hydran tersebut berpotensi memberikan nilai ekonomis sekitar Rp. 530.000 per hari sebagai substitusi biaya pembelian air yang dibutuhkan dalam pengolahan kopi dari kelompok usaha 'Bon Bali Coffee'. Direkomendasikan menambah tangka air pada elevasi 90 meter untuk melayani masyarakat yang lokasi rumahnya lebih rendah sehingga performansi pompa yang dihasilkan lebih efisien.

#### **UCAPAN TERIMA KASIH**

Terimakasih disampaikan kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Udayana atas dukungan pendanaan yang diberikan melalui skim PUMA tahun anggaran 2021.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- Calvert N. 1958. Drive Pipe of a Hydraulic Ram. *The Engineer*, Harmsworth Press, London, England.
- Chi M., dan Diemer, P. 2002. *Hydraulic Ram Handbook*. Bremen Overseas Research and Development Association, Bremen.
- Eytelwein, J.A. 1842. Von der Spiral pumpe [On the Spiral Pump]. In *Handbuch der Mechanik fester Körper unter Hydraulik [Manual of Solid Body Mechanics and Hydraulics]*; Friedrich Fleischer: Leipzig, Germany, pp. 414.
- Hanafie J. dan Longh H.D. 1979. *Teknologi Pompa Hidraulik Ram*. Pusat Teknologi Pembangunan, IDB, Bandung.
- Jafri M., and Sanusi A. 2019. Analysis Effect of Supply 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.
- Kahangire, P.O. 1986. The Theory and Design of the Automatic Hydraulic Ram Pump. *Proceeding of a Workshop on Hydraulic Ram Pump (Hydran) Technology*, Vol. 102eR. Feb 1986. International Development Research Centre. Canada.
- Krol J. 1951. The Automatic Hydraulic Ram. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers*. Vol. 165, pp 53-73
- Pathak A., Deo A., Khune S., Mehroliya S. and Pawar M.M. 2016. Design of Hydraulic Ram Pump. *IJIRST - International Journal for Innovative Research in Science & Technology*, Vol 2, No. 10, pp. 290-293.
- Rennie L.C. and Bunt E.A. 1990. The Automatic Hydraulic Ram - Experimental Results. *Proceeding of Institution of Mechanical Engineers*, Vol. 204, pp 23-31.
- Sheikh A., Handa C.C., dan 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., dan Wirawan I K.G. 2008. Kajian Eksperimental Pengaruh Tabung Udara Pada Head Tekanan Pompa Hidram. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin CakraM* Vol. 2, Nomor 1, Juni 2008, Hal.10-14.
- Suarda M. 2015. Forces Analysis on a Spherical Shaped Delivery Valve of Hydran Pump. *Trans Tech Publications. Applied Mechanics and Materials*. Vol 776, pp 377-383. Switzerland.
- Suarda M., Sucipta M. and Dwijana I.G.K. 2019. Investigation on Flow Pattern in a Hydraulic Ram Pump at Variations of Its Waste Valve Disk, *International Conference on Science, Technology and Humanity*, ISBN978-602-294-334-0.
- Tessema A.A. 2000. Hydraulic Ram Pump System Design and Application. *ESME 5<sup>th</sup> Conference on Manufacturing and Process Industry*. September 2000, Addis Ababa, Ethiopia.
- Yang K, Li J, Guo Y, Guo X, Fu H. 2014. Design and Hydraulic Performance of a Novel Hydran. *11<sup>th</sup> 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.