Perbandingan Performansi Pompa Hydram Dengan Katup Tekan Model Plat, Membran dan Bola

Made Suarda

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Udayana
Kampus Bukit Jimbaran, Badung 80361, Bali, Indonesia
e-mail penulis: made.suarda@me.unud.ac.id

Abstrak

Pompa hydram dengan ukuran yang sangat besar, terbesar yang telah ada di Bali, telah dirancang dan dibuat pada kegiatan Iptek bagi Masyarakat (IbM) tahun 2010. Pompa hydram tersebut beroperasi pada head sangat tinggi yaitu 90 meter pada panjang pipa tekan 900 meter. Namun, karena tingginya head operasi pompa tersebut maka katup tekannya cepat sekali rusak. Mengingat karakteristik aliran fluida melalui permukaan plat dan bola yang sangat berbeda, dimana pada luas proyeksi yang sama namun luas permukaan bola lebih besar sehingga gaya seret (*drag*) pada katup bentuk bola akan lebih besar pula. Kehandalan katup model plat juga kurang baik dimana karet pada katup cepat sekali aus/rusak, hal ini yang mengurangi minat masyarakat memanfaatkan pompa hydram. Untuk itu perlu diketahui bagaimana rancangan dan performansi model katup plat, membran, bola dan setengah bola pada katup tekan pompa hydram. Dari rancangan ketiga model katup tersebut dilakukan pengujian performansi pompa hydram pada ketinggian air suplai 3 meter dan ketinggian pemompaan 10, 15 dan 20 meter. Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa Katup tekan model membran menghasilkan efisiensi volumetris dan efisiensi total terbaik, kemudian diikuti katup tekan model bola dan model plat yang memberikan efisiensi paling rendah.

Keywords: Pompa hydram, Katup plat, Katup membran, Katup bola

Pendahuluan

Pompa hydram telah dipergunakan untuk memompa air di daerah-daerah terpencil dimana daya listrik merupakan suatu kendala, karena pompa hydram tidak memerlukan sumber catu daya listrik tetapi menggunakan energi kinetik sumber air itu sendiri. Salah satunya, pompa hydram telah dirancang dan dibuat serta dioperasikan untuk memompa air sungai guna memenuhi kebutuhan masyarakat dusun Kebon Jero desa Munduk Temu kecamatan Pupuan kabupaten Tabanan – Bali dalam rangka kegiatan pengabdian masyarakat 'Iptek bagi Masyarakat (IbM)' tahun 2010, seperti pada Gambar 1.

Gambar 1. Perakitan pompa hydram

Desa Munduk Temu adalah salah satu desa yang terletak di perbukitan dimana sungai merupakan satu-satunya sumber air yang ada. Tetapi letak sungai mempunyai perbedaan ketinggian vertikal dengan pemukiman penduduk 90 m dengan jarak dari sungai ke pemukiman penduduk 900 m dan kemiringan 80^o sehingga menyebabkan penduduk mengalami kesulitan memperoleh air.

Gambar 2. Operasi pompa hydram

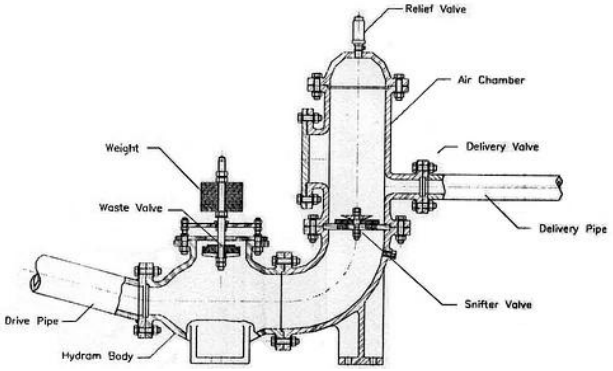
Dimensi pompa hydram ini cukup besar, saat ini terbesar yang ada di Bali, diameter badan pompa 8 inchi, diameter pipa penggerak 6 inchi dan diameter pipa tekan 2 inchi, diameter katup tekan 6 inchi,

diameter tabung tekan 10 inchi, dengan ketinggian sumber air dari badan pompa adalah 10 m, panjang pipa penggerak 60 m, dan panjang pipa tekan adalah 900 m dengan tinggi vertikal pemompaan 90 m (Suarda 2010). Pompa tersebut telah dapat beroperasi dengan baik, Gambar 2, namun akibat tingginya head tekanan dan luas penampang katup tekan mengakibatkan gaya palu air (water hammer) pada katup tekan model plat tersebut sangat besar sehingga katup tersebut cepat sekali rusak. Untuk itu perlu dicarikan solusi untuk menghindari cepatnya kerusakan katup tekan tersebut, salah satunya adalah dengan menggunakan katup tekan model membran dimana luasan yang bertumbukan relatif sangat kecil sehingga gaya tumbukan pada katup yang terjadi akibat palu air kecil pula.

Adapun permasalahan dalam penelitian ini adalah bagaimana perbandingan performansi, seperti debit air hasil pemompaan dan efisiensi yang dihasilkan dari pengujian katup tekan model membran dibandingkan dengan model plat pada pompa hydram. Oleh sebab itu penelitian ini bertujuan untuk membuat desain baru katup tekan pompa hydram yang dapat meningkatkan kehandalan dan performansi pompa hydram

Tinjauan Pustaka

Pompa hydram adalah pompa yang bekerja tanpa menggunakan energi listrik namun dengan memanfaatkan energi dari aliran air untuk mengangkat sebagian air dari suatu sumber ke tempat penampungan air yang tempatnya lebih tinggi (Jenning 1996). Energi aliran air yang dimaksud adalah energi potensial dari ketinggian tertentu yang dikonversikan menjadi energi kinetik yang berupa kecepatan air kemudian dikuatkan dengan terjadinya efek palu air atau *water hammer*.



Gambar 3. Komponen – komponen utama pompa hydram. (sumber : Tessema, 2000, hal 3)

Komponen – komponen utama pompa hydram seperti pada Gambar 3 adalah sebagai berikut :

1. Badan pompa (*hydram body*)
2. Katup limbah (*impulse valve*)
3. Katup udara (*snifer valve*)
4. Katup tekan (*delivery valve*)
5. Tabung udara (*air chamber*)
6. Pentil udara (*relief valve*)

Persamaan kontinyuitas aliran untuk fluida tak termampatkan dari titik 1 ke titik 2 (Streeter 1975) adalah :

$$Q = A_1.v_1 = A_2.v_2 \quad (1)$$

Dimana:

Q = debit aliran(m^3/dt)
$A_{1,2}$ = luas penampang aliran di titik 1,2 (m^2)
$v_{1,2}$ = kecepatan aliran di titik 1,2 (m/dt)

Persamaan energi per satuan berat fluida untuk aliran konstan dari titik s ke titik d yang ditambah dengan kerugian – kerugian head (Rajput 2002) adalah :

$$z_s + \frac{p_s}{\gamma} + \frac{v_s^2}{2g} + H_p = z_d + \frac{p_d}{\gamma} + \frac{v_d^2}{2g} + H_L \quad (2)$$

Dimana:

z_s = head statis elevasi isap/*suction* pompa (m)
z_d = head statis elevasi buang/*discharge* pompa (m)
p_s = head statis tekanan isap/*suction* pompa (N/m^2)
p_d = head statis tekanan buang/*discharge* pompa (N/m^2)
v_s = head dinamis kecepatan fluida pada ujung isap/*suction* pompa (m/det)
v_d = head dinamis kecepatan fluida pada ujung buang/*discharge* pompa (m/det)
H_p = head pompa (m)
H_L = head losses total instalasi perpipaan sistem pompa (m)

Untuk menghitung kerugian gesek di dalam pipa atau yang disebut *mayor losses* dapat dipakai persamaan :

$$H_{L.Ma} = f\frac{L}{D}\frac{v^2}{2g} \quad (3)$$

Dimana :

f = koefisien gesekan pipa
D = diameter pipa (m)
L = panjang pipa (m)
v = kecepatan aliran (m/dt)
g = percepatan gravitasi (m/dt^2)

Sedangkan persamaan untuk menghitung kerugian pada perlengkapan pipa atau *minor losses* adalah :

$$H_{L.Mi} = K\frac{v^2}{2g} \quad (4)$$

Dimana K adalah koefisien kerugian pada perlengkapan pipa.

Daya output pompa (*Water Horse Power* = WHP) adalah daya efektif yang merupakan fungsi dari kapasitas dan head pompa, yang dihitung berdasarkan persamaan:

$$WHP = \gamma.Q.H \quad (5)$$

Dimana :

γ = berat jenis fluida (N/m^3)

Q = kapasitas pompa (m^3/dt)
H = head pompa (m)

Daya yang dibutuhkan untuk menaikkan air adalah berbanding lurus dengan laju alir *volumetric* (kapasitas) air yang dipompa dikalikan dengan ketinggian pemompaannya. Demikian juga daya yang tersedia pada aliran air yang disuplai untuk mengoperasikan pompa hidram berbanding lurus dengan besarnya laju *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 total pompa hydram dinyatakan sebagai persamaan D – Aubuission, adalah sebagai berikut :

$$\eta_t = \frac{Q_d.H_d}{(Q_d + Q_w).H_s} x100\% \qquad (6)$$

Dimana :

Q_d = kapasitas air hasil pemompaan (m^3/dt)
Q_d = kapasitas air yang keluar dari katup limbah (m^3/dt)
H_d = tinggi pemompaan (m)
H_s = ketinggian sumber air (m)

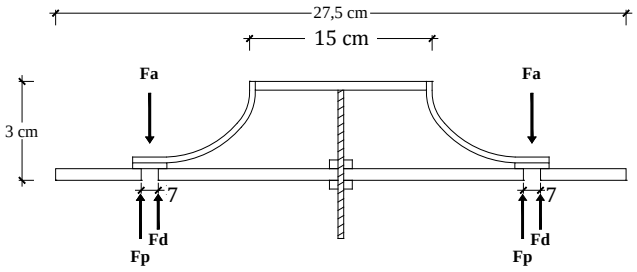
Sedangkan efisiensi volumetrisnya merupakan perbandingan antara debit pemompaan dan debit suplai penggerak pompa yang dapat dinyatakan dengan persamaan :

$$\eta_v = \frac{Q_d}{(Q_d + Q_w)} x100\% \qquad (7)$$

Metoda Eksperimen & Fasilitas yang Digunakan

<u>Perancangan katup tekan</u>

Dari hasil perhitungan pada perancangan awal maka dapat dirancang sebuah katup tekan model membran pompa hidram adalah seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Rancangan awal katup tekan model membran pada pompa hydram

Sedangkan model katup plat, membran bola dan setengah bola yang telah dibuat dan diuji adalah seperti pada Gambar 5 sampai dengan Gambar 8.

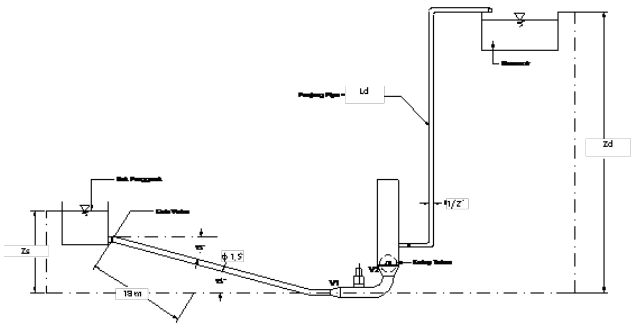
Gambar 5. Katup model ‘Plat’

Gambar 6. Katup model ‘Membran’

Gambar 7. Katup model ‘Bola’

Gambar 8. Katup model ‘Setengah-Bola’

Adapun rancangan penelitian yang telah dilakukan adalah seperti pada Gambar 9.



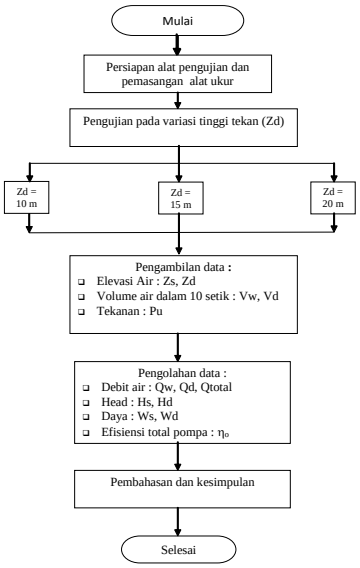
Gambar 9. Skema pengujian pompa hydram

Prosedur Pengujian

Pengujian katup tekan pada pompa hydram dilakukan melalui tahap – tahap pengujian sebagai berikut:

1. Persiapan pompa dan alat bantu pengujian katup tekan
2. Setup panjang ketinggian delivery Zd = 10 m.
3. Pengecekan instalasi sistem pompa hidram agar tidak terjadi kebocoran.
4. Air dialirkan ke bak penggerak sampai penuh dan gate valve dalam keadaan tertutup penuh.
5. Gate valve dibuka, kemudian dilakukan pengecekan sekali lagi pada instalasi sistem pompa hidram dan pastikan tidak ada kebocoran sedikitpun.
6. Katup limbah dibuka dan ditutup agar pompa dapat bekerja dan biarkan pompa berjalan beberapa saat.
7. Setelah pompa bekerja, volume air yang keluar dari katup limbah (Vw) dan volume air yang keluar dari pipa tekan (Vd) selama 10 detik dicatat. Tulis data tersebut pada Tabel 2.
8. Langkah 7 diulangi sebanyak 3 kali.
9. Langkah 2 s/d 8 , diulangi untuk ketinggian delivery 15, dan 20 cm.

Diagram alir penelitian



Gambar 10. Diagram alir pengujian katup pompa

Secara garis besar kegiatan tahapan pengujian katup tekan pada pompa hydram dilakukan seperti pada diagram alir seperti pada Gambar 10.

Hasil dan Pembahasan

Dari pengujian yang telah dilakukan maka didapatkan data hasil pengujian. seperti pada Tabel 1 sampai dengan Tabel 4.

Tabel 1. Data hasil pengujian katup tekan model 'Plat'

Zd (m)	n	Zs (m)	Lw (mm)	Tw (detik)	Td (detik)	Pt (bar)	F (1/menit)	Ls (m)	Ld (m)
10	1	3	24	18.25	35.75	9.5	37	18	24
	2	3	24	18.73	36.45	9.5	37	18	24
	3	3	24	18.49	40.05	9.5	36	18	24
Rata-Rata		**3**	**24**	**18.49**	**37.42**	**9.5**	**37**	**18**	**24**
15	1	3	24	19.05	55.15	1.4	40	18	40
	2	3	24	19.75	57.05	1.4	40	18	40
	3	3	24	19.14	63.00	1.4	40	18	40
Rata-Rata		**3**	**24**	**19.31**	**58.40**	**1.4**	**40**	**18**	**40**
20	1	3	24	19.69	78.00	1.8	44	18	45
	2	3	24	19.38	83.00	1.8	43	18	45
	3	3	24	18.66	89.00	1.8	43	18	45
Rata-Rata		**3**	**24**	**19.24**	**83.33**	**1.8**	**43**	**18**	**45**

Tabel 2. Data hasil pengujian katup tekan model 'Membran'

Zd (m)	n	Zs (m)	Lw (mm)	Tw (detik)	Td (detik)	Pt (bar)	F (1/menit)	Ls (m)	Ld (m)
10	1	3	24	20.15	31.00	9.5	37	18	24
	2	3	24	19.25	32.00	9.5	38	18	24
	3	3	24	20.59	33.00	9.5	39	18	24
Rata-Rata		**3**	**24**	**20.00**	**32.00**	**9.5**	**38**	**18**	**24**
15	1	3	24	19.50	47.83	1.4	39	18	40
	2	3	24	19.63	51.39	1.4	40	18	40
	3	3	24	19.68	57.22	1.4	39	18	40
Rata-Rata		**3**	**24**	**19.60**	**52.15**	**1.4**	**39**	**18**	**40**
20	1	3	24	18.15	61.00	1.8	40	18	45
	2	3	24	18.50	67.00	1.8	40	18	45
	3	3	24	18.25	75.00	1.8	39	18	45
Rata-Rata		**3**	**24**	**18.30**	**67.67**	**1.8**	**40**	**18**	**45**

Tabel 3. Data hasil pengujian katup tekan model 'Bola'

Zd (m)	n	Zs (m)	Lw (mm)	Tw (detik)	Td (detik)	Pt (bar)	F (1/menit)	Ls (m)	Ld (m)
10	1	3	24	19.16	35.00	9.5	40	18	24
	2	3	24	19.85	36.00	9.5	40	18	24
	3	3	24	21.00	38.00	9.5	40	18	24
Rata-Rata		**3**	**24**	**20.00**	**36.33**	**9.5**	**40**	**18**	**24**
15	1	3	24	18.19	52.00	1.4	42	18	40
	2	3	24	19.07	53.00	1.4	42	18	40
	3	3	24	19.13	55.00	1.4	43	18	40
Rata-Rata		**3**	**24**	**18.80**	**53.33**	**1.4**	**42**	**18**	**40**
20	1	3	24	19.05	71.00	1.8	46	18	45
	2	3	24	19.44	75.00	1.8	45	18	45
	3	3	24	19.51	76.00	1.8	44	18	45
Rata-Rata		**3**	**24**	**19.33**	**74.00**	**1.8**	**45**	**18**	**45**

Tabel 4. Data hasil pengujian katup tekan model 'Setengah Bola'

Zd (m)	n	Zs (m)	Lw (mm)	Tw (detik)	Td (detik)	Pt (bar)	F (1/menit)	Ls (m)	Ld (m)
10	1	3	24	19.00	40.82	9.5	43	18	24
	2	3	24	18.60	42.34	9.5	43	18	24
	3	3	24	19.00	40.88	9.5	43	18	24
Rata-Rata		**3**	**24**	**18.87**	**41.35**	**9.5**	**43**	**18**	**24**
15	1	3	24	18.20	58.16	1.4	45	18	40
	2	3	24	18.30	63.63	1.4	43	18	40
	3	3	24	17.60	58.35	1.4	43	18	40
Rata-Rata		**3**	**24**	**18.03**	**60.05**	**1.4**	**44**	**18**	**40**
20	1	3	24	18.00	77.00	1.8	44	18	45
	2	3	24	17.60	87.00	1.8	43	18	45
	3	3	24	18.50	80.00	1.8	43	18	45
Rata-Rata		**3**	**24**	**18.03**	**81.33**	**1.8**	**43**	**18**	**45**

Keterangan :
Zd = Tinggi elavasi permukaan air suplai penggerak pompa
Zs = Tinggi elavasi ujung pipa pemompaan
n = Pengulangan pengujian
Lw = Panjang Langkah Katup Limbah
Tw = Waktu untukVolume Air Limbah = 15 liter
Td = Waktu untukVolume Air Pemompaan = 6 liter
Pt = Tekanan pada outlet Tabung Tekan
F = Frekuensi siklus katup limbah
Ls = Panjang pipa suplai air penggerak
Ld = Panjang pipa air pemompaan

Data tersebut kemudian diolah untuk mendapatkan performansi masing-masing model katup tekan pada pompa hydram,, seperti pada Tabel 5 sampai dengan Tabel 8.

Tabel 5. Pengolahan data hasil pengujian katup tekan model 'Plat'

Zd (m)	n	vs (m/dt)	vd (m/dt)	HLs (m)	HLd (m)	Hs (m)	Hd (m)	Qw (Lt/dt)	Qd (Lt/dt)	Ws (Watt)	Wd (Watt)	η_v (%)	η_t (%)
10	1	0.49	1.33	0.04	1.80	2.96	11.89	0.82	0.17	28.71	19.58	16.96	68.18
	2	0.48	1.30	0.04	1.73	2.96	11.82	0.80	0.16	28.03	19.08	17.05	68.09
	3	0.47	1.18	0.04	1.43	2.96	11.51	0.81	0.15	27.90	16.91	15.59	60.60
Rata-Rata		**0.48**	**1.27**	**0.04**	**1.66**	**2.96**	**11.74**	**0.81**	**0.16**	**28.21**	**18.52**	**16.53**	**65.63**
15	1	0.44	0.86	0.04	1.23	2.96	16.27	0.79	0.11	26.06	17.36	12.14	66.61
	2	0.43	0.83	0.03	1.15	2.97	16.18	0.76	0.11	25.17	16.70	12.16	66.35
	3	0.43	0.75	0.03	0.94	2.97	15.97	0.78	0.10	25.57	14.92	10.84	58.35
Rata-Rata		**0.43**	**0.81**	**0.03**	**1.11**	**2.97**	**16.14**	**0.78**	**0.10**	**25.60**	**16.33**	**11.71**	**63.77**
20	1	0.41	0.61	0.03	0.69	2.97	20.71	0.76	0.08	24.43	15.63	9.17	63.97
	2	0.42	0.57	0.03	0.61	2.97	20.63	0.77	0.07	24.64	14.63	8.54	59.35
	3	0.43	0.53	0.03	0.53	2.97	20.54	0.80	0.07	25.36	13.59	7.74	53.58
Rata-Rata		**0.42**	**0.57**	**0.03**	**0.61**	**2.97**	**20.63**	**0.78**	**0.07**	**24.81**	**14.61**	**8.48**	**58.97**

Tabel 6. Pengolahan data hasil pengujian katup tekan model 'Membran'

Zd (m)	n	vs (m/dt)	vd (m/dt)	HLs (m)	HLd (m)	Hs (m)	Hd (m)	Qw (Lt/dt)	Qd (Lt/dt)	Ws (Watt)	Wd (Watt)	η_v (%)	η_t (%)
10	1	0.46	1.53	0.04	2.39	2.96	12.51	0.74	0.19	27.25	23.76	20.63	87.19
	2	0.48	1.48	0.04	2.25	2.96	12.36	0.78	0.19	28.06	22.73	19.40	81.01
	3	0.45	1.44	0.04	2.11	2.96	12.22	0.73	0.18	26.47	21.79	19.97	82.34
Rata-Rata		**0.46**	**1.48**	**0.04**	**2.25**	**2.96**	**12.36**	**0.75**	**0.19**	**27.26**	**22.76**	**20.00**	**83.51**
15	1	0.44	0.99	0.04	1.64	2.96	16.69	0.77	0.13	26.02	20.53	14.02	78.91
	2	0.43	0.92	0.03	1.42	2.97	16.46	0.76	0.12	25.63	18.85	13.25	73.56
	3	0.43	0.83	0.03	1.14	2.97	16.18	0.76	0.10	25.24	16.64	12.09	65.94
Rata-Rata		**0.43**	**0.91**	**0.03**	**1.40**	**2.97**	**16.44**	**0.77**	**0.12**	**25.63**	**18.68**	**13.12**	**72.81**
20	1	0.46	0.78	0.04	1.13	2.96	21.16	0.83	0.10	26.88	20.42	10.64	75.96
	2	0.44	0.71	0.04	0.93	2.96	20.96	0.81	0.09	26.18	18.41	9.95	70.33
	3	0.45	0.63	0.04	0.75	2.96	20.77	0.82	0.08	26.23	16.30	8.87	62.14
Rata-Rata		**0.45**	**0.71**	**0.04**	**0.94**	**2.96**	**20.96**	**0.82**	**0.09**	**26.43**	**18.38**	**9.82**	**69.48**

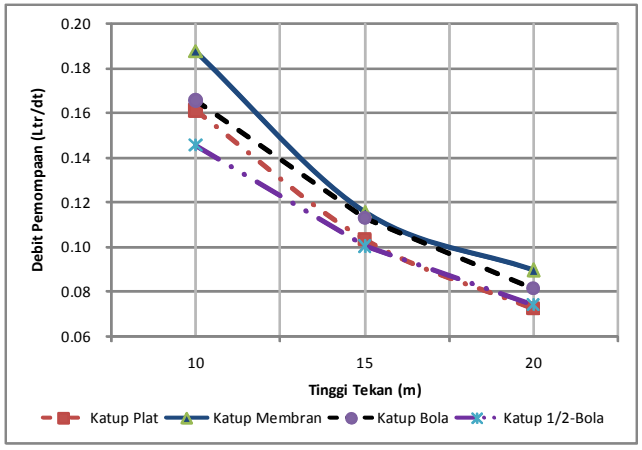
Tabel 7. Pengolahan data hasil pengujian katup tekan model 'Bola'

Zd (m)	n	vs (m/dt)	vd (m/dt)	HLs (m)	HLd (m)	Hs (m)	Hd (m)	Qw (Lt/dt)	Qd (Lt/dt)	Ws (Watt)	Wd (Watt)	η_v (%)	η_t (%)
10	1	0.47	1.35	0.04	1.88	2.96	11.97	0.78	0.17	27.71	20.13	17.96	72.65
	2	0.46	1.32	0.04	1.77	2.96	11.86	0.76	0.17	26.81	19.40	18.07	72.36
	3	0.43	1.25	0.03	1.59	2.97	11.67	0.71	0.16	25.38	18.08	18.10	71.23
Rata-Rata		**0.45**	**1.31**	**0.04**	**1.75**	**2.96**	**11.84**	**0.75**	**0.17**	**26.63**	**19.20**	**18.05**	**72.08**
15	1	0.46	0.91	0.04	1.38	2.96	16.43	0.82	0.12	27.31	18.59	12.27	68.09
	2	0.44	0.89	0.04	1.33	2.96	16.37	0.79	0.11	26.17	18.18	12.58	69.49
	3	0.44	0.86	0.04	1.24	2.96	16.27	0.78	0.11	25.98	17.42	12.21	67.04
Rata-Rata		**0.45**	**0.89**	**0.04**	**1.32**	**2.96**	**16.36**	**0.80**	**0.11**	**26.48**	**18.06**	**12.36**	**68.21**
20	1	0.43	0.67	0.03	0.83	2.97	20.85	0.79	0.08	25.37	17.29	9.69	68.14
	2	0.42	0.63	0.03	0.75	2.97	20.77	0.77	0.08	24.80	16.30	9.39	65.72
	3	0.42	0.62	0.03	0.73	2.97	20.75	0.77	0.08	24.69	16.07	9.31	65.08
Rata-Rata		**0.42**	**0.64**	**0.03**	**0.77**	**2.97**	**20.79**	**0.78**	**0.08**	**24.95**	**16.55**	**9.47**	**66.31**

Tabel 8. Pengolahan data hasil pengujian katup tekan model 'Setengah-Bola'

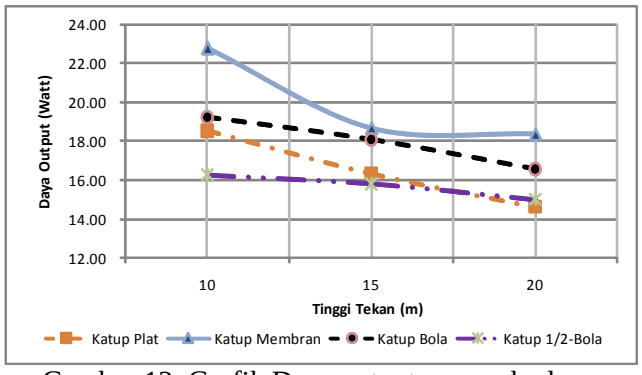
Zd (m)	n	vs (m/dt)	vd (m/dt)	HLs (m)	HLd (m)	Hs (m)	Hd (m)	Qw (Lt/dt)	Qd (Lt/dt)	Ws (Watt)	Wd (Watt)	η_v (%)	η_t (%)
10	1	0.46	1.16	0.04	1.38	2.96	11.45	0.79	0.15	27.21	16.51	15.70	60.68
	2	0.47	1.12	0.04	1.28	2.96	11.35	0.81	0.14	27.54	15.77	14.95	57.29
	3	0.46	1.16	0.04	1.38	2.96	11.44	0.79	0.15	27.20	16.48	15.68	60.58
Rata-Rata		**0.46**	**1.15**	**0.04**	**1.35**	**2.96**	**11.41**	**0.80**	**0.15**	**27.31**	**16.25**	**15.44**	**59.52**
15	1	0.46	0.81	0.04	1.11	2.96	16.14	0.82	0.10	26.95	16.33	11.12	60.62
	2	0.45	0.74	0.04	0.92	2.96	15.95	0.82	0.09	26.57	14.76	10.32	55.54
	3	0.47	0.81	0.04	1.10	2.96	16.13	0.85	0.10	27.73	16.27	10.77	58.68
Rata-Rata		**0.46**	**0.79**	**0.04**	**1.04**	**2.96**	**16.08**	**0.83**	**0.10**	**27.08**	**15.79**	**10.74**	**58.28**
20	1	0.45	0.62	0.04	0.71	2.96	20.73	0.83	0.08	26.49	15.84	8.55	59.81
	2	0.45	0.54	0.04	0.55	2.96	20.57	0.85	0.07	26.77	13.92	7.49	51.97
	3	0.44	0.59	0.03	0.66	2.97	20.67	0.81	0.08	25.77	15.21	8.47	59.02
Rata-Rata		**0.45**	**0.58**	**0.04**	**0.64**	**2.96**	**20.66**	**0.83**	**0.07**	**26.35**	**14.99**	**8.17**	**56.94**

Untuk membandingkan performansi atau unjuk kerja pompa hydram dengan berbagai model katup tekan yang telah diuji, maka berdasarkan Tabel 5 sampai dengan Tabel 8 dibuat grafik seperti pada Gambar 11 sampai dengan Gambar 9.



Gambar 11. Grafik debit pemompaan

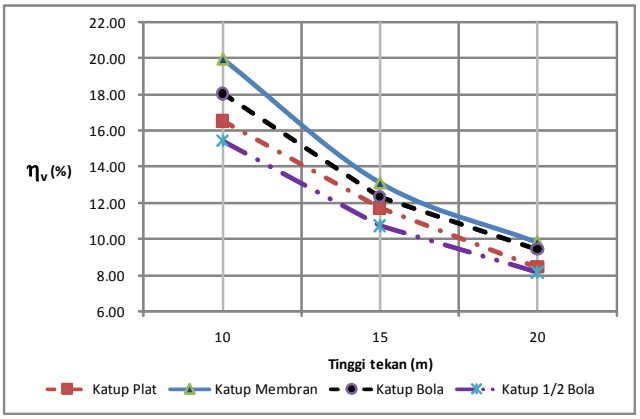
Gambar 11 menunjukkan bahwa semakin tinggi head pemompaan atau tinggi tekan (H) maka semakin kecil debit pemompaan (Q) yang dihasilkan. Hal ini sesuai dengan persamaan daya pada Pers.(5).
Katup tekan model membran menghasilkan debit pemompaan yang paling tinggi, kemudian diikuti katup bola, katup plat dan terakhir katup setengah bola menghasilkan debit yang paling kecil.



Gambar 12. Grafik Daya output pompa hydram

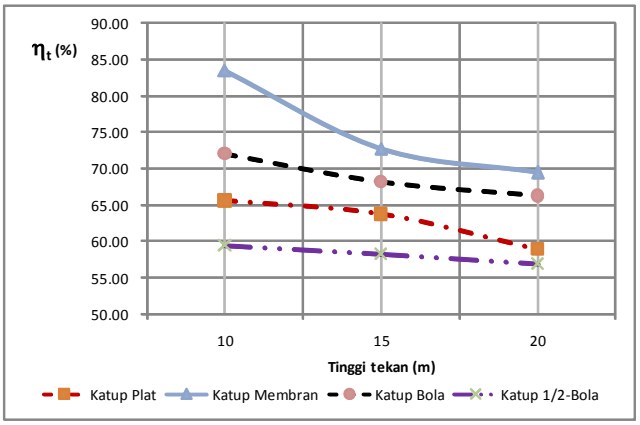
Gambar 12 menuunjukkan bahwa semakin tinggi head pemompaan maka semakin kecil daya output pompa yang dihasilkan. Hal ini disebabkan karena

semakin tinggi head pemompaan maka panjang pipa salurannya juga semakin panjang sehingga head lossesnya atau kerugian energinya juga semakin besar, sehingga mengakibatkan daya output pompa menurun.
Katup tekan model membran menghasilkan daya pemompaan yang paling besar, kemudian diikuti katup bola, katup plat dan terakhir katup setengah bola menghasilkan daya output yang paling kecil.



Gambar 13. Grafik efisiensi volumetris pompa hydram

Karena katup tekan model membran menghasilkan debit pemompaan yang paling tinggi, maka efisiensi volumetrisnya (η_v) juga paling tinggi yaitu 20% pada tinggi pemompaan 10 meter, kemudian diikuti katup bola, katup plat dan terakhir katup setengah bola menghasilkan efisiensi volumetris yang paling kecil, seperti ditunjukan pada Gambar 13. Disamping itu juga menunjukkan bahwa semakin tinggi head pemompaan atau tinggi tekan maka semakin kecil efisiensi volumetris yang dihasilkan.



Gambar 14. Grafik efisiensi total pompa hydram

Karena dengan energi sumber penggerak yang sama katup tekan model membran menghasilkan daya pemompaan yang paling besar, maka efisiensi total yang dihasilkannyapun paling tinggi yaitu sekitar 84% pada tinggi pemompaan 10 m kemudian menurun hingga sekitar 69% pada tinggi pemompaan 20 meter. Seluruh model katup menghasilkan efisiensi total menurun dengan meningkatnya head atau tinggi pemompaan, seperti terlihat pada Gambar 14.
Secara umum katup tekan model membran memberikan unjuk kerja atau performansi baik debit pemompaan, daya output, efisiensi volumetris maupun efisiensi total yang paling baik, kemudian diikuti katup bola, katup plat dan terakhir katup setengah bola menghasilkan unjuk kerja yang paling rendah.
Walaupun katup bola menghasilkan performansi yang lebih rendah dari katup membran, namun masih lebih baik dari katup plat yang selama ini umum digunakan pada pompa hydram. Kalau dilihat dari strukturnya maka dapat diyakini katup model bola akan dapat memberikan kehandalan yang paling tinggi. Untuk itu perlu dipertimbangkan penggunaannya pada operasi pompa hydram yang memiliki head pemompaan yang relatif tinggi.

Kesimpulan

Dari penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan yaitu :

1. Katup tekan model membran memberikan unjuk kerja atau performansi baik debit pemompaan, daya output, efisiensi volumetris maupun efisiensi total yang paling baik, kemudian diikuti katup bola, katup plat dan terakhir katup setengah bola menghasilkan unjuk kerja yang paling rendah.
2. Walaupun katup bola menghasilkan performansi yang lebih rendah dari katup membran, namun masih lebih baik dari katup plat yang selama ini umum digunakan pada pompa hydram. Disamping itu, berdasarkan strukturnya katup tekan model bola dapat diyakini memiliki kehandalan yang paling tinggi dibandingkan model katup lainnya.
3. Semakin tinggi head tekan maka performansi pompa baik debit pemompaan, daya output, dan efisiensinya semakin kecil

Saran

1. Diperlukan penelitian lebih lanjut untuk membuat rancangan katup tekan model bola yang dapat menghasilkan unjuk kerja yang lebih baik.
2. Untuk implementasi pompa hydram dengan head pemompaan yang relatif tinggi dapat disarankan untuk menggunakan katup tekan model bola mengingat katup model ini akan memberikan kehandalan yang paling baik sehingga kontinyuitas pemompaan air dapat lebih baik.

Ucapan Terima kasih

Terimakasih disampaikan kepada Universitas Udayana. Paper ini diseminarkan sebagai pertanggungjawaban pelaksanaan penelitian Dana PNBP Universitas Udayana tahun 2012 untuk skim penelitian Dosen Muda.

Referensi

Chi, M., dan Diemer, P., *Hydraulic Ram Handbook*, Bremen Overseas Research and Development Association, Bremen (2002)

David, J.P.,dan Edward, H.W., *Schaum's Outline of Theory and Problems of Fluid Mechanics and Hydraulics*, McGraw-Hill Book Company, Singapore (1985)

Jennings, G.D., *Hydraulic Ram Pumps*, North Carolina Cooperative Extension Service, North Carolina (1996)

Rajput, R. K., 2002, *A Textbook of Fluid Mechanics and Hidroulic Machines*, S1 Version, S. Chad and Company Ltd, New Delhi.

Streeter, V.L., dan Wylie, E.B., 1975, *Fluid Mechanics*, 6th edition, McGraw-Hill Book Company, New York.

Suarda M., Wirawan IKG, *Kajian Eksperimental Pengaruh Tabung Udara Pada Head Tekanan Pompa Hidram*, Jurnal Ilmiah Teknik Mesin CakraM Vol. 2, Nomor 1, Juni 2008, ISSN 1979 – 2468, Hal.10-14. (2008)

Suarda M., Sukadana IKG, *Penerapan Teknologi Pompa Hydram Untuk Meningkatkan Produktivitas Usaha Tani Sari Murni Banjar Kebon Jero*, Laporan Pengabdian Masyarakat program Iptek bagi Masyarakat (IbM) (2010)

Suarda M., *Perancangan dan Pengujian Model Sistem Hydram Penggerak Pompa Torak Dengan Dua Sumber Aliran: Air Kotor dan Air Bersih*, Prosiding: Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM – IX), Palembang, ISBN : 978-602-97742-0-7, Tgl. 13-15 Oktober 2010, Hal. MI-021 - MI-125. (2010)

Taye, T., 1998, *Hydraulic Ram Pump*, Journal of the ESME, Vol. II, Juli 1998, Addis Ababa, Ethiopia.

Tessema, A.A., 2000, *Hydraulic Ram Pump System Design and Application*, ESME 5th Conference on Manufacturing and Process Industry, September 2000, Addis Ababa, Ethiopia.

Young, B., 1997, *Design of Homologous Ram Pump*, Journal of Fluids Engineering, Transaction of the ASME, Vol. 119, June 1997,pp.360-365.