

KAJI EKSPERIMENTAL KINERJA TURBIN *CROSSFLOW* BERBASIS KONSTRUKSI SILINDER (DRUM) POROS VERTIKAL UNTUK POTENSI ARUS SUNGAI

Sahid

Program Studi Teknik Konversi Energi, Politeknik Negeri Semarang
Jl. Prof. Sudarto, SH Tembalang Semarang Fax.(024) 7472396
E-mail: shda@plasa.com

Abstrak

Tujuan utama penelitian ini adalah mengkaji kinerja turbin crossflow berbasis konstruksi silinder (drum) poros vertikal untuk potensi arus sungai. Tahap awal penelitian adalah menyiapkan konstruksi silinder berdiameter 1 m yang dibuat dari lembaran stainless steel ukuran 2 mm. Selubung silinder dibelah menjadi empat bagian. Bagian-bagian selubung tersebut diputar dengan pusat sumbu adalah bagian tengah busur selubung sehingga silinder-silinder tersebut membentuk turbin crossflow. Pada bagian luar dipasang rumah turbin yang dilengkapi pengarah aliran menuju sudu-sudu turbin. Turbin crossflow dihubungkan dengan pompa sentrifugal (sebagai beban) melalui sistem transmisi poros dan roda gigi. Tahap selanjutnya adalah uji karakteristik turbin. Dalam uji ini akan dilakukan optimasi sudut sudu jalan turbin. Uji dilakukan di aliran sungai. Parameter yang diukur adalah debit dan head aliran sungai untuk menghitung daya input turbin serta head dan debit aliran yang dihasilkan oleh pompa irigasi untuk menghitung daya output pompa. Berdasarkan pada hasil pengujian, turbin aliran silang poros vertikal sebagai penggerak pompa air yang dibuat berdasarkan konstruksi silinder yang dibelah menjadi empat mempunyai sudut sudu jalan optimum 60° dengan debit aliran masukan sebesar 0,23 m³/det, debit aliran keluaran pompa sebesar 0,000253 m³/det, daya hidrolis yang dihasilkan pompa sebesar 3,05 watt, dan mempunyai efisiensi sistem sebesar 4,98 %.

Kata kunci: *Turbin Crossflow, Konstruksi Silinder, Arus Sungai, karakteristik turbin.*

PENDAHULUAN

Krisis energi yang dikenal secara internasional sebagai “*Peak Oil*” yang disebabkan oleh kelangkaan bahan bakar minyak, telah mendorong pemerintah untuk mengambil kebijakan di bidang energi antara lain melalui Keppres Nomor 43 tahun 1991 tentang konservasi energi, Keppres Nomor 10 tahun 2005 tentang penghematan energi. Keppres ini mengisyaratkan perlunya segera mengembangkan dan menerapkan sumber energi terbarukan guna mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil.

Pertanian adalah salah satu bidang yang memerlukan pengembangan teknologi pengolahan memanfaatkan sumber energi alternative, antara lain adalah pompa irigasi tanpa bahan bakar. Selama ini petani menggunakan pompa sentrifugal untuk keperluan irigasi berukuran kecil dan medium. Penggerak yang digunakan adalah motor bakar torak yang menggunakan bahan bakar minyak (BBM). Sekitar 56,8% petani menggunakan pompa berukuran kecil (diameter 50 mm) dan 32,4% petani menggunakan pompa berukuran sedang (diameter 100 mm). Para petani menggunakan sumber air dari akuifer dangkal dan sumber air dari sungai-sungai yang ada untuk mensuplai irigasi saat musim kering. Pompa-pompa tersebut mengairi sekitar 120.000 hektar di Jawa (Prabowo dkk, 2003). Penggunaan BBM pada pompa irigasi menambah biaya operasional untuk pengolahan lahan. Menurut Supriyadi petani dari desa Cangkep Purworejo, 1 hektar sawah memerlukan biaya rata-rata sebesar Rp 150.000/minggu (harga solar Rp 4.300/liter) selama musim kemarau. Demikian juga disampaikan oleh Subagio ketua kelompok tani Sebaung Makmur Ambarawa Semarang, mereka harus mengeluarkan biaya bahan bakar sebesar 6 juta rupiah untuk mengairi 4,5 hektar sawah (komunikasi langsung, 2008).

Berdasarkan masalah yang dihadapi para petani, maka perlu dilakukan usaha untuk mengatasi kesulitan para petani. Salah satunya adalah pemanfaatan energi aliran sungai untuk menggerakkan pompa irigasi bagi daerah persawahan yang memanfaatkan air sungai untuk irigasi. Turbin *crossflow* merupakan alat yang dapat digunakan untuk menggerakkan pompa memanfaatkan

tenaga aliran sungai. Pengembangan desain turbin *crossflow* ke arah yang lebih sederhana sangat diperlukan, karena turbin *crossflow* yang saat ini biasa digunakan memiliki desain yang rumit.

Tujuan utama penelitian ini adalah mengkaji secara eksperimental kinerja turbin *crossflow* berbasis konstruksi silinder dengan poros vertikal memanfaatkan potensi aliran sungai. Turbin *crossflow* digunakan untuk menggerakkan pompa sentrifugal (sebagai beban).

Turbin *crossflow* biasa digunakan sebagai penggerak mula pada pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMh). Pemanfaatan turbin *crossflow* sebagai penggerak mula untuk beban lain seperti pompa belum pernah dilakukan. Sehingga penelitian ini merupakan terobosan baru dalam pemanfaatan turbin *crossflow* sebagai penggerak mula. Turbin *crossflow* yang biasa digunakan mempunyai desain yang rumit dan harus memenuhi kaidah-kaidah tertentu. Penelitian ini merupakan salah satu tahapan dalam mendesain turbin *crossflow* yang berorientasi pada kemudahan, baik desain maupun pembuatannya memanfaatkan konstruksi silinder sebagai bahan utama pembuatan.

Michell dan Banki, tahun 1920, mengembangkan turbin tekanan sama yang cocok untuk tinggi jatuh air lebih rendah, yang dikenal dengan turbin aliran silang atau *Crossflow* (Bellis, 2002). Salah satu keistimewaan turbin aliran silang adalah masih bisa digunakan pada tinggi jatuh 1 m dengan kapasitasnya antara $0,02 \text{ m}^3/\text{dt}$ sampai dengan $7 \text{ m}^3/\text{dt}$ (Dietzel, 1995). Di Indonesia turbin *crossflow* biasa digunakan sebagai penggerak mula pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMh).

Turbin *crossflow* skala mikro dibuat oleh Sahid dan Gatot (2004), digunakan untuk membangkitkan tenaga 1 kW. Turbin ini masih memiliki efisiensi rendah 30 %. Mengacu pada penelitian tersebut beberapa optimasi kemudian dilakukan untuk meningkatkan efisiensi turbin *crossflow*. Antara lain Sahid dan Gatot (2006) mengkaji optimasi jumlah sudu pada turbin *crossflow*. Hasil penelitian menunjukkan efisiensi maksimum diperoleh pada jumlah sudu 16 sebesar 50,1% sehingga ada peningkatan 20,1% dibandingkan turbin sebelumnya.

Kajian eksperimental terhadap sudut sudu keluaran turbin *crossflow* juga dilakukan oleh Gatot dkk. (2006). Turbin *crossflow* dengan sudut keluaran 30° menghasilkan efisiensi terbaik sebesar 72 %. Turbin ini kemudian digunakan sebagai penggerak mula pada PLTMh (skala lab.). Gatot dkk. (2007) meneliti tentang pengaruh sudut sudu pengarah aliran jet terhadap kinerja turbin *crossflow*. Hasil penelitian menunjukkan turbin *crossflow* dengan sudut sudu pengarah 16° memberikan hasil yang optimum.

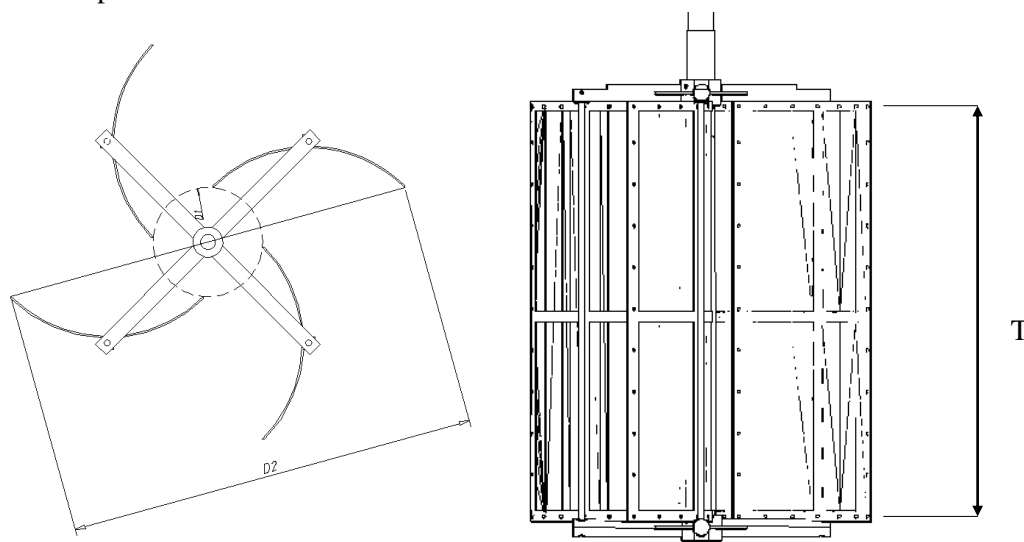
Hasil-hasil penelitian yang terkait dengan pompa air antara lain adalah model pompa lobe yang digerakkan oleh turbin angin savonius. Penelitian ini dilakukan oleh Gatot dkk. Tahun 2005. Model pompa yang dibuat menghasilkan kapasitas yang kecil (debit 15 l/mnt dan head 70 cm), sehingga untuk diterapkan di lapangan memerlukan dimensi savonius yang sangat besar. Model pompa jenis ini hanya cocok untuk daerah yang mempunyai potensi angin dengan kecepatan minimal 5 m/s sedangkan untuk daerah yang mempunyai potensi aliran sungai penggerak turbin air lebih cocok digunakan.

Model pompa lain tipe sudu luncur dengan penggerak turbin angin nibe dibuat oleh Yusuf DH (2008). Kapasitas yang dihasilkan juga kecil sehingga tidak cocok jika diterapkan untuk pompa irigasi. Edi Wibowo mengembangkan model pompa air tipe lain yaitu pompa sentrifugal dengan penggerak turbin aksial (2007). Turbin aksial merupakan turbin reaksi yang memanfaatkan energi aliran menjadi energi mekanik yang digunakan untuk menggerakkan pompa. Oleh karena pompa sentrifugal beroperasi pada putaran tinggi (1500 – 3000 rpm), maka model pompa irigasi ini hanya cocok digunakan untuk daerah yang mempunyai potensi aliran sungai yang besar. Selain itu turbin aksial sebagai penggerak pompa termasuk jenis turbin reaksi yang memerlukan instalasi pipa masukan dan keluaran turbin yang rumit serta mahal. Pengembangan turbin air sebagai penggerak pompa dengan teknologi yang lebih sederhana sangat diperlukan sehingga mudah diterapkan dan cocok bagi para petani yang rata-rata berpendidikan SMA kebawah.

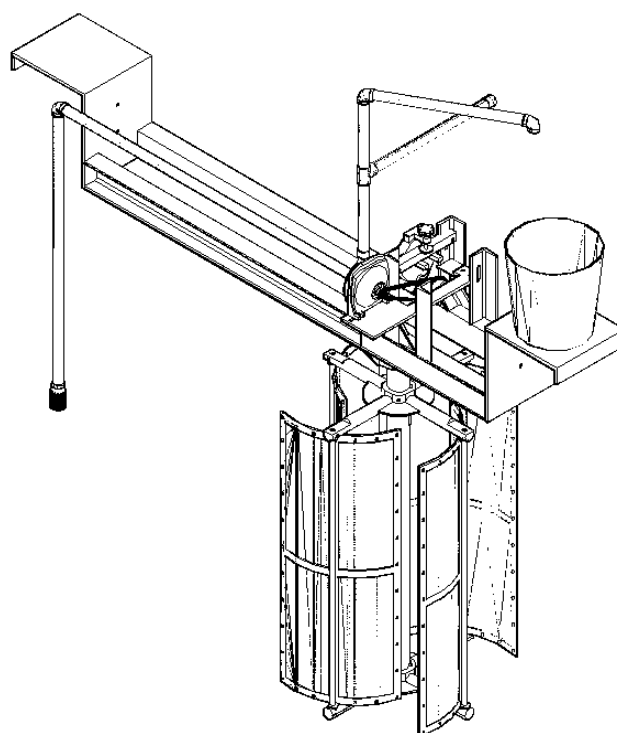
METODE PENELITIAN

Tahap awal penelitian adalah menyiapkan konstruksi silinder berdiameter 1 m yang dibuat dari lembaran stainless steel ukuran 1 mm. Selubung silinder dibelah menjadi 4 bagian. Bagian-bagian selubung tersebut diputar dengan pusat sumbu adalah bagian tengah busur selubung sehingga silinder tersebut membentuk turbin *crossflow*. Pada bagian luar dipasang rumah turbin

yang dilengkapi pengarah aliran menuju sudu-sudu turbin. Turbin *crossflow* dihubungkan dengan pompa sentrifugal melalui sistem transmisi poros dan roda gigi. Pada tahap ini akan dihasilkan model pompa irigasi tanpa bahan bakar dengan penggerak turbin *crossflow* dengan jumlah sudu 4 buah. Tahap selanjutnya adalah uji karakteristik model. Dalam uji ini akan dilakukan optimasi sudut putar selubung silinder atau sudut sudu jalan. Sudut sudu jalan yang merupakan variable penelitian ini divariasikan masing-masing 10^0 hingga 90^0 dengan kelipatan 10^0 . Uji dilakukan di aliran sungai. Parameter yang diukur adalah debit dan head aliran sungai untuk menghitung daya input turbin serta head dan debit aliran yang dihasilkan oleh pompa irigasi untuk menghitung daya output pompa. Kinerja turbin yang paling baik adalah yang menghasilkan head dan debit keluaran paling tinggi. Rancangan turbin *crossflow* poros vertikal sebagai penggerak pompa sentrifugal dapat dilihat pada Gambar 1 dan 2.



Gambar 1. Konstruksi Sudu Jalan Turbin basis silinder

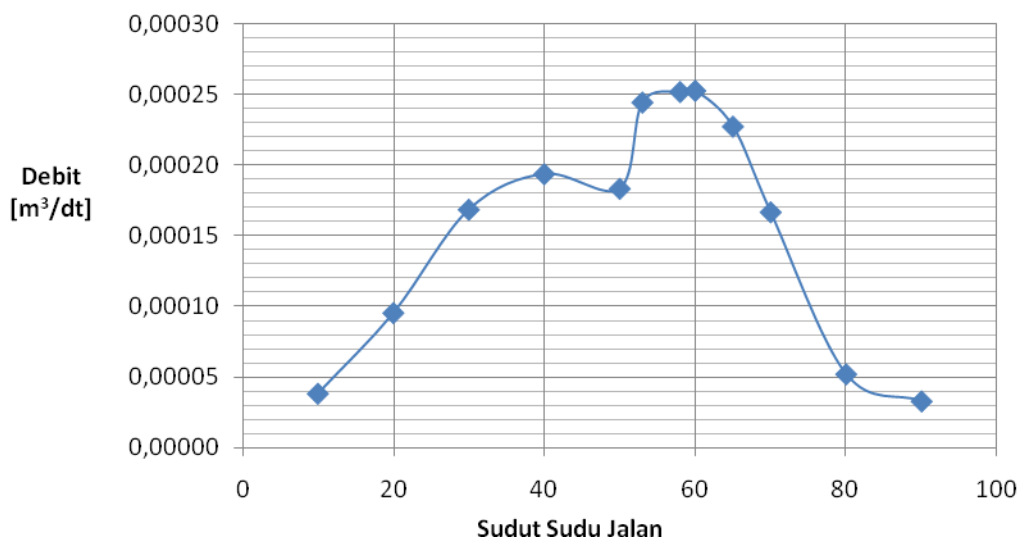


Gambar 2. Turbin *crossflow* basis silinder penggerak pompa air

HASIL DAN PEMBAHASAN

Prinsip kerja dari turbin aliran silang poros vertikal yaitu air yang mengalir di sungai diarahkan melalui parit menuju tempat dipasangnya turbin. Kemudian air dialirkan melalui sudu pengarah yang berfungsi untuk mengarahkan aliran air agar tepat menumbuk sudu jalan turbin sehingga turbin bisa berputar secara optimal. Kemudian air menumbuk sudu jalan turbin dan turbin tersebut akan menghasilkan energi mekanik. Energi mekanik berupa putaran turbin digunakan untuk menggerakkan pompa sentrifugal dengan melalui transmisi roda gigi, sehingga impeller pompa sentrifugal tersebut berputar dan menghasilkan daya hidrolis pompa. Pengujian turbin aliran silang poros vertikal ini bertujuan untuk mengetahui sudut sudu jalan optimum dari turbin aliran silang poros vertikal sehingga menghasilkan daya hidrolis optimal pompa.

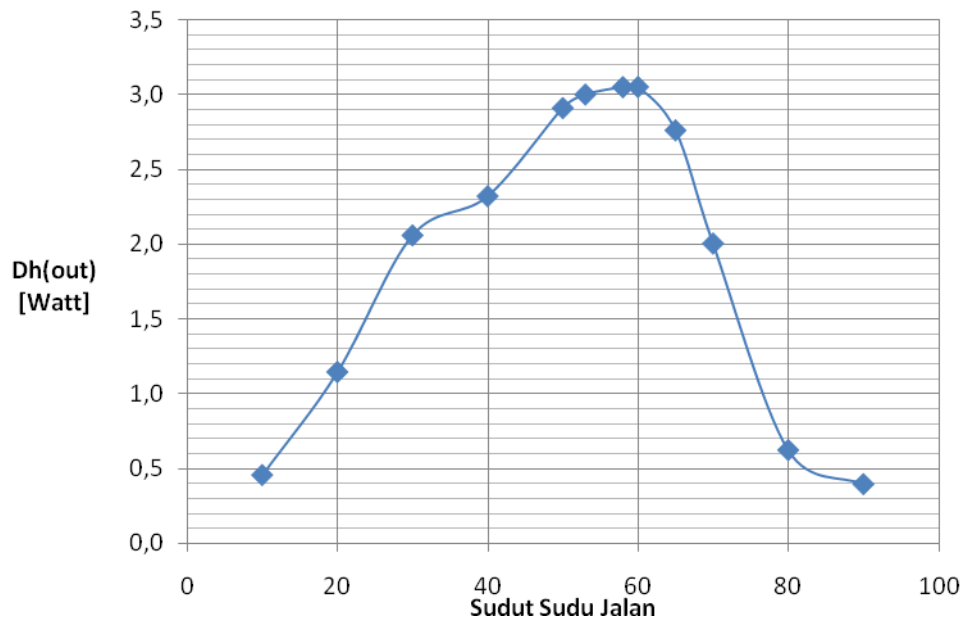
Hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 3 sampai dengan 5, masing-masing merupakan grafik hubungan antara perubahan sudut sudu jalan turbin terhadap debit yang dihasilkan pompa (Gambar 3), grafik hubungan antara perubahan sudut sudu jalan terhadap daya hidrolis yang dihasilkan pompa (Gambar 4), dan grafik hubungan antara perubahan sudut sudu jalan terhadap efisiensi sistem (Gambar 5).



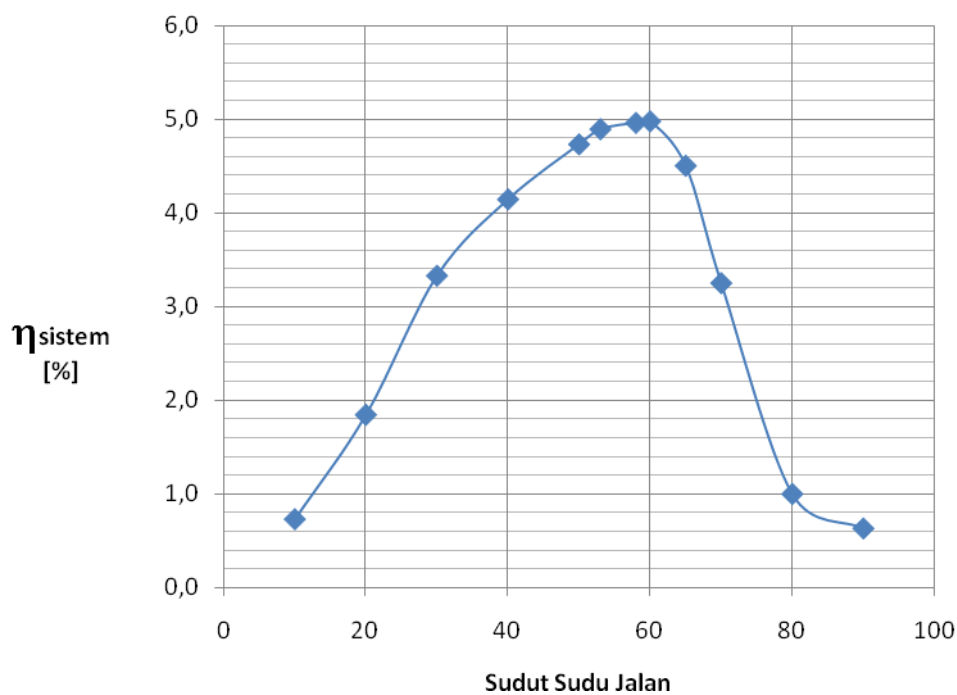
Gambar 3. Grafik Hubungan Antara Perubahan Sudu Sudu Jalan Terhadap Debit yang dihasilkan Pompa

Berdasarkan pada Gambar 3 terlihat bahwa sudut sudu jalan mempengaruhi jumlah debit yang dihasilkan oleh pompa. Pada sudut sudu jalan 10° menghasilkan debit keluaran pompa 0,00003 m³/dt. Debit keluaran pompa yang dihasilkan meningkat dengan meningkatnya sudut sudu jalan hingga mencapai debit keluaran pompa tertinggi sebesar 0,000253 m³/dt pada sudut sudu jalan 60°. Kemudian debit keluaran pompa menurun pada sudut sudu jalan di atas 60°. Dari hasil ini dapat ditunjukkan bahwa sudut sudu jalan 60° merupakan sudut sudu jalan optimum dimana debit yang dihasilkan pompa adalah yang paling besar dengan debit masukan yang relatif konstan yaitu sebesar 0,023 m³/det.

Demikian juga jika dilihat dari daya hidrolis keluaran pompa (Gambar 4), terlihat di atas bahwa pada bukaan sudu sudu jalan turbin mulai dari 10° daya hidrolis yang dihasilkan pompa yaitu sebesar 0,46 watt cenderung bertambah sampai pada sudut sudu jalan 60°. Tetapi pada sudu jalan turbin 60° ke atas sampai pada sudu jalan turbin 90° daya hidrolis yang dihasilkan pompa terus menurun. Dari pengamatan grafik ini dapat diketahui bahwa bukaan sudu sudu jalan turbin yang menghasilkan daya hidrolis pompa yang paling banyak adalah pada bukaan sudu sudu jalan 60° yaitu sebesar 3,05 Watt dengan debit aliran masukan relatif konstan yaitu sebesar 0,23 m³/det. Hal ini tidak jauh berbeda dengan pengamatan pada gambar 3, karena debit yang dihasilkan pompa akan berbanding lurus dengan daya hidrolis yang dihasilkan pompa.



Gambar 4. Grafik Hubungan Antara Perubahan Sudut Sudu Jalan Terhadap Daya Hidrolis yang dihasilkan Pompa



Gambar 5. Grafik Hubungan Antara Perubahan Sudut Sudu Jalan Terhadap Efisiensi Sistem

Tren yang sama juga ditunjukkan oleh Gambar 5, dimana sudut jalan 60° memberikan hasil yang paling baik. Titik-titik debit, daya hidrolis, dan efisiensi disekitar sudut sudu 60° terlihat berdekatan. Pada awalnya pengujian dilakukan pada sudut sudu kelipatan 10 dan menghasilkan sudut sudu terbaik pada 60° . Oleh karena ring sudu yang besar, maka untuk meyakinkan hasil ini dicoba juga sudut sudu di sekitar 60° yaitu 53° , 58° , dan 65° . Hasilnya seperti terlihat, yaitu titik optimum terjadi pada sudut sudu jalan 60° dengan efisiensi 4,98 %.

KESIMPULAN

Penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Turbin aliran silang poros vertikal sebagai penggerak pompa air untuk pengairan ini dibuat berdasarkan konstruksi silinder dengan diameter 528 mm yang dibelah menjadi empat dan masing – masing bagian selubung silinder yang berfungsi sebagai sudu jalan turbin tersebut diputar pada sudut 60° . turbin aliran silang poros vertikal ini memiliki diameter dalam 133 mm, diameter luar 808,9 mm, lebar sudu jalan turbin 400,4 mm, tinggi sudu jalan turbin 1000 mm, tebal sudu jalan turbin 1,2 mm, jari – jari kelengkungan sudu jalan 264 mm, massa sudu jalan turbin 32 kg dengan diameter poros 65 mm.
2. Berdasarkan pada hasil pengujian, turbin aliran silang poros vertikal sebagai penggerak pompa air untuk pengairan yang dibuat berdasarkan konstruksi silinder yang dibelah menjadi empat mempunyai sudut sudu jalan optimum 60° dengan debit aliran masukan sebesar $0,23 \text{ m}^3/\text{det}$, debit aliran keluaran pompa sebesar $0,000253 \text{ m}^3/\text{det}$, daya hidrolis yang dihasilkan pompa sebesar 3,05 watt, dan mempunyai efisiensi sistem sebesar 4,98 %.

DAFTAR PUSTAKA

- Bellis. 2002. *Lester Allan Pelton-Water Turbines and the Beginnings of Hydroelectricity*. Inventors Journal. <http://Inventors.abuot.com/gi/dynamic/offsite.htm>
- Dietzel F. 1993. *Turbin Pompa dan Kompresor*. Erlangga. Jakarta
- Edi Wibowo, Fitroh Amalia, Nadhir Yusmalina, Riza Muhamad N Z. 2007. *Pompa sentrifugal dengan penggerak turbin air tipe Aksial untuk keperluan irigasi*. Polines. Semarang
- Gatot S., Bono. 2005. *Rancang bangun turbin savonius untuk menggerakkan pompa lobe*. Jurnal Eksergi. Vol 1 nomor 2. hal 60-66. ISSN 0216-8685
- Gatot S., Bono, Yusuf DH. 2007. *Optimasi Turbin Crossflow Terhadap Variasi Sudut Sudu pengarah untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidr*. Jurnal Eksergi. Vol 3 nomor 1 hal 22-28. ISSN 0216-8685.
- Gatot S., Sahid, Yusuf DH. 2007. *Optimasi Turbin Crossflow Terhadap Variasi Sudut Sudu outlet untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro*. Jurnal Eksergi Vol 3 nomor 1 hal 9-16. ISSN 0216-8685
- Prabowo A, A Hendriadi, Novi S, Hari G, dan Affifudin. 2003. *Metode Perbaikan Disain Pompa Sentrifugal Diterapkan Untuk Pompa Buatan Lokal*. Temu Ilmiah Pengembangan Mekanisasi Pertanian. Bogor, 16 Desember 2003
- Sahid, Suwoto G. 2004. *Rancang Bangun Turbin Mikro Aliran Silang untu Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro*. Proseding Seminar Nasional Hasil-hasil Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat. Politeknik negeri Semarang, Semarang
- Sahid, Gatot S. 2006. *Peningkatan kinerja melalui optimasi jumlah sudu pada turbin crossflow untuk PLTMh*. Rekayasa mesin vol III nomor 3. hal 133-144. ISSN 1411-6863
- Yusuf DH. 2008. *Unjukkerja Turbin Angin Nibe 3-sudu Menggunakan Pompa Sudu Luncur untuk Pengambilan Air*, Jurnal Eksergi. Vol 4 nomor 2. hal 52-60. ISSN 0216-8685