

METODE PERBAIKAN DISAIN POMPA IRIGASI UNTUK Mendukung Perbaikan Mutu Produk Lokal

Agung Prabowo¹⁾ dan Affifuddin²⁾

¹⁾ Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian, Serpong.

P.O. Box 2, Serpong, Tangerang – Banten

²⁾ CV. Pabrik Mesin Guntur, Jl. Kol. Sugiono 14, Malang

INTISARI

Pompa irigasi yang biasa digunakan oleh petani di Indonesia umumnya jenis sentrifugal dengan poros horisontal. Pompa tersebut digunakan untuk mengairi lahan pertanian untuk tanaman pangan maupun hortikultura. Populasi pompa irigasi di Indonesia meningkat cukup pesat baik yang disuplai dari dalam negeri maupun import. Dalam rangka pengawasan mutu pompa irigasi tersebut, maka Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian (BBP Mektan) mempunyai tugas melakukan pengujian kinerja pompa irigasi yang beredar di Indonesia. Dari hasil uji laboratorium terhadap pompa tersebut, menunjukkan bahwa unjuk kerja pompa irigasi sentrifugal buatan lokal hanya mencapai efisiensi 45% – 65%. Untuk meningkatkan unjuk kerja tersebut maka Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian melakukan perbaikan disain impeller dan casing dari pompa sentrifugal. Metode 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. Hasil uji terhadap prototipe pompa tersebut mengindikasikan keunggulan dibandingkan unjuk kerja pompa lokal yang ada dipasaran saat ini. Efisiensi mengalami peningkatan 10.67% - 16.14%, debit 6.29% – 12.14% dan tinggi total 12.08% - 34.86%. Pompa AP-S100 ini mampu menghemat energi potensial yang digunakan untuk memompa sejumlah unit volume air sebesar 1.08% - 4.17% kJ/m³

Kata kunci : Perbaikan Mutu, Disain, Pompa Irigasi

Makalah ini disampaikan pada acara Seminar Nasional “Pemasyarakatan Inovasi Teknologi Pertanian Sebagai Penggerak Ketahanan Pangan Nasional”. di Mataram, NTB pada tanggal 5 – 6 September 2006.

ABSTRACT

The irrigation pump which commonly use by Indonesian farmer generally centrifugal type with the horizontal axis which used for irrigate the food crop and horticulture. Population of irrigation pump in Indonesia increase fast enough both for supply from local and also import. In order to qualified control of irrigation pumps, hence Indonesia Center for Agricultural Engineering Research and Development (ICAERD) having duty to conduct testing of irrigation pump performance that circulating in Indonesia. To increase performance of a locally centrifugal pump that used to irrigate, Indonesian Center for Agricultural Engineering Research and Development (ICAERD) conducted improvement of a pump impeller and casing in order to reach the efficiency more than 65%. This improvement is carried out with refer the Addison's, Church's and Stepanoff's theory. CV. Pabrik Mesin Guntur, one of locally pump manufacturers in Indonesia that cooperates with ICAERD, fabricates the prototype. The prototype is named AP-S100 (Alsintan Pompa Sentrifugal diameter 100 mm) with length of 388.49 mm, width of 274 mm, height of 275.89 mm and weight of 28 kg. Both ICAERD and CV. Pabrik Mesin Guntur tested the pump. The test results indicate more superior than locally pumps commonly used in Indonesia. The efficiency increased 10.65% to 17.07%, the discharge increased 6.29% to 12.14%, and the total head increased 12.01% to 41.62%. AP-S100 economical capable to reduce potential energy 1.08% to 3.79%.

Key Words : Quality Control, Design, Irrigation Pump.

I. PENDAHULUAN

Banyak macam pompa air yang digunakan untuk keperluan irigasi pertanian. Salah satunya adalah pompa sentrifugal. Pompa irigasi ini dipakai untuk memompa air dari sungai maupun sumur-sumur dangkal. Mayoritas pompa irigasi sentrifugal yang digunakan oleh petani adalah berukuran kecil (diameter 50 mm) dan medium (diameter 100 mm). Sekitar 56.8 % petani menggunakan pompa berukuran kecil dan 32.4 % petani menggunakan pompa berukuran sedang [1]. Para petani menggunakan sumber air dari akuifer dangkal untuk irigasi pompa disamping penggunaan sumber air dari sungai-sungai yang ada untuk mensuplai irigasi saat musim kering. Pompa-pompa tersebut mengairi sekitar 120,000 hektar di Jawa.

Salah satu fungsi Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian (BBP Mektan) adalah melaksanakan pengujian dalam rangka standarisasi, sertifikasi dan pengawasan penggunaan alat dan mesin pertanian (alsintan). Adapun kegiatan tersebut meliputi : a). Pengawasan mutu alsintan melalui pelaksanaan pengujian fungsional dan verifikasi semua alsintan baik produksi dalam negeri maupun luar negeri dengan mengacu pada prosedur

dan cara uji yang telah ditetapkan secara nasional (SNI) dan regional (Regional Network for Agricultural Machinery), b). Meninjau dan mengajukan standarisasi yang meliputi standard komponen, prosedur dan sandi uji serta persyaratan minimum kinerja alsintan, c). Menerbitkan Laporan Uji dan rekomendasi Teknis yang mengacu pada standard dan prosedur sandi uji serta persyaratan minimum kinerja alsintan.

Pengukuran kinerja pompa irigasi sentrifugal melalui kegiatan pengujian yang merupakan salah satu tugas pokok BBP Mektan telah dilakukan sejak tahun 1993. Dalam periode tahun 1993 - 2005 prototipe pompa irigasi sentrifugal buatan lokal maupun import yang telah diuji oleh BBP Mektan sebanyak 85 buah. Hasil uji pompa-pompa tersebut, baik yang berukuran kecil maupun sedang mencapai efisiensi 45 % - 59 % pada titik pengoperasian terbaiknya.

Banyak prosedur yang digunakan dalam mendisain sebuah pompa sentrifugal. Setiap pabrik pompa melakukan pendekatan tersendiri, meskipun masing-masing prosedur itu mempunyai metode perhitungan yang sedikit berbeda tetapi semua prinsip-prinsipnya adalah sama. Semua perusahaan pompa mempunyai pembatasan-pembatasan parameter disain yang biasa mereka gunakan untuk memenuhi syarat-syarat persaingan bisnis dalam hal biaya produksi. Biaya produksi pabrikasi pompa adalah tergantung pada jumlah dan variasi dari disain komponennya. Semakin banyak dan semakin rumit disain komponennya maka biaya produksi yang dikeluarkan akan semakin membengkak. Didalam mengejar persaingan dagang, banyak perusahaan pompa lokal mengabaikan persyaratan disain unjuk kerja pompa. Mereka hanya mencontoh *blue print* dari pompa import kemudian dipabrikasi dengan modifikasi beberapa komponennya dengan maksud mengurangi biaya produksi tanpa menghiraukan batasan-batasan disain dari pompa tersebut. Beberapa “modifikasi” yang biasa mereka lakukan antara lain adalah : mengurangi jumlah sudu impeller, memperkecil diameter luar impeller, memperkecil diameter poros pompa, mengurangi ketebalan dinding casing pompa, menggunakan bearing yang berharga murah, dsb.

Faktor-faktor utama penentu kinerja dari sebuah pompa sentrifugal adalah disain impeller dan disain casingnya. Dalam mendisain sebuah impeller, diperlukan konstanta-

konstanta disain yang secara langsung berhubungan dengan target total head dan debit pada titik pengoperasian terbaiknya. Penggunaan konstanta disain yang tepat untuk impeller dapat meminimalkan losses yang terjadi di impeller. Prosentase losses di impeller mencapai 2% - 10% dari total debit yang dihasilkan pompa [5]. Total head yang dihasilkan oleh sebuah impeller tergantung pada permukaan dari sudu dan tidak hanya tergantung pada besaran sudut keluaran impeller saja. Untuk mengurangi losses yang terjadi di impeller dapat dilakukan dengan cara memperhalus permukaan impeller dan mengatur sudut sudu-sudu impeller sehingga mengurangi friksi pada bagian permukaan dan belakang impeller [6].

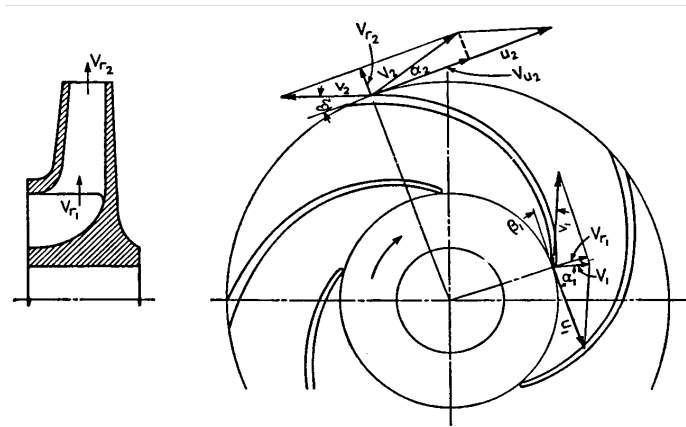
Untuk mengatasi beberapa permasalahan tersebut diatas, maka Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian bekerja sama dengan CV. Pabrik Mesin Guntur, Malang telah melakukan metode perbaikan disain, pabrikasi, dan pengujian pompa irigasi sentrifugal model AP-S100 (Alsin Pompa Sentrifugal diameter **100**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

II. DASAR TEORI

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. 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 [6]. Penurunan efisiensi yang diakibatkan oleh disefisiensi disain casing mencapai 4.7% [8]. Penggunaan mechanical seal yang berkualitas baik dapat mengurangi kebocoran pada bagian-bagian yang berputar, sehingga menjadi hanya 10 cc/menit – 40 cc/menit [9].

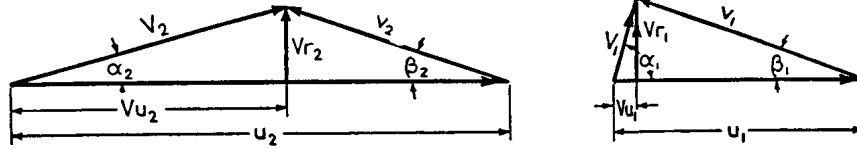
Dengan adanya acuan seperti disebutkan diatas, maka terbuka peluang untuk meningkatkan unjuk kerjanya dengan cara memodifikasi salah satu atau semua komponen utama pompa sentrifugal tersebut.

Disain impeler ditentukan oleh bentuk geometri dari impeler, antara lain meliputi: kecepatan spesifik, diameter dalam dan luar impeler, sudut dalam dan luar kipas (*vane*), lebar celah pemasukan dan pengeluaran impeler, ketebalan kipas dan jumlah kipas. Kecepatan aliran fluida yang mengalir melalui sebuah impeler yang berotasi, antara lain: u adalah kecepatan dari sebuah titik pada impeler relatif terhadap bidang dasar, V adalah kecepatan absolut partikel fluida yang mengalir melalui impeler relatif terhadap bidang dasar dan v adalah kecepatan fluida relatif terhadap impeler [6]. Hubungan antara kecepatan-kecepatan tersebut dapat dilihat pada Gb. 1.



Gambar 1. Diagram kecepatan pada sebuah impeler [6].

Sudut antara V dan u disebut α . Sudut antara v dan perpanjangan u adalah β . Gb. 2 memperlihatkan diagram vektor dari kecepatan di inlet dan outlet sebuah impeler. V_r adalah komponen radial dari kecepatan absolut V . V_u adalah komponen tangensial dari V atau sama dengan $V \cos \alpha$.



Gambar 2. Diagram vektor dari kecepatan fluida yang mengalir di inlet dan outlet sebuah impeler [6].

Beberapa persamaan dasar untuk bentuk geometri sebuah impeler, antara lain [8] :

$$u_1 = (\pi D_1 n) / 60 \quad \dots (1)$$

$$u_2 = K_u (2gH)^{0.5} \quad \dots (2)$$

$$D_2 = (60 u_2) / (\pi n) \quad \dots (3)$$

$$V_{r1} = K_{m1} (2gH)^{0.5} \quad \dots (4)$$

$$V_{r2} = K_{m2} (2gH)^{0.5} \quad \dots (5)$$

Dimana :

D_1 : diameter inlet dari impeler (m)

D_2 : diameter outlet dari impeler (m)

H : tinggi total (m)

K_u : konstanta kecepatan

K_{m1} : konstanta debit pada bagian inlet

K_{m2} : konstanta debit pada bagian outlet

n : kecepatan rotasi poros pompa (rpm)

V_{r1} : kecepatan relatif fluida pada bagian inlet (m/det)

V_{r2} : kecepatan relatif fluida pada bagian outlet (m/det)

Persamaan dasar untuk menentukan lebar celah pada bagian inlet dan outlet sebuah impeler [3] :

$$b_2 = \frac{Q' / 60}{\dots} \quad \dots (6)$$

$$(D_{ave} \pi - Z S_u) V_{r2}$$

$$b_1 D_1 = b_2 D_2 \quad \dots (7)$$

$$S_u = S_2 / \sin \beta_2 \quad \dots (8)$$

Dimana:

- b_1 : lebar celah pada bagian inlet impeler (m)
- b_2 : lebar celah pada bagian outlet impeler (m)
- Q' : debit efektif pada efisiensi volumetric (m^3/det)
- D_{ave} : diameter rata-rata pada ujung pengeluaran impeler (m)
- Z : jumlah kipas
- S_2 : ketebalan kipas (mm)

Pompa sentrifugal memiliki dua tipe casing yaitu: volute (spiral) dan diffuser. Casing melakukan fungsi secara efektif mengkonversi gaya sentrifugal yang dihasilkan oleh impeler menjadi tekanan. Casing tipe volute didisain menyerupai spiral yang mana luas permukaannya semakin membesar kearah lubang pengeluaran. Perubahan luas area tersebut mampu menurunkan kecepatan sehingga tekanannya menjadi meningkat. Umumnya pompa tipe *single stage* memiliki casing tipe volute. Casing tipe diffuser memiliki kipas pengarah aliran air pada sekeliling impelernya. Tekanan air selalu meningkat saat melewati difuser sebab secara progresif meningkat luas area antara kipas-kipasnya dalam arah alirannya.

III. MATERI DAN METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan di Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian, Serpong. Evaluasi pendahuluan dilakukan terhadap pompa irigasi sentrifugal buatan lokal yang umum digunakan oleh petani.

Evaluasi awal dilakukan untuk mengetahui unjuk kerja pompa dan mengidentifikasi disefisiensi disain impelernya. Evaluasi ini dilakukan dengan menguji pompa tersebut pada berbagai tinggi hisap statis dan berbagai variasi kecepatan rotasi.

Perbaikan disain ditujukan untuk meningkatkan total head, debit dan efisiensi pompa. Metode yang digunakan dalam perbaikan disain impeler pompa tersebut adalah mengacu kepada metode yang diberikan oleh Stepanoff, Addison dan Church. Gambar disain impeler dikerjakan dengan bantuan AutoCAD agar mudah melakukan modifikasi secara tepat dan akurat serta mampu ditampilkan secara tiga dimensi.

Setelah pabrikan, pompa kembali dievaluasi ulang dengan kondisi uji seperti evaluasi awal. Unjuk kerja pompa sebelum dan setelah perbaikan disain dibandingkan dan perbedaan tersebut dianalisa secara statistik. Pengukuran unjuk kerja pompa irigasi dilakukan di laboratorium pompa BBP Mektan, Serpong. Instrumen uji yang dipakai dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Instrumen untuk pengujian kinerja pompa irigasi.

No	Nama Alat	Kegunaan	Ketelitian
1	Pressure gauge	Mengukur tekanan air	0,05 kg/cm ²
2	Vacuum gauge	Mengukur tekanan hisap	0,05 kg/cm ²
3	Digital tachometer	Mengukur rpm	1 rpm
4	Electromagnetic Flowmeter	Mengukur debit air	-
5	Motor listrik 22 kW	Memutar poros pompa	-
6	Torque meter tipe TP-20KMAB	Mengukur torsi poros pompa	0,5 Nm
7	Bak ukur tipe V-Notch	Mengukur debit air pompa Ukuran 2 – 4 inch	0,5 mm
8	Varispeed inverter 30 kVa tipe	Mengubah putaran motor	1 rpm

	VS-616G5.	listrik	
9	Dynamic Strain amplifier tipe DPM-601B	Menguatkan tegangan	1 mV
10	Digital multi meter YEM-2506A	Mengukur tegangan listrik slip ring torque meter	1 mV

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

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 2.

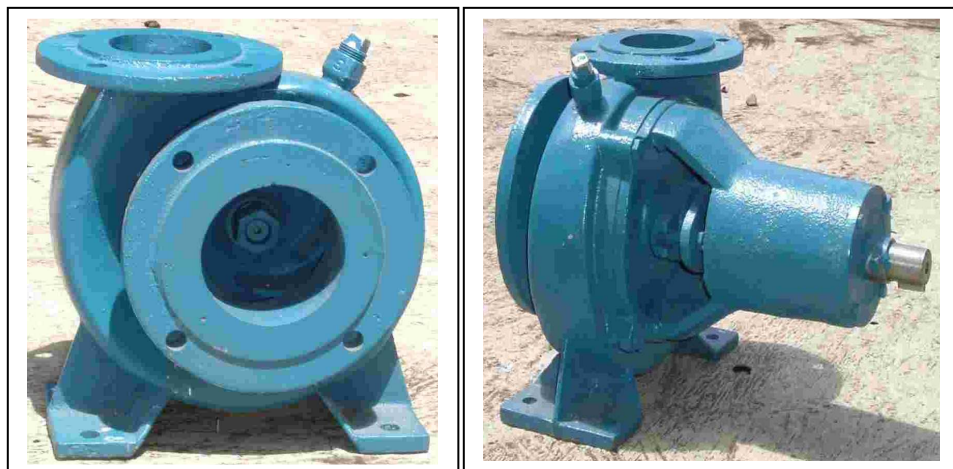
Tabel 2. Perbandingan unjuk kerja maksimum antara pompa lokal dan prototipe Pompa AP-S100.

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	64,41	177,9
	AP-S100	1,52	16,57	5,74	71,34	226,6
	Perbedaan (%)	6,29	41,62	35,38	10,76	27,36
2100	GTO 4-1	1,47	15,98	5,88	65,25	239,3
	AP-S100	1,60	17,91	6,25	72,21	234,4
	Perbedaan (%)	8,55	12,08	6,29	10,67	-2,08
2250	GTO 4-1	1,51	15,69	7,50	61,95	298,6
	AP-S100	1,69	21,16	8,06	71,95	286,2
	Perbedaan (%)	12,14	34,86	7,47	16,14	-4,17
2300	GTO 4-1	1,45	17,09	7,66	63,50	316,7
	AP-S100	1,62	22,87	8,46	71,55	313,3
	Perbedaan (%)	11,65	33,82	10,44	12,68	-1,08

Hasil uji pendahuluan terhadap pompa sentrifugal buatan lokal pada putaran poros 2000 rpm, 2100 rpm, 2250 rpm dan 2300 rpm menunjukkan efisiensi tertinggi sebesar 65.25% pada debit 1.47 m³/mnt, total head 15.98 m dan daya poros 5.88 kW pada putaran poros 2100 rpm.

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 peripheral pada bagian inlet impeller (u_1) dan kecepatan peripheral 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 peripheral u_2 cenderung mengurangi sudut kipas bagian outlet (β_2). Semakin kecil β_2 , maka semakin cepat terjadinya peningkatan debit.

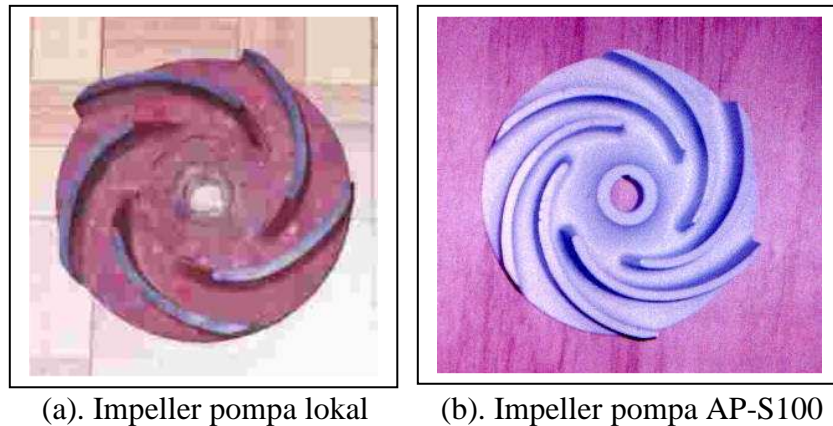
Prototipe pompa AP-S100 memberikan tinggi total yang lebih tinggi dibandingkan pompa lokal yang telah diuji. Peningkatan tinggi total berkisar antara 12.08% sampai 41.62%. Peningkatan maksimum tinggi total dicapai adalah pada putaran 2000 rpm. Perubahan tinggi total disebabkan oleh perubahan kecepatan peripheral u_2 , kecepatan relative pada outlet (V_{r2}) dan diameter dalam impeller (D_1).



Gambar 1. Prototipe pompa sentrifugal AP-S100.

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 6.29% 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.

Efisiensi maksimum yang mampu dicapai oleh pompa AP-S100 adalah 72.21% pada putaran 2100 rpm, dengan debit 1.60 m³/mnt, tinggi total 17.91 m dan daya poros 6.25 kW. Sedangkan pompa lokal mencapai efisiensi maksimum 65.25% pada debit 1.47 m³/mnt, tinggi total 15.98 m dan daya poros 5.88 kW. Peningkatan efisiensi pompa AP-S100 dibandingkan pompa lokal adalah berkisar antara 10.67% - 16.14%.

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% - 4.17%.

V. KESIMPULAN

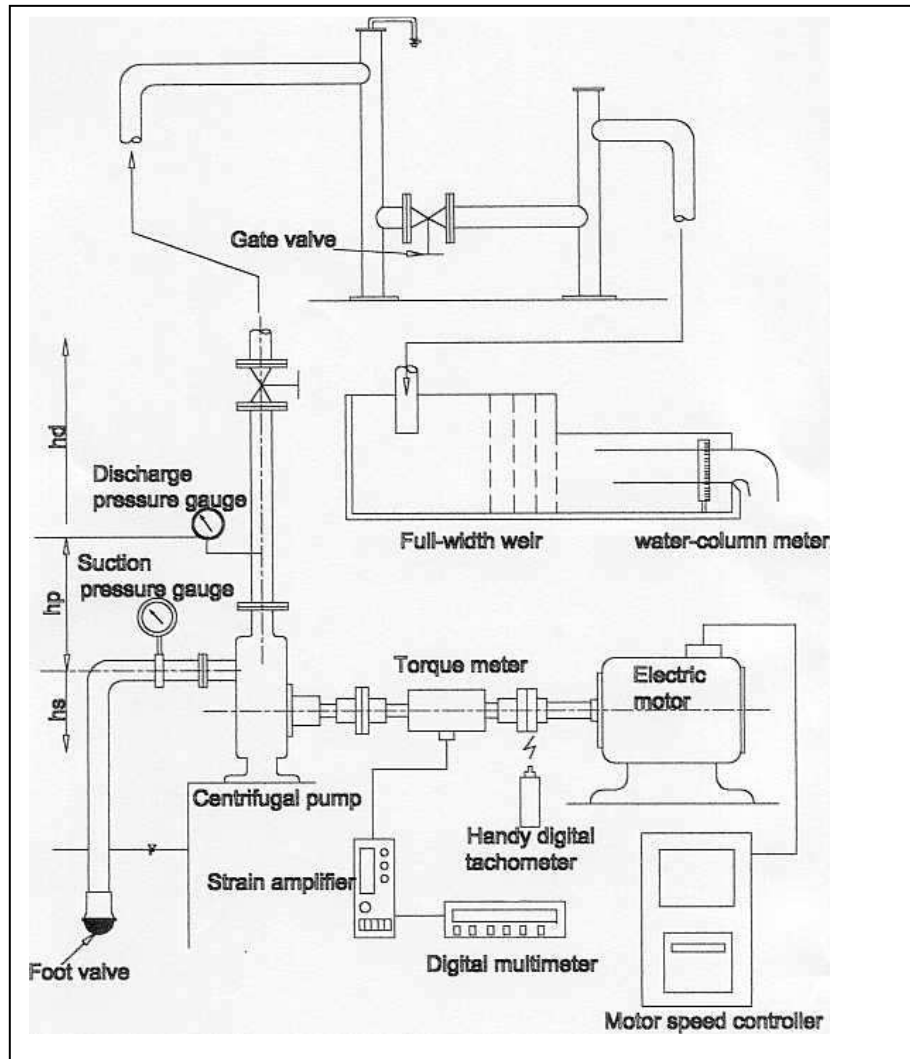
Dengan mengacu pada metode disain yang benar, maka unjuk kerja dari pompa lokal dapat ditingkatkan. Hal ini dibuktikan dengan unjuk kerja prototipe pompa AP-S100, sebagai hasil dari perbaikan disain pompa lokal, mampu meningkatkan efisiensi sebesar 10.67% - 16.14%, debit 62.29% - 12.14 %, tinggi total 12.08% – 34.86% dan menghemat energi potensial sebesar 1.08% - 4.17%. 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

- [1] Agung Prabowo, Agung Hendriadi, MJ. Tjaturetna B, dan Novi Sulistyosari, 2003. *Perbaikan Disain dan Pengembangan Pompa irigasi Sentrifugal Buatan Lokal Untuk Meningkatkan Unjuk Kerjanya*. Laporan Akhir Kegiatan Penelitian dan Perencanaan Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian (*Unpublished*). Serpong.
- [2] Agung Prabowo, Agung Hendriadi, Novi Sulistyosari, Hari Gunardi dan Affifudin, 2003. *Metode Perbaikan Disain Pompa Sentrifugal Diterapkan Untuk Pompa Buatan Lokal*. Temu Ilmiah Pengembangan Mekanisasi Pertanian. Bogor, 16 Desember 2003.
- [3] Anderson, H. H., 1964. *Centrifugal Pump*. Trade and Technical Press Ltd. Crown House Morden Surrey England.
- [4] BSN ,1998. *Prosedur dan Cara Uji Pompa Air Sentrifugal Untuk Irigasi*. Standar Nasional Indonesia. Badan Standardisasi Nasional-BSN. Jakarta
- [5] BSN, 1998. *Unjuk Kerja Pompa Air Sentrifugal Untuk Irigasi*. Standar Nasional Indonesia. Badan Standardisasi Nasional-BSN. Jakarta
- [6] Church, A. H. 1972. *Centrifugal Pumps and Blowers*. Robert E. Krieger Publishing Company. Huntingtin, New York, USA.

- [7] Ludwig, G., Meschkat, S. and Stoffel, B. 2000. *Design Factors Affecting Pump Efficiency*. Darmstadt University of Technology. Magdalenenstrabe 4, D-64289 Darmstadt, Germany.
- [8] Stepanoff, A. J. 1957. *Centrifugal and Axial Flow Pump*. John Wiley and Sons. Inc., New York, USA.
- [9] Torishima Pump. 1999. *Hand Book*. Torishima Pump MFG. Co., Ltd. Japan.

Lampiran 1. Skema fasilitas uji pompa di BBP Mektan, Serpong.



Lampiran 2. Instalasi pengujian pompa di BBP Mektan, Serpong

