

PERBAIKAN DISAIN POMPA IRIGASI SENTRIFUGAL BUATAN LOKAL

*Agung Prabowo¹⁾, Agung Hendriadi²⁾, Novi Sulistyosari³⁾,
Hari Gunardi⁴⁾ dan Affifudin⁵⁾*

- ¹⁾ Ajun Perakayasa Muda BBP Mektan, Serpong
²⁾ Perakayasa Muda BBP Mektan, Serpong
³⁾ Perakayasa non-klas BBP Mektan, Serpong
⁴⁾ General Manajer CV. Pabrik Mesin Guntur, Malang
⁵⁾ Ka. Bag. Teknik CV. Pabrik Mesin Guntur, Malang

ABSTRAK

Untuk meningkatkan unjuk kerja pompa irigasi sentrifugal buatan lokal, yang hanya mencapai efisiensi 45% – 65%, maka Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian melakukan perbaikan disain impeller dan casing dari pompa sentrifugal. Perbaikan disain tersebut telah dilakukan dengan mengacu teori-teori Addison, Churh dan Stepanoff. Pabrikasi dilakukan bekerjasama dengan CV. Pabrik Mesin Guntur, Malang, sebagai salah satu produsen lokal pompa irigasi di Indonesia. Prototipe pompa yang dihasilkan adalah AP-S100 (Alsin Pompa Sentrifugal diameter 100 mm), dengan dimensi sebagai berikut : panjang 388,49 mm ; lebar 274 mm ; tinggi 275,89 mm dan bobot 28 kg. Prototipe tersebut telah diuji di laboratorium uji CV. Pabrik mesin Guntur, Malang dan Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian, Serpong. Hasil uji itu mengindikasikan keunggulan dibandingkan unjuk kerja pompa lokal yang ada dipasaran saat ini. Efisiensi mengalami peningkatan 10.65% - 17.07%, debit 6.29% – 12.14% dan tinggi total 12.01% - 41.62%. Pompa AP-S100 ini mampu menghemat energi potensial yang digunakan untuk memompa sejumlah unit volume air sebesar 1.08% - 3.79% kJ/m³. Biaya produksi dindikasikan lebih murah karena bobot prototipe pompa AP-S100 lebih ringan 51.30% dibandingkan pompa lokal yang telah diuji.

Kata Kunci : Perbaikan Disain, Pompa Sentrifugal, Irigasi.

Makalah ini disampaikan pada acara Temu Ilmiah Pengembangan Mekanisasi Pertanian di Bogor pada tanggal 16 Desember 2003

PENDAHULUAN

Populasi pompa irigasi sentrifugal yang digunakan di lahan pertanian Indonesia meningkat dari 87,484 unit (1995) menjadi 188,860 unit (2000) pada berbagai ukuran. Dari hasil survey Prabowo, A. (2002) diketahui bahwa populasi pompa yang terbanyak digunakan oleh petani adalah ukuran 50 mm sebanyak 56.8% dari jumlah total. Dari jumlah tersebut 35.1%-nya digerakkan oleh motor bakar minyak tanah (3.2 HP) dan 21.6%-nya digerakkan oleh motor bakar bensin (3.2 HP). Populasi selanjutnya adalah pompa irigasi ukuran 100 mm sebanyak 32.4% yang digerakkan oleh motor bakar diesel (8.5 – 23 HP). Meskipun penggunaan pompa irigasi tersebut meningkat tetapi pompa irigasi sentrifugal buatan lokal menurun dari 81,130 unit di tahun 1995 menjadi 76,608 unit di tahun 2000. Hal ini disebabkan adanya krisis ekonomi pada 1997, sehingga permintaan akan produk lokal juga menurun. Selain dari pada itu pompa irigasi sentrifugal buatan lokal kalah bersaing dalam hal disain dengan produk dari Jepang dan kalah bersaing dalam hal harga dengan China. Hal ini terbukti dengan nilai import pompa irigasi sentrifugal pada tahun 1997/1998 mencapai lebih dari US\$130 juta dan pertumbuhan import rata-rata mencapai 25 % pada 3 tahun yang lalu

Beberapa prototipe pompa irigasi sentrifugal buatan lokal telah diuji oleh Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian. Hasil uji dari pompa-pompa buatan lokal berukuran kecil dan sedang mencapai efisiensi 45% - 65% pada titik pengoperasian terbaiknya. Tetapi para petani belum mengerti tentang kurva aktual unjuk pompa yang mereka gunakan. Sehingga mereka tidak dapat memilih secara tepat pompa yang mereka butuhkan. Sejak perbaikan disain diperlukan dan efisiensi aktual penggunaan sumber daya merupakan sebuah komponen utama dari mekanisasi pertanian, informasi yang tepat untuk industri lokal dan pengguna pompa sangat diperlukan.

Pompa sentrifugal adalah salah satu anggota kelompok *Variable Displacement Pump*. Sifat dari *variable displacement pump* adalah volume air per menit yang dihantarkan tidak sama dengan volume air yang dihisap setiap menitnya. Hal ini disebabkan adanya losses pada komponen-komponen utamanya seperti : impeler, casing dan *mechanical seals*. Losses yang terjadi di impeler dan casing dapat diakibatkan oleh disain geometri impeler dan geometri casingnya. Dari hasil eksperimen Ludwig, G. et all (2000) diketahui bahwa permukaan impeller yang

berbeda mempengaruhi losses yang diakibatkan oleh friksi dibagian muka dan belakang impeller. Sedangkan losses pada mechanical seals dapat dikurangi dengan penggunaan *seal* yang lebih berkualitas dan pemasangan yang presisi. Prosentase losses di impeler mencapai 2% – 10% dari total debit yang dihantarkan pompa (Church, 1972). Penggunaan mechanical seal yang berkualitas baik dapat mengurangi kebocoran pada bagian-bagian yang berputar, sehingga menjadi hanya 10 cc/menit – 40 cc/menit (Torishima Pump, 1996). Penggunaan konstanta disain yang tepat untuk impeller dapat meminimalkan losses yang terjadi di impeller. Prabowo, A. et all (2003) telah berhasil meningkatkan debit pompa sentrifugal diameter 100 mm mencapai 28.4% - 58.6% melalui perbaikan disain impellernya. Penurunan efisiensi yang diakibatkan oleh disefisiensi disain casing mencapai 4.7% (Stepanoff, 1957). Dengan adanya acuan seperti disebutkan diatas, maka terbuka peluang untuk meningkatkan unjuk kerjanya dengan cara memodifikasi salah satu atau semua komponen utama pompa sentrifugal tersebut.

Untuk mengatasi beberapa permasalahan tersebut diatas, maka Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian bekerja sama dengan CV. Pabrik Mesin Guntur, Malang telah melakukan pabrikan, pengujian dan pengembangan pompa irigasi sentrifugal model AP-S100 (Alsin Pompa Sentrifugal diameter 100 mm) untuk irigasi air tanah.

BAHAN DAN METODE

Sebuah pompa irigasi sentrifugal buatan lokal berdiameter 100 mm telah diseleksi dari pasaran dan diuji di laboratorium uji Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian, Serpong. Uji laboratorium tersebut dilakukan untuk mengetahui unjuk kerja pompa yang meliputi : debit, tinggi total, daya air, daya poros dan efisiensi. Tipe impeler pompa tersebut adalah *semi-open* berdiameter 76 mm dan memiliki 5 buah sudu dengan tebal masing-masing sudunya adalah 6 mm. Dimensi dari pompa buatan lokal tersebut adalah sebagai berikut : panjang 602 mm, lebar 387 mm, tinggi 670 mm dan bobot 57.5 kg.

Fasilitas uji laboratorium yang digunakan dilengkapi dengan : bak penampung air ukuran 8 m x 4 m x 4 m (panjang, lebar dan kedalaman), pipa hisap diameter 100 mm, pipa tekan diameter 100 mm, *pressure gage*, *vacuum gage*, *gate valve*, bak ukur

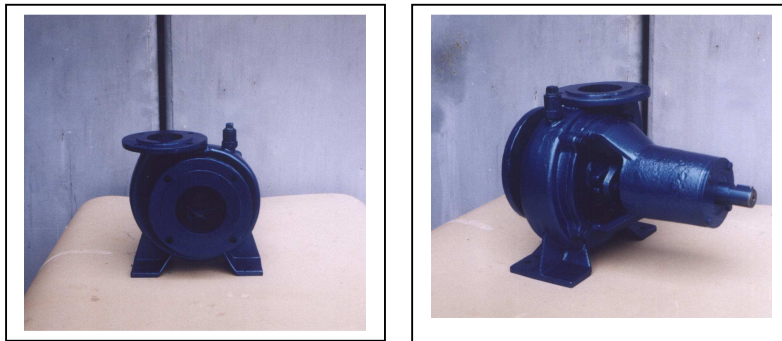
tipe *V-notch*, *dynamic strain amplifier*, *digital multimeter*, *digital tachometer*, motor listrik 22 kW/2940 rpm dan varispeed inverter.

Uji unjuk kerja dilakukan dengan variasi kecepatan putar poros pompa sesuai dengan spesifikasi yang diberikan oleh produsen pompa lokal tersebut. Kurva karakteristik pompa yang diuji dapat diplotkan yang meliputi : kurva tinggi total vs debit, efisiensi vs debit dan daya poros vs debit.

Prototipe pompa AP-S100 hasil disain BBP Mektan juga diuji dengan pada fasilitas uji yang sama pada berbagai putaran poros spesifikasinya. Evaluasi terhadap prototipe pompa tersebut juga meliputi : debit, tinggi total, daya air, daya poros dan efisiensi.

HASIL DAN DISKUSI

Hasil perbaikan disain pompa lokal adalah prototipe pompa sentrifugal model AP-S100 (Alsin Pompa Sentrifugal diameter 100 mm) dapat dilihat pada gambar 1 dan konstanta-konstanta disainnya dapat dilihat pada lampiran 1.



Gambar 1. Prototipe pompa sentrifugal AP-S100.

Hasil uji dan evaluasi dari prototipe pompa sentrifugal AP-S100 menunjukkan keunggulan terhadap pompa lokal yang ada dipasaran. Hasil uji unjuk kerja pompa tersebut dapat dilihat pada tabel 1.

Hasil uji pendahuluan terhadap pompa sentrifugal buatan lokal pada putaran poros 2000 rpm, 2100 rpm, 2250 rpm dan 2300 rpm menunjukkan efisiensi tertinggi sebesar 65.26% pada debit $1.47 \text{ m}^3/\text{mnt}$, total head 15.99 m dan daya poros 5.89 kW pada putaran poros 2100 rpm.

Tabel 1. Perbandingan unjuk kerja maksimum antara pompa lokal dan prototipe Pompa AP-S100.

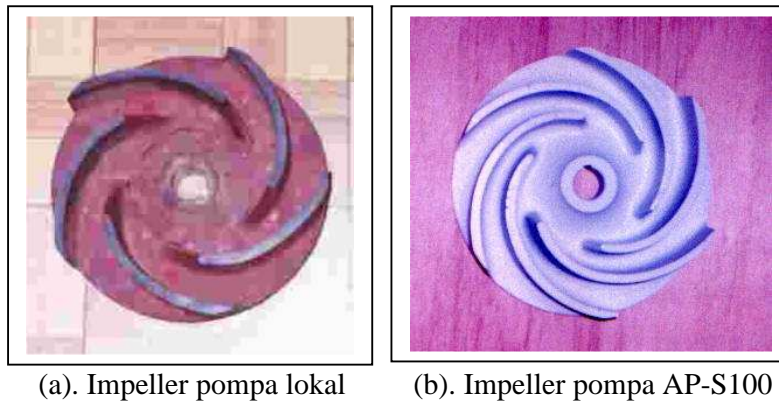
Putaran poros (rpm)	Model pompa	Debit (m^3/mnt)	Tinggi total (m)	Daya poros (kW)	Efisiensi (%)	Energi potensial (kJ/m^3)
2000	GTO 4-1	1,43	11,7	4,24	64,32	177,9
	AP-S100	1,52	16,57	5,74	71,34	226,6
	Perbedaan (%)	6,29	41,62	35,38	10,91	27,36
2100	GTO 4-1	1,47	15,99	5,89	65,26	239,6
	AP-S100	1,60	17,91	6,25	72,21	234,4
	Perbedaan (%)	8,55	12,01	6,17	10,65	-2,19
2250	GTO 4-1	1,51	18,69	7,47	61,46	297,4
	AP-S100	1,69	21,16	8,06	71,95	286,2
	Perbedaan (%)	12,14	13,22	7,90	17,07	-3,79
2300	GTO 4-1	1,45	20,09	7,66	62,03	316,7
	AP-S100	1,62	22,87	8,46	71,55	313,3
	Perbedaan (%)	11,65	13,84	10,44	15,35	-1,08

Pada tabel 1 mengidentifikasi bahwa prototipe pompa AP-S100 memiliki keunggulan dibandingkan pompa buatan lokal yang diuji. Debitnya menunjukkan peningkatan 6.29 % sampai 12.14%. Peningkatan yang terbesar dicapai pada putaran 2250 rpm. Faktor yang mempengaruhi peningkatan debit antara lain disebabkan oleh beberapa faktor, yaitu diameter dalam impeller (D_1), diameter luar impeller (D_2), kecepatan periphal pada bagian inlet impeller (u_1) dan kecepatan periphal pada bagian outlet impeller (u_2). Bila D_1 semakin besar, maka aliran air yang masuk ke impeller akan meningkat. Demikian pula bila D_2 semakin besar, maka impeller mampu menampung dan melempar air dalam jumlah yang lebih besar. Peningkatan kecepatan periphal u_2 cenderung mengurangi sudut kipas bagian outlet (β_2). Semakin kecil β_2 , maka semakin cepat terjadinya peningkatan debit.

Prototipe pompa AP-S100 memberikan tinggi total yang lebih tinggi dibandingkan pompa lokal yang telah diuji. Peningkatan tinggi total berkisar antara 12.01% sampai 41.62%. Peningkatan maksimum tinggi total dicapai adalah pada putaran 2000 rpm. Perubahan tinggi total disebabkan oleh perubahan kecepatan periphal u_2 , kecepatan relative pada outlet (V_{r2}) dan diameter dalam impeller (D_1).

Prototipe pompa AP-S100 dengan impeller bersudu 6 buah memperlihatkan peningkatan yang signifikan dalam hal daya poros yang digunakan. Hal ini disebabkan terjadi penambahan sebuah sudu dibandingkan pompa lokal dengan jumlah sudu 5 buah, sehingga bobot impeller prototipe pompa AP-S100 lebih berat. Berat total impeller prototipe pompa AP-S100 adalah 2.84 kg, atau 33% lebih berat

dibandingkan impeller pompa lokal. Peningkatan daya input tersebut berkisar antara 6.17% sampai 35.38%. Peningkatan daya input pompa AP-S100 juga disebabkan oleh peningkatan jumlah air per satuan waktu yang harus dilempar oleh impellernya.



Gambar 2. Perbedaan disain impeller antara pompa lokal dan AP-S100

Tabel 1 memperlihatkan peningkatan efisiensi yang dicapai oleh prototipe pompa AP-S100. Efisiensi maksimum yang mampu dicapai oleh pompa AP-S100 adalah 72.21% pada putaran 2100 rpm, dengan debit $1.60 \text{ m}^3/\text{mnt}$, tinggi total 17.91 m dan daya poros 6.25 kW. Sedangkan pompa lokal mencapai efisiensi maksimum 65.26% pada debit $1.47 \text{ m}^3/\text{mnt}$, tinggi total 15.99 m dan daya poros 5.89 kW. Peningkatan efisiensi pompa AP-S100 dibandingkan pompa lokal adalah berkisar antara 10.65% - 17.07%.

Perbandingan energi potensial antara pompa lokal dengan pompa AP-S100 menunjukkan perbedaan yang signifikan. Energi potensial adalah energi yang diperlukan untuk memompa sejumlah unit volume air. Energi potensial pompa AP-S100 meningkat secara proporsional terhadap peningkatan debit yang dihasilkannya. Terjadi penurunan energi yang diperlukan oleh pompa AP-S100 dibandingkan pompa lokal. Penurunan energi potensial tersebut berkisar 1.08% - 3.79%.

KESIMPULAN DAN SARAN

Prototipe pompa sentrifugal AP-S100 menunjukkan unjuk kerja yang lebih baik dibandingkan pompa lokal yang telah diuji. Perbaikan disain tersebut meliputi perbaikan disain impeller dan casing pompa. Unjuk kerja pompa hasil rekayasa BBP Mektan ini mampu meningkatkan efisiensi sebesar 10.65% - 17.07%, debit 6.29% - 12.14 %, tinggi total 12.01% – 41.62% dan menghemat energi potensial sebesar 1.08% - 3.79%. Untuk lebih mengurangi energi potensial pompa, perlu dicari alternatif lain bahan material untuk impeller agar lebih ringan, sehingga daya poros yang diperlukan berkurang.

DAFTAR PUSTAKA

- Church, A. H. 1972. *Centrifugal Pumps and Blowers*. Robert E. Krieger Publishing Company. Huntington, New York, USA.
- Ludwig, G., Meschkat, S. and Stoffel, B. 2000. *Design Factors Affecting Pump Efficiency*. Darmstadt University of Technology. Magdalenenstrabe 4, D-64289 Darmstadt, Germany.
- Prabowo, A. 2002. *Evaluation and Improvement of A Locally Made Centrifugal Pump Commonly Used in Indonesia*. Unpublished. Thesis. No. AE – 02 – 1. Asian Institute of Technology, Bangkok, Thailand.
- Prabowo, A., Singh, G., and Kaewprakaisaingkul, C. 2003. *Improvement of A Locally Made Centrifugal Pump by Modifying the Geometry of the Impeller*. Jurnal Enjiniring Pertanian (*Journal of Agricultural Engineering*). Vol. I, No. 1, Tahun 2003. Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian, Serpong, Banten, Indonesia.
- Stepanoff, A. J. 1957. *Centrifugal and Axial Flow Pump*. John Wiley and Sons. Inc., New York, USA.
- Torishima Pump. 1999. *Hand Book*. Torishima Pump MFG. Co., Ltd. Japan.

Lampiran 1. Konstanta disain impeler untuk pompa AP-S100

Parameter		Konstanta	Satuan
H	Total head	22.5	m
Q	Debit	1.43	m ³ /mnt
n	Kec.poros	2250	rpm
n _s	Kec.spesifik	260.4	
D _s	Diameter poros	15.4	mm
D _H	Diameter hub	25.62	mm
D _{su}	Diameter suction flange	100	mm
V _{su}	Kec. di suction line	3.04	m/det
V _o	Kec. di impeler eye	4.5	m/det
D _o	Eye diameter	86.82	mm
D ₁	Diameter inlet	87	mm
u ₁	Kec. tangensial inlet	10.24	m/det
V _{r1}	Kec.radial di inlet	3.4	m/det
ε ₁	Faktor kontraksi di inlet	0.85	
b ₁	Lebar inlet	30.40	mm
β ₁	Sudut vane di inlet	18.6	°
D ₂	Diameter luar impeler	185.8	mm
β ₂	Sudut vane di outlet	20	°
V _{r2}	Kec. Radial di outlet	2.6	m/det
A ₂	outlet area	94.1	cm ²
ε ₂	Faktor kontraksi di outlet	0.925	
b ₂	Lebar outlet	17.4	mm
u ₂	Kec. tangensial di outlet	21.88	m/det
V _{u2}	Kec.tangensial virtual	14.79	m/det
η _~	Koef. Circulatory flow	0.7	
V _{u2'}	Kec. tangensial aktual	10.35	m/det
α _{2'}	Sudut outlet aktual	14.01	°
V _{2'}	Kec. Absolut di outlet	10.67	m/det
β _m	Sudut rata-rata vane	19.29	°
z	Jumlah vane(sudu)	5.9	buah

Lampiran 2. Unjuk kerja pada efisiensi maksimum diputaran 2000 rpm.

Parameter	Hasil Uji		
	Laboratorium CV. Pabrik Mesin Guntur	Laboratorium BBP Mektan	Rata-rata
Efisiensi maksimum (%)	72,66	70,01	71,34
Debit (m ³ /mnt)	1,396	1,642	1,52
Tinggi Total (m)	17,44	15,70	16,57
Daya air (kW)	3,98	4,21	4,09
Daya Poros (kW)	5,47	6,01	5,74

Lampiran 3. Unjuk kerja pada efisiensi maksimum diputaran 2100 rpm.

Parameter	Hasil Uji		
	Laboratorium CV. Pabrik Mesin Guntur	Laboratorium BBP Mektan	Rata-rata
Efisiensi maksimum (%)	73,4	71,01	72,21
Debit (m ³ /mnt)	1,583	1,622	1,60
Tinggi Total (m)	17,62	18,20	17,91
Daya air (kW)	4,56	4,81	4,69
Daya Poros (kW)	6,21	6,28	6,25

Lampiran 4. Unjuk kerja pada efisiensi maksimum diputaran 2250 rpm.

Parameter	Hasil Uji		
	Laboratorium CV. Pabrik Mesin Guntur	Laboratorium BBP Mektan	Rata-rata
Efisiensi maksimum (%)	72,47	71,42	71,95
Debit (m ³ /mnt)	1,526	1,849	1,69
Tinggi Total (m)	22,21	20,10	21,16
Daya air (kW)	5,53	6,06	5,80
Daya Poros (kW)	7,64	8,49	8,06

Lampiran 5. Unjuk kerja pada efisiensi maksimum diputaran 2300 rpm.

Parameter	Hasil Uji		
	Laboratorium CV. Pabrik Mesin Guntur	Laboratorium BBP Mektan	Rata-rata
Efisiensi maksimum (%)	71.88	71.22	71.55
Debit (m ³ /mnt)	1.564	1.682	1.62
Tinggi Total (m)	23.35	22.40	22.87
Daya air (kW)	5.96	6.14	6.05
Daya Poros (kW)	8.30	8.63	8.46