

# Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

*Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009*

## **M6-018 Unjuk Kerja *Regenerative Pump* Dengan Modifikasi Bentuk Impeller Yang Dioperasikan Sebagai Turbin Air**

**Hermawan**

Jurusan Teknik Mesin dan Industri Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada  
Jl. Grafika No.2 Yogyakarta 55281  
Telpon (0274) 521673 e-mail : [hermawan\\_ugm@yahoo.com](mailto:hermawan_ugm@yahoo.com)

### **Abstrak**

*Masih banyak tempat di tanah air kita yang belum terjangkau energi listrik dari PLN. Padahal sekarang banyak peralatan untuk menunjang kehidupan manusia sehari-hari yang membutuhkan energi listrik. Sehingga perlu dipikirkan jalan keluar penyediaan energi listrik dengan memanfaatkan potensi energi air yang tersedia di banyak daerah dengan biaya yang murah.*

*Pompa dirancang untuk menaikan tekanan cairan, atau untuk memindahkan cairan dari satu tempat ke tempat lainnya. Dalam perkembangan selanjutnya, pompa dapat juga dioperasikan sebagai sebuah turbin dan digunakan sebagai pembangkit tenaga listrik. Hal ini dilakukan dengan cara membalik aliran masuk dan keluar pompa, sehingga akan menyerupai kerja turbin.*

*Dalam penelitian ini akan diteliti beberapa bentuk modifikasi dari impeler untuk mendapatkan kinerja terbaik regenerative pump yang dioperasikan sebagai sebuah turbin air. Penelitian ini dilakukan di dalam laboratorium, sehingga sebagai penyuplai air yang dianalogikan sebagai air terjun digunakan sebuah pompa sentrifugal. Dibuat tujuh variasi impeler dengan variasi, sudu dibuat satu baris, sudu dimiringkan kedepan dengan sudut  $60^\circ$  dan  $75^\circ$ , dimiringkan kebelakang dengan besar sudut  $60^\circ$  dan  $75^\circ$ , arah kemiringan sudu dan bentuk sudu pada kedua sisinya sama.*

*Dari penelitian ini diperoleh adanya pengaruh variasi besar sudut, arah kemiringan sudu dan bentuk sudu pada kedua sisinya. Secara garis besar untuk semua jenis variasi impeler, semakin besar kapasitas yang digunakan untuk menggerakkan pompa yang dioperasikan sebagai turbin, putaran keluar, tegangan keluar, head turbin, dan daya turbin yang dihasilkan akan semakin besar pula. Bentuk sudu segaris pada kedua sisinya, dan sudu dengan kemiringan  $75^\circ$  memperlihatkan hasil yang lebih baik dari impeler standar pada regenerative pump yang dioperasikan sebagai turbin air.*

*Kata kunci : regenerative pump, impeler, turbin air*

### **Pendahuluan**

Salah satu alternatif untuk mendapatkan energi listrik yang merupakan salah satu sumber kehidupan di masa kini adalah dengan memanfaatkan energi air. Energi ini didapatkan dengan cara mengkonversi energi potensial air menjadi energi mekanik dengan menggunakan turbin air sebagai alatnya.

# Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

*Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009*

Dengan adanya kenaikan harga pokok bahan bakar yang menyebabkan harga-harga lainnya juga akan mengalami kenaikan, terutama tarif dasar listrik, maka sangat diperlukan adanya pengembangan pembangkit listrik. Salah satu pengembangannya adalah pembangkit tenaga mikro hidro atau yang biasa disebut dengan *micro-hydropower*.

Sistem ini dapat menggunakan pompa air rumah sebagai alat utama, dikarenakan harganya yang relatif murah dan sangat mudah ditemukan di pasaran, maka keadaan tersebut dijadikan latar belakang dalam penelitian ini.

Dalam hal ini pompa akan digunakan sebagai turbin yang dapat menggerakkan generator. Air yang mengalir memiliki energi yang dapat digunakan untuk memutar impeler, lalu diteruskan oleh poros untuk memutar motor listrik sehingga dapat menghasilkan daya listrik. Pada dasarnya prinsip kerja ini adalah berlawanan dengan kerja pompa. Untuk itu tinggi tekan (*head*) yang dihasilkan oleh beda ketinggian dan kapasitas aliran air akan dilakukan studi untuk mengetahui unjuk kerja pompa yang dioperasikan sebagai turbin.

Sebagai pengganti turbin dapat digunakan pompa air yang akan dioperasikan sebagai turbin, dengan cara membalik kerja dari sebuah pompa. Menggunakan dua komponen penting dari aliran air, yaitu tinggi tekan (*head*) dan kapasitas air (debit), maka akan dapat menghasilkan daya listrik. Disini pompa yang akan digunakan adalah sebuah *regenerative pump*.

Dalam penelitian ini akan dilakukan modifikasi bentuk impeler, dengan variasi bentuk dan sudut sudut impeler.

## **Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan suatu data yang dapat digunakan untuk menentukan bentuk impeler yang paling sesuai dan efisien dalam penggunaan *regenerative pump* sebagai turbin air. Penelitian ini bisa digunakan sebagai acuan untuk penelitian-penelitian berikutnya dengan menggunakan variasi dan modifikasi bentuk lainnya yang berbeda guna pengembangan pembangkit tenaga mikro hidro.

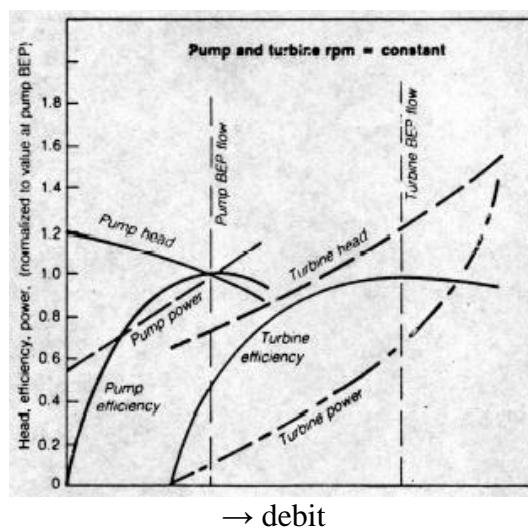
## **Tujuan Penelitian**

Berdasarkan prinsip kerja yang dibalik, maka pompa dapat dioperasikan sebagai turbin untuk menghasilkan energi listrik. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membandingkan unjuk kerja suatu *regenerative pump* yang dioperasikan sebagai turbin dengan variasi bentuk impeler. Sehingga akan didapatkan bentuk impeler yang paling optimal.

## Tinjauan Pustaka

Alternatif murah dalam sumber tenaga mikro hidro adalah dengan menggunakan pompa sebagai turbin, ini dikarenakan pompa diproduksi dalam jumlah banyak dan dengan tipe dan ukuran yang bermacam-macam. Eksperimen pertama dalam penggunaan pompa sebagai turbin dilakukan pada tahun 1930. Hasil percobaan menunjukkan bahwa pompa yang dioperasikan terbalik dapat bersaing dengan turbin, dengan efisiensi tinggi.

Perbedaan karakteristik pompa yang dioperasikan sebagai pompa dan yang sebagai turbin, pompa yang dioperasikan sebagai turbin memberikan hasil yang lebih baik dalam kapasitas dan *head* jika dibandingkan dengan yang dioperasikan sebagai pompa (Shafer and Agostinelli, 1981). Sementara itu efisiensi keduanya dapat dikatakan tetap atau sama. Hal ini dapat ditunjukkan oleh grafik berikut :

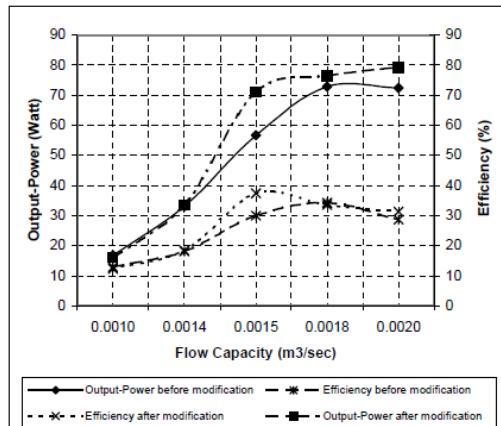


**Gambar 1.** Unjuk Kerja Pompa Sebagai Turbin  
(Shafer and Agostinelli, 1981)

Hasil penelitian tersebut menggambarkan unjuk kerja ketika dioperasikan sebagai pompa, kurva kerja menunjukkan hubungan antara *head* dan aliran yang dihantarkan oleh pompa  $Q = f(H)$ , dimana kenaikan aliran sebanding dengan penurunan *head*. Sementara itu unjuk kerja ketika dioperasikan sebagai turbin, kenaikan aliran akan sebanding dengan kenaikan *head*. *Head* yang tersedia pada turbin adalah sama dengan ketinggian vertikal antara *intake* dari *stream* dan turbin *outlet*. Perpotongan antara  $H = g(Q)$  kurva unjuk kerja turbin dengan site curve, akan memberikan *head* dan aliran pada titik operasi turbin (CEEX 2007 Conference).

Pompa volut centrifugal adalah solusi alternatif yang potensial untuk digunakan sebagai *hydro-turbines*. Efisiensi optimal secara umum akan tercapai ketika *shock losses* pada *inlet runner* (impeler tip) adalah mendekati nol (Lobanoff & Ross, 1996). Maka dari itu modifikasi pada impeler tip dan pengujian terhadap unjuk kerja pompa yang dioperasikan sebagai turbin harus dilakukan (Suarda, 2006). Hasil dari penelitian tersebut adalah unjuk kerja pompa yang dioperasikan sebagai turbin

setelah modifikasi memiliki efisiensi yang lebih baik bila dibandingkan dengan sebelumnya.



**Gambar 2.** Unjuk Kerja PAT Sebelum dan Sesudah Modifikasi Impeler  
(Suarda, 2006)

Mikrohidro adalah istilah yang digunakan untuk instalasi pembangkit listrik yang menggunakan energi air. Kondisi air yang bisa dimanfaatkan sebagai sumber daya (*resources*) penghasil listrik adalah memiliki kapasitas aliran dan ketinggian tertentu dari instalasi. Semakin besar kapasitas aliran maupun ketinggiannya dari instalasi maka semakin besar energi yang bisa dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik.

Biasanya Mikrohidro dibangun berdasarkan kenyataan bahwa adanya air yang mengalir di suatu daerah dengan kapasitas dan ketinggian yang memadai. Istilah kapasitas mengacu kepada jumlah volume aliran air persatuan waktu (*flow capacity*) sedangkan beda ketinggian daerah aliran sampai ke instalasi dikenal dengan istilah *head*. Mikrohidro juga dikenal sebagai *white resources* dengan terjemahan bebas bisa dikatakan "*energi putih*". Dikatakan demikian karena instalasi pembangkit listrik seperti ini menggunakan sumber daya yang telah disediakan oleh alam dan ramah lingkungan. Suatu kenyataan bahwa alam memiliki air terjun atau jenis lainnya yang menjadi tempat air mengalir. Dengan teknologi sekarang maka energi aliran air beserta energi perbedaan ketinggiannya dengan daerah tertentu (tempat instalasi akan dibangun) dapat diubah menjadi energi listrik.

Sebagaimana dikatakan di atas, Mikrohidro hanyalah sebuah istilah. Mikro artinya kecil sedangkan hidro artinya air. Dalam praktiknya istilah ini tidak merupakan sesuatu yang baku namun bisa dibayangkan bahwa Mikrohidro, pasti menggunakan air sebagai sumber energinya. Yang membedakan antara istilah Mikrohidro dengan Minihidro adalah output daya yang dihasilkan. Mikrohidro menghasilkan daya lebih rendah dari 100 W, sedangkan untuk minihidro daya keluarannya berkisar antara 100 sampai 5000 W. Secara teknis, Mikrohidro memiliki tiga komponen utama yaitu air (sumber energi), turbin dan generator. Air yang mengalir dengan kapasitas tertentu disalurkan dari ketinggian tertentu menuju rumah instalasi (rumah turbin). Di rumah instalasi air tersebut akan menumbuk turbin dimana turbin sendiri dipastikan akan menerima energi air tersebut dan mengubahnya menjadi energi mekanik berupa

berputamya poros turbin. Poros yang berputar tersebut kemudian ditransmisikan ke generator dengan menggunakan kopling. Dari generator akan dihasilkan energi listrik yang akan masuk ke sistem kontrol arus listrik sebelum dialirkan ke rumah-rumah atau keperluan lainnya (beban). Begitulah secara ringkas proses Mikrohidro merubah energi aliran dan ketinggian air menjadi energi listrik.

Terdapat sebuah peningkatan kebutuhan suplai daya ke daerah-daerah pedesaan di sejumlah negara, sebagian untuk mendukung industri-industri, dan sebagian untuk menyediakan penerangan di malam hari. Kemampuan pemerintah yang terhalang oleh biaya yang tinggi dari perluasan jaringan listrik, sering membuat Mikro Hidro memberikan sebuah alternatif ekonomi ke dalam jaringan. Ini karena Skema Mikro Hidro yang mandiri menghemat biaya dari jaringan transmisi, dan karena skema perluasan jaringan sering memerlukan biaya peralatan dan pegawai yang mahal

## Prosedur Penelitian

1. Pembuatan impeller
2. Pembuatan instalasi pengujian
3. Pengambilan data
4. Pengolahan data

## Pembuatan Impeler

Penelitian ini menggunakan variasi bentuk dan sudut pada impeler. Impeler asli pada pabrikan terbuat dari bahan kuningan dan berbentuk seperti pada gambar 3. Impeler ini memiliki sudut kemiringan sudu sebesar  $90^\circ$ , dengan jumlah sudu sebanyak 41 buah pada setiap sisinya.

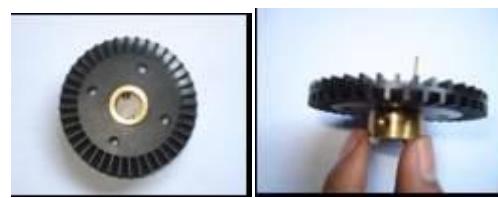
Untuk keperluan penelitian ini, maka akan dibuat variasi impeler termasuk dengan bentuk aslinya dengan menggunakan bahan nylon. Pemilihan bahan ini didasarkan pada keterbatasan proses produksi impeler yang menggunakan proses *machining* secara manual dengan mesin fris. Untuk memudahkan proses ini maka impeler dibuat dengan jumlah sudu sebanyak 40 buah pada setiap sisinya.

Variasi bentuk dan sudut impeler modifikasi ini akan ditunjukkan seperti pada gambar 4. sampai dengan gambar 8.



Gambar 3. Impeller standard (I<sub>1</sub>)

Model 1 adalah model impeler dengan bentuk standar berdasarkan pabrikan dengan bahan kuningan. Selanjutnya akan disebut sebagai I<sub>1</sub>



Gambar 4. Impeler modifikasi 1 (I<sub>2</sub> )

Model 2 adalah model impeler dengan bentuk standar berdasarkan pabrikan dengan bahan nylon. Selanjutnya akan disebut sebagai I<sub>2</sub>.



Gambar 5. Impeller modifikasi 2 (I<sub>3</sub> )

Model 3 adalah model impeler standar dengan bentuk sudu segaris jika dilihat dari samping. Selanjutnya akan disebut sebagai I<sub>3</sub>.



Gambar 6. Impeller modifikasi 3 (I<sub>4</sub> )

Model 4 adalah model impeler dengan sudu memiliki sudut sebesar 75 derajat dengan kemiringan ke kiri. Selanjutnya akan disebut sebagai I<sub>4</sub>.



Gambar 7. Impeller modifikasi 4 (I<sub>5</sub> )

Model 5 adalah model impeler dengan sudu memiliki sudut sebesar 75 derajat dengan kemiringan ke kanan. Selanjutnya akan disebut sebagai I<sub>5</sub>.



Gambar 7. Impeller modifikasi 5 (I<sub>6</sub> )

# Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

*Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009*

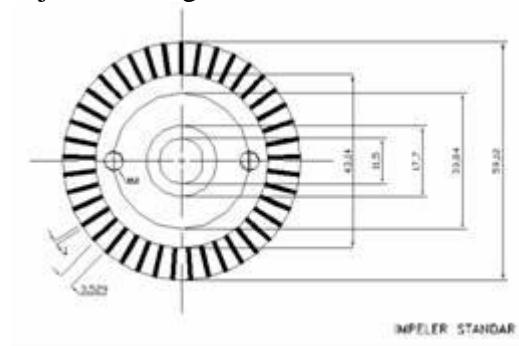
Model 6 adalah model impeler dengan kemiringan sudut sebesar 60 derajat ke kiri. Selanjutnya akan disebut sebagai  $I_6$ .



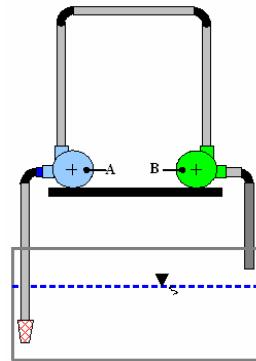
Gambar 8. Impeller modifikasi 6 ( $I_6$ )

Model 7 adalah model impeler dengan kemiringan sudut sebesar 60 derajat ke kanan. Selanjutnya akan disebut sebagai  $I_7$ .

Dimensi dari impeler hasil modifikasi dibuat sama dengan impeler asli. Perbedaan nilai dimensi impeler modifikasi dikarenakan keterbatasan proses produksi. Toleransi perbedaan tersebut adalah 0,5 mm. Dimensi dari impeler asli adalah seperti yang ditunjukkan oleh gambar 9.



Gambar 9. Dimensi Impeler  $I_1$



Gambar 10. Instalasi pengujian

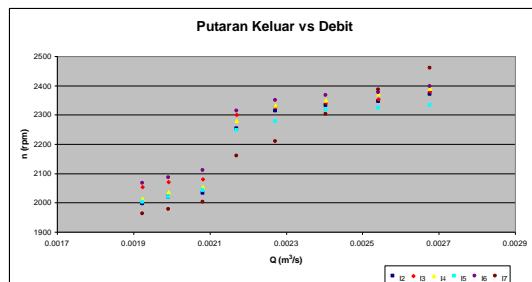
Keterangan :

A : Pompa sentrifugal sebagai pensuplai air

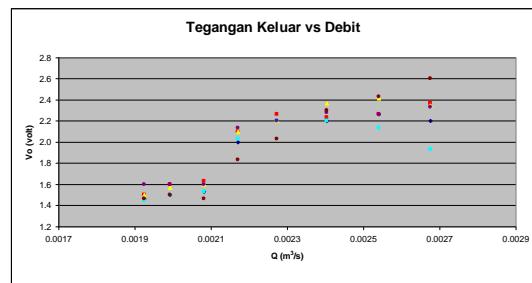
B : Pompa regeneratif yang dioperasikan sebagai sebuah turbin air

## Hasil Pengujian

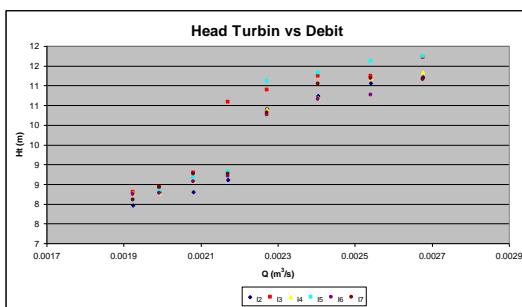
Hasil pengujian ditampilkan dalam bentuk grafik pada gambar 11 sampai dengan gambar 14.



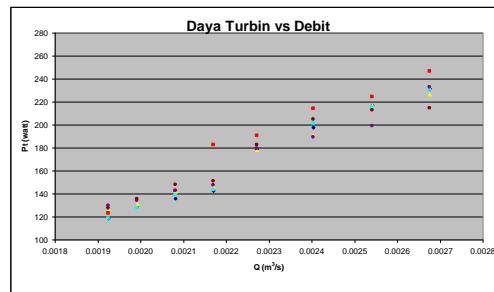
**Gambar 11.** Grafik hubungan putaran keluar dengan debit setiap variasi modifikasi impeller



**Gambar 12.** Grafik hubungan tegangan keluar dengan debit setiap variasi modifikasi impeller



**Gambar 13.** Grafik hubungan head dengan debit pada setiap variasi modifikasi impeler



**Gambar 14.** Grafik hubungan daya dengan debit Pada Setiap Variasi modifikasi Impeler

## Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai pengaruh variasi bentuk dan sudut pada impeler terhadap karakteristik pompa regeneratif yang dioperasikan sebagai turbin, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1.  $I_1$  memiliki unjuk kerja jauh diatas  $I_2$  hal ini disebabkan oleh perbedaan dimensi, bahan dan jumlah sudu  $I_2$  yang kurang dari  $I_1$ . dengan demikian  $I_2$  langsung antara  $I_1$  dengan variasi modifikasi impeler lainnya.
2. Jenis impeler yang memiliki performa paling baik adalah  $I_3$ , dimana impeler ini pada kapasitas maksimum  $0,002676 \text{ m}^3/\text{s}$  memiliki putaran maksimum 2380 rpm, tegangan keluar maksimum 2,367 volt, *head* total turbin maksimum 11,720 m, dan daya turbin maksimum sebesar 246,4507 watt pada asumsi efisiensi turbin mencapai 80%.
3. Arah kemiringan sudu impeler pada pompa yang dioperasikan sebagai turbin akan mempengaruhi unjuk kerja turbin. Untuk impeler ke arah kiri memiliki performa yang lebih baik dari impeler ke arah kanan.
4. Besar kemiringan sudu impeler pada pompa yang dioperasikan sebagai turbin akan mempengaruhi unjuk kerja turbin. Impeler dengan kemiringan sudu  $60^\circ$  memiliki unjuk kerja yang lebih baik daripada impeler dengan kemiringan sudu  $75^\circ$  pada debit tinggi.
5. Impeler dengan bentuk sudu yang segaris memiliki unjuk kerja yang lebih baik daripada impeler dengan bentuk sudu yang tidak segaris pada kemiringan yang sama.

# SEMINAR NASIONAL TAHUNAN TEKNIK MESIN (SNTTM) - VIII

*Universitas Diponegoro, Semarang 11-14 Agustus 2009*

## **Ucapan Terima Kasih**

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada pimpinan dan seluruh staf Laboratorium Mekanika Fluida Jurusan Teknik Mesin dan Industri Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada yang telah memberikan fasilitas dan saudara Taruna yang telah membantu sehingga penelitian ini dapat terlaksana.

## **DAFTAR PUSTAKA**

1. Eugen, C.I., Bucur, D.M., Ghergu, C.M., and Dunca, G., 2007, Using Standard Pumps As Turbines, CEEX 2007 Conference.
2. Lobanoff, V.S., Ross, R.R., Centrifugal Pumps Design & Application, First Printing, Gulf Publishing Company, United States of Amerika.
3. Shafer, L., Agostinelli, A., 1981 Hydraulic pump in reverse makes a good low-cost hydroturbine, <http://www.tfa.maschinenbau.tu-darmstadt.de>
4. Suarda, M., 2006, Experimental Work on Modification of Impeller Tips of a Centrifugal Pump as a Turbine, Universitas Udayana, Bali.