

# UNJUK KERJA TURBIN ARUS LINTANG BERLORONG PENGARAH DENGAN VARIASI SUDUT PIPA PANCAR

Putu Hadi Setyarini<sup>1</sup>, Djoko Sutikno<sup>1</sup>, Firdaus Nur Dwi Fahmi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Jl. MT. Haryono 167, Malang

<sup>2</sup>Div. Mining, Dept. Service, PT. United Tractor, Jl. Raya Bekasi km 22, Cakung, Jakarta

Email : [putu.hadi@yahoo.com](mailto:putu.hadi@yahoo.com)

## Abstract

Cross flow water turbine is one tool that is widely applied in the environment around us, especially in micro hydro projects in Indonesia. The purpose of this research is to find the performance of the turbine nozzle position variation with the variation of spin the turbine hall and the addition of steering. The method used is the real experimental research methods (*true experimental research*). This study was used to test the effect of nozzle angle variation on the performance of cross flow turbines. This study uses the free variable water flow rate of 2 liters / s, 2.5-liter / s, 3 liters / s, 3.5-liter / s, 4 liters / s and 4.5 liter / s. From the testing conducted concluded that, big angle nozzle affect performance (Torque, Power and Efficiency) cross flow turbine. In the test nozzle angle of 15 ° with debit 4 liters / s can produce the highest efficiency in testing with the hall director in the amount of 32.67%

**Keywords :** cross flow turbine, hall director, efficiency

## Abstrak

Turbin air arus lintang merupakan salah satu alat yang cukup banyak diaplikasikan di lingkungan sekitar kita terutama di proyek mikrohidro di Indonesia. Tujuan penelitian ini adalah untuk mencari unjuk kerja turbin dengan variasi posisi pipa pancar dengan variasi putaran turbin dan penambahan lorong pengarah. Metode penelitian yang digunakan adalah metode penelitian eksperimental nyata (*true experimental research*). Jenis penelitian ini digunakan untuk menguji pengaruh variasi sudut pipa pancar terhadap unjuk kerja turbin arus lintang. Penelitian ini menggunakan variabel bebas debit air sebesar 2 liter/s, 2.5 liter/s, 3 liter/s, 3.5 liter/s, 4 liter/s dan 4.5 liter/s. Dari pengujian yang dilakukan disimpulkan bahwa, besar sudut pipa pancar mempengaruhi unjuk kerja (Torsi, Daya dan Efisiensi) turbin arus lintang. Pada pengujian sudut pipa pancar sebesar 15° dengan debit 4 liter/s dapat menghasilkan efisiensi yang paling tinggi pada pengujian dengan lorong pengarah yaitu sebesar 32.67 %

**Kata kunci :** turbin arus lintang, , lorong pengarah, efisiensi

## 1. Pendahuluan

Masyarakat global awal abad 21 ini dihadapkan pada dua permasalahan terkait dengan pemanfaatan energi. Pertama adalah kelangkaan atau tidak terpenuhinya sejumlah energi dengan harga yang terjangkau dan kedua adalah kerusakan alam yang tidak terkendali akibat pola pemakaian energi selama ini [1]. Persoalan ini bersifat mendunia karena terdapat keterkaitan dan interaksi yang kuat antara kecenderungan global terhadap kondisi dan aktivitas lokal di masing-masing daerah.

Indonesia terbentang dari barat ke timur lebih kurang 6.000 kilometer dan mempunyai sekitar 13.000 pulau. Jumlah

penduduk Indonesia adalah sekitar 200 juta jiwa, dimana 60% dari jumlah total tersebut hidup di Pulau Jawa [2]. Angka perbandingan pelistrikan (*the ratio of electrification*) di Indonesia untuk tahun 2009 adalah sekitar 65%, namun belum mampu mengimbangi laju kenaikan permintaan listrik. Mengingat 80% penduduk di Indonesia hidup di daerah pedesaan, dimana tersedianya tenaga listrik di pedesaan adalah sangat rendah, jadi kebutuhan listrik akan menjadi kebutuhan yang sangat mendesak. Sedangkan potensi yang ada di Indonesia, khususnya tenaga air diperkirakan sebesar 75,6 GW dengan pemanfaatan sampai dengan saat ini sebesar 5,7 GW untuk

PLTA serta potensi mini dan mikrohidro sebesar 770 MW.

Pemanfaatan energi air di daerah pedesaan di Indonesia sudah cukup banyak. Kincir air dipakai untuk penggilingan jagung atau untuk menaikkan air dari suatu ketinggian tertentu. *Hydraulic ram (self acting pump)* juga dipakai untuk memompa air. Cara lain untuk memanfaatkan energi air ialah dengan mikrohidro, yaitu untuk membangkitkan tenaga listrik atau tenaga mekanis. Salah satu metode yang cukup banyak dipakai untuk proyek mikrohidro adalah turbin arus lintang karena penggunaan turbin ini untuk daya yang sama dapat menghemat biaya pembuatan penggerak mula sampai 50 % dari penggunaan kincir air dengan bahan yang sama [3]. Penghematan ini dapat dicapai karena ukuran turbin arus lintang lebih kecil dan lebih kompak dibanding kincir air. Selain itu bentuk desain yang sederhana, menyebabkan mudah untuk dimengerti cara kerjanya dan mudah pula dibuat di bengkel yang sederhana. The National Rural Electric Cooperative Association melaporkan bahwa turbin jenis arus lintang sudah dipasang di beberapa daerah pedesaan dan daerah terpencil di Pakistan, Nepal, Peru, Philipina dan Thailand [4]. Ada empat keuntungan yang diperoleh apabila turbin arus lintang dipakai sebagai penggerak utama. Pertama, pipa pancar dan cakram bisa dibuat dari plat baja dan sudu-sudu bisa dibuat dari potongan pipa baja, sehingga konstruksi dan desainnya menjadi sederhana. Kedua, kurva efisiensi turbin arus lintang yang sangat baik terutama apabila dipakai sistem pembagian sudu pengarah. Ini khususnya sangat penting untuk pemasangan pada air terjun dengan *head* rendah. Ketiga, biaya investasi awal pembuatan turbin arus lintang adalah jauh lebih murah dibandingkan dengan turbin jenis lain yang dipakai untuk tenaga hidro dengan *head* rendah. Biaya pemeliharaan, biaya operasi dan biaya bangunan sipil adalah rendah pula dibandingkan dengan

turbin jenis yang lain. Keempat, kotoran yang melewati sudu tidak akan mudah menyangkut, pada setengah putaran kotoran ini akan terlempar dengan sendirinya, oleh gaya sentrifugal. Akan tetapi banyak sekali masalah yang timbul pada proyek-proyek tersebut. Salah satunya adalah desain dari turbin yang kurang baik. Hal tersebut senada dengan hasil penelitian Rachor [5] yang menyatakan bahwa mikrohidro adalah sebuah pembangkit listrik yang sangat potensial untuk dikembangkan, karena mikrohidro dapat dikembangkan atau dimanfaatkan pada daerah yang mempunyai tinggi jatuh air yang rendah.

Hayati [6] melakukan investigasi mengenai beberapa parameter geometrik *runner* dan nosel turbin arus lintang, seperti diameter ratio dan rasio lebar nosel, terhadap efisiensi turbin. Dari penelitian ini didapatkan bahwa ada pengaruh, atau ada perbedaan unjuk kerja, apabila parameter turbin diubah yaitu adanya penurunan putaran (*speed*) akan menurunkan efisiensi yang cukup besar. Montanari [7] juga menganggap bahwa efisiensi ini harus ditingkatkan, apalagi kalau dihubungkan dengan harga air, yang akhir-akhir ini sering dipermasalahkan Sementara Barglazan [8] lebih memfokuskan pada bagian utama turbin arus lintang, khususnya radial *runner* dan bentuk nosel pemancar air. Juga dikembangkan sebuah perangkat lunak untuk merancang sebuah turbin arus lintang, dimana beberapa parameter harus dimasukkan dan masih ada beberapa perhitungan yang harus dilakukan dimana hasil perhitungan tersebut harus dimasukkan dalam masukkan perangkat lunak.

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka perlu dilakukan suatu penelitian yang lebih mendalam, yaitu bagaimana unjuk kerja turbin dengan variasi posisi pipa pancar dengan variasi putaran turbin dan penambahan lorong pengarah.

## Metode Penelitian

### Alat-alat Penelitian

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah *runner* turbin arus lintang yang meliputi 3 bagian utama, yaitu poros turbin, cakram turbin berdiameter 40 cm, dengan bahan plat baja setebal 4 mm, dan sudu yang berjumlah 20 buah, dengan bahan plat baja dipasang sekeliling cakram. Sedangkan plat penutup sudu terbuat dari akrilik yang transparan, setebal 3 mm sebagaimana tergambar pada gambar 1 berikut.



Gambar 1 *Runner* Turbin Arus Lintang

Pipa pancar yang dipakai mempunyai ukuran penampang 3 cm x 3 cm, terbuat dari akrilik setebal 1 mm seperti yang terlihat pada gambar 2.



Gambar 2 Pipa Pancar

Selain itu juga diperlukan rumah turbin yang dipakai untuk melindungi pancaran air yang dihasilkan putaran *runner* serta pompa digunakan untuk mengalirkan air dari dalam servois menuju nosel dengan kapasitas maksimum 8 liter per detik. Sudut nosel diatur dengan menggunakan

handel pengatur yang dilengkapi dengan skala busur derajat, yang bermanfaat untuk mengatur dan mengetahui posisi sudut pipa pancar ( $\alpha$ ) terhadap arah kecepatan putar *runner*. Untuk mengarahkan jet air keluar tingkat pertama menuju jet masukan tingkat kedua digunakan lorong pengarah sebagaimana terlihat pada gambar 3 .



Gambar 3. Lorong Pengarah

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini meliputi debit air dengan variasi : 2 liter/s, 2.5 liter/s, 3 liter/s, 3.5 liter/s, 4 liter/s dan 4.5 liter/s dengan nilai yang diamati adalah efisiensi turbin dan nilai-nilai yang dikonstantkan sebagai variabel terkontrol adalah sudut pipa pancar sebesar  $10^\circ$ ,  $15^\circ$ , dan  $20^\circ$ .

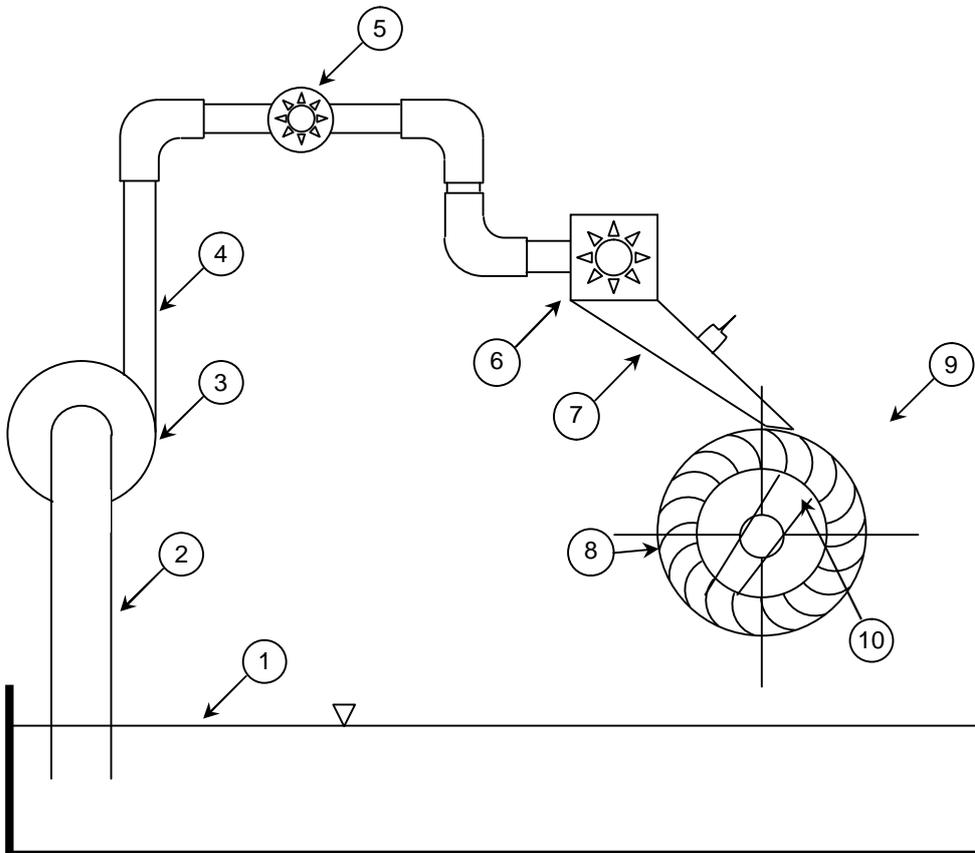
### Prosedur Penelitian

Persiapan awal penelitian meliputi penyiapan instalasi penelitian dengan berbagai variasi sudut dan debit air dan pemasangan turbin model padaudukannya yang dilanjutkan dengan pengecekan kondisi alat ukur meliputi manometer dan sensor beserta alat pendukungnya.

Sedangkan pelaksanaan percobaan dilakukan dengan memasang semua instalasi penelitian seperti pada gambar 4, dengan memasang lorong pengarah yang dilanjutkan dengan menghidupkan pompa dan mengatur debit air sesuai dengan ketentuan. Apabila debit sudah sesuai dengan variabel yang akan dicari, maka sudut pipa pancar diatur sesuai dengan besarnya sudut yang dicari. Katup yang memasuki pipa pancar kemudian dibuka sampai keadaan mencapai kondisi *steady*. Langkah selanjutnya adalah mengambil

data besar debit sesuai dengan variasi yang ditetapkan pada tiap-tiap variasi sudut pipa pancar, mengukur tekanan yang terjadi pada pipa pancar pada tiap-tiap variasi debit air serta mengukur torsi dengan persamaan

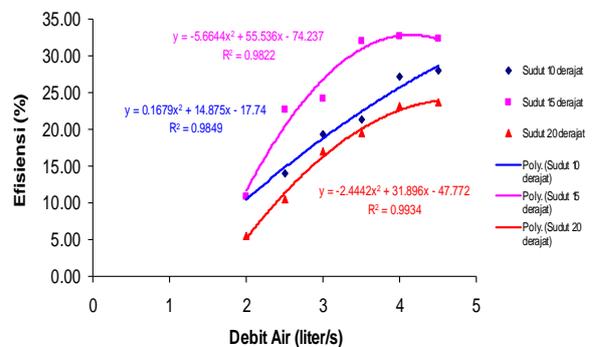
$$T = F \cdot L, (Nm) .$$



Gambar 4. Instalasi Penelitian

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh variasi sudut pipa pancar dan debit air terhadap unjuk kerja turbin arus lintang dengan lorong pengarah dapat dijelaskan melalui gambar 5 dibawah ini.



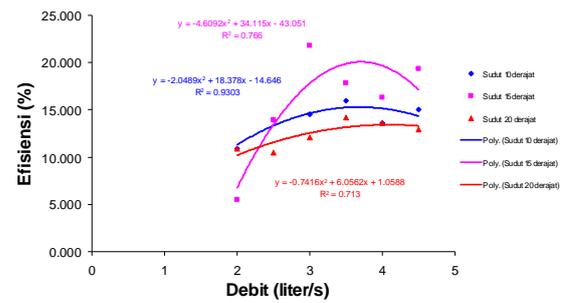
Gambar 5 Pengaruh variasi debit air terhadap efisiensi dengan tiap-tiap variasi sudut pada turbin arus lintang dengan lorong pengarah.

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa dengan adanya pemasangan lorong pengarah akan mempengaruhi pola aliran di dalam *runner* karena jet keluaran dari tingkat pertama diarahkan menuju tingkat kedua, sehingga torsi yang diberikan pada tingkat kedua akan meningkat sehingga efisiensinya lebih besar jika dibandingkan dengan tanpa lorong pengarah. Peningkatan efisiensi juga sebanding dengan kenaikan variasi debit air.

Pada debit air yang sama terdapat kecenderungan peningkatan efisiensi pada tiap-tiap pengujian dengan variasi sudut pipa pancar, hal ini disebabkan karena pada variasi sudut pipa pancar menyebabkan perubahan arah keluar tingkat pertama (dapat dijelaskan dengan segitiga kecepatan), sehingga jet keluaran dari tingkat pertama akan menjadi masukan jet pada tingkat kedua. Akibatnya momentum akan bertambah, dan torsi yang diberikan pada tingkat kedua ini juga akan meningkat, sehingga meningkatkan daya pada turbin, semakin besar debit air yang diberikan pada putaran yang konstan, maka akan semakin tinggi pula pembebanan yang harus diberikan, sehingga efisiensinya akan meningkat.

Dari gambar 4 juga terlihat bahwa dari variasi sudut air masuk sudu sebesar  $15^\circ$  menghasilkan efisiensi tertinggi jika dibandingkan dengan sudut air masuk sudu lebih besar atau lebih kecil dari  $15^\circ$ . Hal ini disebabkan energi kecepatan air masuk sudu *runner* lebih banyak dimanfaatkan karena air menumbuk tepat bagian depan sudu sehingga jet keluaran dari tingkat pertama akan dipaksa masuk melalui lorong pengarah dan menjadi masukan jet pada tingkat kedua akibatnya torsi yang diberikan pada tingkat kedua ini juga akan meningkat sehingga efisiensi juga akan meningkat.

Sedangkan pengaruh variasi sudut pipa pancar dan debit air terhadap unjuk kerja turbin arus lintang dengan lorong pengarah dapat dijelaskan melalui gambar 5 dibawah ini :



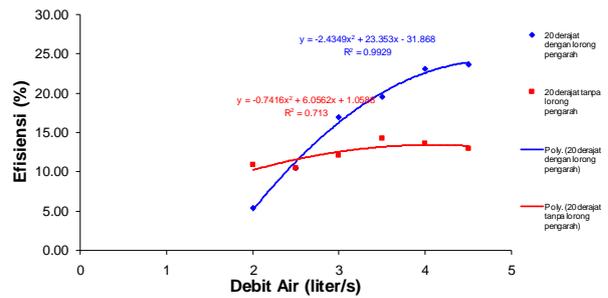
Gambar 5 Pengaruh variasi debit air terhadap efisiensi dengan tiap-tiap variasi sudut pada turbin arus lintang tanpa lorong pengarah.

Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa pada debit air yang sama terdapat kecenderungan peningkatan efisiensi pada tiap-tiap pengujian dengan variasi sudut pipa pancar, hal ini disebabkan karena pada variasi sudut pipa pancar menyebabkan perubahan arah keluar tingkat pertama (dapat dijelaskan dengan segitiga kecepatan), sehingga jet keluaran dari tingkat pertama akan menjadi masukan jet pada tingkat kedua. Akibatnya momentum akan bertambah, dan torsi yang diberikan pada tingkat kedua ini juga akan meningkat, sehingga meningkatkan daya pada turbin, semakin besar debit air yang diberikan pada putaran yang konstan, maka akan semakin tinggi pula torsi yang harus diberikan, sehingga efisiensinya akan meningkat.

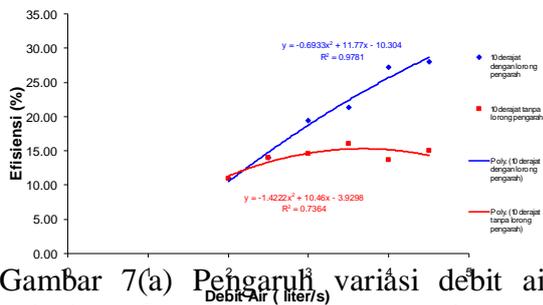
Juga terlihat bahwa dari variasi sudut air masuk sudu sebesar  $15^\circ$  menghasilkan efisiensi tertinggi jika dibandingkan dengan sudut air masuk sudu lebih besar atau lebih kecil dari  $15^\circ$ . Hal ini disebabkan energi kecepatan air masuk sudu *runner* lebih banyak dimanfaatkan. Sehingga jet keluaran dari tingkat pertama akan menjadi masukan jet pada tingkat kedua akibatnya torsi yang diberikan pada tingkat kedua ini juga akan meningkat sehingga efisiensi juga meningkat. Namun disini ada suatu penyimpangan dimana pada titik tertentu, yaitu pada debit air sebesar 2 liter/s, sudut air masuk sebesar  $15^\circ$  memiliki efisiensi yang paling kecil

jika dibandingkan dengan variasi sudut yang lain. Hal ini disebabkan karena pada sudut air masuk sebesar 15° pada debit air sebesar 2 liter/s torsi yang dihasilkan kecil, karena aliran air masuk tingkat kedua, bukan menambah torsi tetapi justru membebani, karena jet air justru menumbuk bagian belakang sudu. Inilah yang diduga menjadi salah satu penyebab ketidak stabilan putaran turbin.

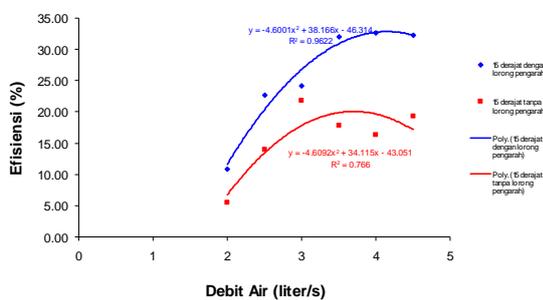
Pengaruh variasi sudut pipa pancar dan debit air terhadap unjuk kerja turbin arus lintang dengan lorong pengarah dapat dijelaskan melalui gambar 7(a),(b),(c) berikut ini :



Gambar 7(c) Pengaruh variasi debit air terhadap efisiensi pada variasi sudut pipa pancar sebesar 20° pada turbin arus lintang dengan lorong pengarah dan tanpa lorong pengarah.



Gambar 7(a) Pengaruh variasi debit air terhadap efisiensi pada variasi sudut pipa pancar sebesar 10° pada turbin arus lintang dengan lorong pengarah dan tanpa lorong pengarah.



Gambar 7(b) Pengaruh variasi debit air terhadap efisiensi pada variasi sudut pipa pancar sebesar 15° pada turbin arus lintang dengan lorong pengarah dan tanpa lorong pengarah.

Dari Gambar 7(a),(b),(c) dapat dilihat bahwa dari tiap-tiap variasi sudut air masuk sudu dengan menggunakan lorong pengarah menghasilkan efisiensi tertinggi jika dibandingkan dengan tanpa lorong pengarah. Hal ini disebabkan energi kecepatan air masuk sudu runner lebih banyak dimanfaatkan. Sehingga jet keluaran dari tingkat pertama akan dipaksakan masuk lorong pengarah dan diarahkan pada tingkat kedua ( 2 = 3 ) akibatnya momentum yang dihasilkan lebih besar dan torsi yang diberikan pada tingkat kedua ini juga akan meningkat sehingga efisiensi juga akan meningkat. Jika tidak menggunakan lorong pengarah, maka jet keluaran pada tingkat pertama tidak diarahkan masuk menuju tingkat kedua, sehingga yang seharusnya menjadi masukan jet pada tingkat kedua ada yang berubah arah. Akibat dari arah pancaran masuk ke tingkat kedua yang berubah ini maka, torsi yang diberikan pada tingkat kedua ini akan menurun.

### KESIMPULAN

Dari penelitian pengaruh variasi sudut pipa pancar terhadap unjuk kerja turbin arus lintang, dapat disimpulkan bahwa besar sudut pipa pancar mempengaruhi unjuk kerja (Torsi, Daya dan Efisiensi) turbin arus lintang.

- Pada pengujian sudut pipa pancar sebesar  $15^\circ$  dapat menghasilkan efisiensi yang paling tinggi pada pengujian baik dengan lorong pengarah maupun tanpa lorong pengarah.
- Pada pengujian turbin arus lintang menggunakan lorong pengarah, maka efisiensi yang dihasilkan lebih besar jika dibandingkan dengan tanpa lorong pengarah.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Lewis, Nathan S., *Powering The Planet*, Keynote Speech at 1st Annual California Clean Innovation Conference, Caltech, California, 2007
- [2] Oktaufik, MAM., *Pengembangan Teknologi Energi Bersih*, Keynote Speech Seminar Nasional Mesin dan Industri (SNMI 6) 2010, Universitas Tarumanagara, Jakarta, 2010
- [3] Haimerl, L.A, *The Cross Flow Turbine*; Jerman Barat, 1960
- [4] Inversin, A.R, *Microhydro Power Source Book*; NRECA International Foundation, Washington DC, 1986.
- [5] Rachoor, Sai , *Renewable Energy Source*; Micro Hydro Power, New Jersey, USA, 2006
- [6] Hayati, Olgun, *Investigation of The Performance of A Cross Flow Turbine*; Mechanical Engineering Department, Karadeniz Technical University, Trabzon, Turkey, 1998
- [7] Montanari, R, *Criteria for the Economic Planning of a Low Power Hydroelectric Plant*, Pergamon; Dipartimento di Ingegneria Industriale, Universita degli Studi di Parma, Viale delle Science, Parma, Italy, 2003
- [8] Barglazan, M; *About Design Optimization of Cross-Flow Hydraulic Turbines*; The Politechnica University of Timisoara, New York, 2005