

PENGARUH SUDUT KEMIRINGAN TERHADAP KINERJA TURBIN ULIR

M. Abdulkadir

¹Jurusan Teknik Sipil, Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Yogyakarta
Jl. Babarsari No 1. Depok, Sleman, D.I. Yogyakarta, Indonesia

^amakadir2011@gmail.com

Sumber tenaga air dengan head rendah masih banyak yang belum dimanfaatkan sehingga perlu dikembangkan dan dimanfaatkan. Salah satu turbin yang mampu bekerja pada head rendah adalah turbin ulir. Banyak parameter yang berpengaruh terhadap kinerja turbin ulir, di antaranya adalah jumlah sudu, jumlah lilitan, sudut kemiringan, dan debit. Sehubungan dengan hal ini maka perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui kondisi kinerja optimalnya. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh sudut kemiringan dan debit masukan terhadap putaran, daya output dan efisiensi turbin ulir. Penelitian dilakukan pada suatu model turbin ulir dengan diameter luar (d_n) 10,10 cm, jumlah blade = 15 buah, jarak pitch (p) = 3 cm dan panjang ulir 43 cm, variasi sudut kemiringan antara 10^0 sampai 45^0 , dan variasi debit 84 l/men, 95 l/men dan 105 l/men. Kesimpulan yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah putaran maksimum 240 rpm pada debit 105 liter/menit dan sudut kemiringan 15^0 , daya output maksimum 5,558 W pada debit 105 liter/menit dan sudut kemiringan 20^0 , dan efisiensi maksimum sebesar 44,349 pada debit 105 liter/menit dan sudut kemiringan 20^0 .

Kata-kata Kunci: turbin ulir, head rendah, kemiringan, daya, efisiensi

Abstract

Indonesia has many low head hydro power energy resources that have not been in use yet, so it is needed to be developed and exploited. One of the low head hydro power turbines is Archimedian screw turbine. There are many parameters and variables that influence to the performance of the turbines, such as number and pitch of blades, inclination angle, and flow rate. The objective of the research is to investigate the influences of inclination angle and flow rate to the turbine output power and turbine efficiency of a turbine model rch has been conducted in a 10.1 outside diameter 15 blades 3 cm pitch 43 cm length model screw turbine, in which inclination angle was varied from 10^0 to 45^0 and flow rate was varied in 84 l/min, 95 l/min and 105 l/min. It is concluded from the research that maximum power output is 5,558 Watt, maximum efficiency is 44,349 %, and they are reached at 105 l/men flow rate and of 20^0 incline angle.

Keywords : screw turbine, low head, incline angle, power, efficiency

1. Pendahuluan

Menurut kajian BPPT, kebutuhan listrik di Indonesia pada tahun 2035 diperkirakan antara 903 – 1.229 TWh. Pada tahun itu diperkirakan kemampuan penyediaan listriknya akan mencapai antara 215 – 270 GW, yang sumber energinya masih tetap didominasi oleh batubara. Salah satu potensi yang signifikan tetapi belum banyak dibahas adalah *hydropower* dengan *head* yang sangat rendah, yaitu yang kurang dari 2 m. *Hydropower* kecil dengan daya antara 100 W s.d 1000 kW dan *head* sangat rendah dari 0,8 m s.d 2,0 m masih merupakan problem yang belum terpecahkan [8][3].

Salah satu turbin yang mampu beroperasi pada *head* sangat rendah adalah turbin ulir. Turbin jenis ini masih tergolong baru dikembangkan di Indonesia, namun turbin ini memiliki beberapa keunggulan di antara jenis turbin *head* rendah yang lain tidak memerlukan sistem kontrol khusus karena penggunaan unit peralatan dan generator yang standar, mudah dalam konstruksi, mudah dalam instalasi dan perawatan, ramah lingkungan dan *fish-friendly*, efisiensi turbin yang tinggi untuk kondisi operasi *head* rendah dan debit tinggi [6].

Kinerja sebuah *screw turbine* dipengaruhi oleh parameter-parameter yang terkait dalam perancangan *screw turbine* itu sendiri. Salah satu parameter penting dalam perancangan *screw turbine* adalah *pitch* atau jarak periode dari sebuah sudu (*blade*), sudut kemiringan, putaran dan debit air. Berdasarkan uraian tersebut diatas, penulis tertarik mengembangkan penelitian tentang turbin ulir yang

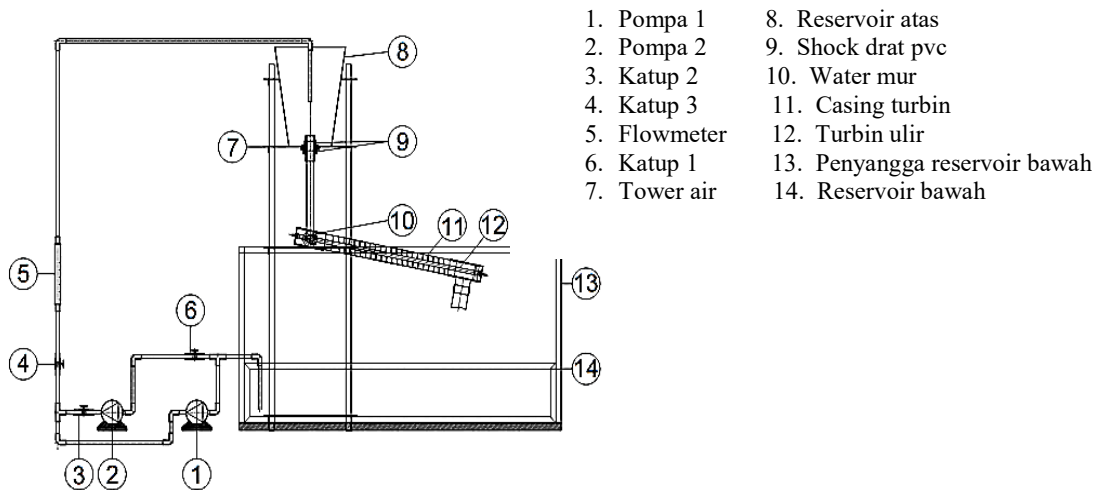
bertujuan mengetahui pengaruh perbedaan jarak *pitch*, debit air masukan dan sudut kemiringan terhadap kinerja mekanik turbin ulir serta sebagai referensi dalam pengembangan *screw turbine* sebagai penggerak mula (*prime mover*) dalam pembangkit skala kecil (mikrohidro).

Penelitian ini bertujuan untuk mencari pengaruh sudut kemiringan terhadap kinerja suatu model turbin ulir. Kinerja ini meliputi daya dan efisiensi turbin. Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui parameter optimal dari suatu turbin ulir, yaitu debit dan sudut kemiringan turbin yang mampu memberikan daya dan efisiensi maksimum. Selain itu juga untuk melengkapi hasil-hasil penelitian sebelumnya.

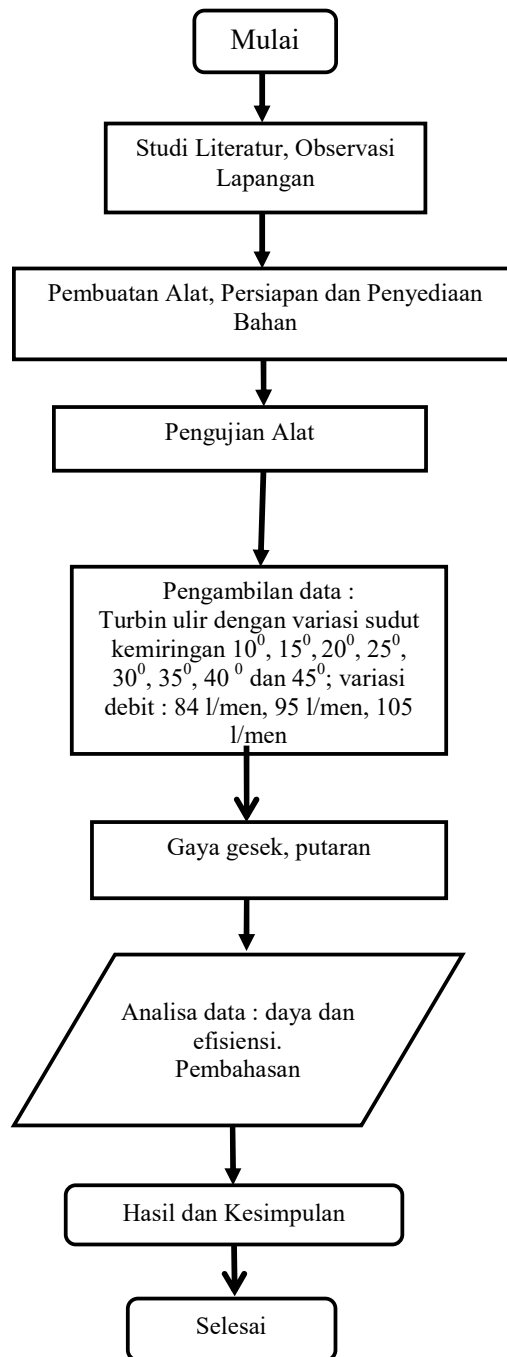
[2] melaporkan hasil penelitian turbin ulir 2-sudu, dengan R_o 0,1419 m, R_i 0,0762 m dan pitch $1,6 R_o$, diperoleh daya maksimum 16,231 W dan efisiensi optimal 61,61 % pada debit optimal 0,00684 m^3/s dan sudut kemiringan optimal 35° . Menurut penelitian yang dilakukan oleh [11] pada turbin ulir 3-sudu, 3-lilitan diperoleh efisiensi maksimum 81 %. [9] melaporkan hasil penelitiannya pada turbin ulir dengan 3-sudu, 21 litan mampu memberikan efisiensi maksimum sebesar 89 % pada sudut kemiringan 35° . Kerugian daya terbesar terutama disebabkan oleh adanya celah antara turbin dengan selongsongnya. [10] [4] [5] melaporkan bahwa kerugian akibat adanya celah antara turbin dengan selongsong dapat mencapai 30 %.

2. Metode Penelitian

Penelitian dilakukan pada model turbin ulir dengan diameter luar (d_o) 10,10 cm, jumlah *blade* = 15 buah, jarak *pitch* (p) = 3cm dan panjang ulir 43 cm dan sudut kemiringan antara 10° sampai 45° dengan . Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Aero dan Hidrodinamika STTNAS. Adapun rangkaian alat penelitian ditunjukkan pada Gambar 1 dan prosedur penelitian ditunjukkan pada Gambar 2



Gambar 1. Rangkaian alat Penelitian



Gambar 2. Prosedur penelitian.

Pengukuran yang dilakukan meliputi :
Sudut kemiringan (α) debit air (Q), gaya tegangan tali rem puli (F), dan putaran turbin (n).

3. Hasil dan Analisis

3.1. Data Penelitian

Dari hasil pengukuran, diperoleh data seperti ditunjukkan pada Tabel 1. Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 1. Data Penelitian untuk Debit 84 liter/menit

Percobaan ke	Sudut kemiringan	Putaran (rpm)	Gaya sumbu puli, (kgf)
1	10°	94.5	2.78
		127.0	2.11
		112.6	2.23
		176.1	2.08
2	15°	56.3	2.62
		150.4	1.45
		164.5	2.55
3	20°	76.0	3.04
		83.8	2.89
		140.2	2.79
4	25°	85.7	3.22
		105.7	3.17
		159.1	2.51
5	30°	132.6	3.06
		74.1	3.13
		164.5	2.36
6	35°	161.7	2.41
		123.4	2.49
		163.3	2.33
7	40°	119.2	2.59
		112.4	2.72
		117.8	1.79
8	45°	96.6	2.06
		130.0	1.68

3.2. Analisis

Dari Data pengukuran kemudian dilakukan analisis untuk mendapatkan karakteristik kinerja turbin, yaitu hubungan antara daya output (P_{out}) dengan sudut kemiringan (α) dan debit (Q), dan hubungan antara efisiensi (η) dengan sudut kemiringan (α) dan debit (Q) [5] [7].

Daya output dicari dengan persamaan :

$$P_{out} = T\omega, \quad (1)$$

dengan T torsi poros (Nm) dan ω kecepatan sudut poros (rad/s).

Torsi dicari berdasarkan persamaan :

$$T = F_t r, \quad (2)$$

dengan F_t gaya tangensial puli (N) dan r jari-jari puli (0,00865m).

Daya input dicari dengan persamaan :

$$P_{in} = \rho g Q H \quad (3)$$

dengan ρ massa jenis air (1000 kg/m³), g : percepatan gravitasi (9,82 m/s²), Q : debit air (m³/s), dan H : tinggi jatuh (0,73 m).

Efisiensi dicari dengan persamaan :

$$\eta = P_{out}/P_{in} * 100\%. \quad (4)$$

Tabel 2. Data Penelitian untuk Debit 95 liter/menit

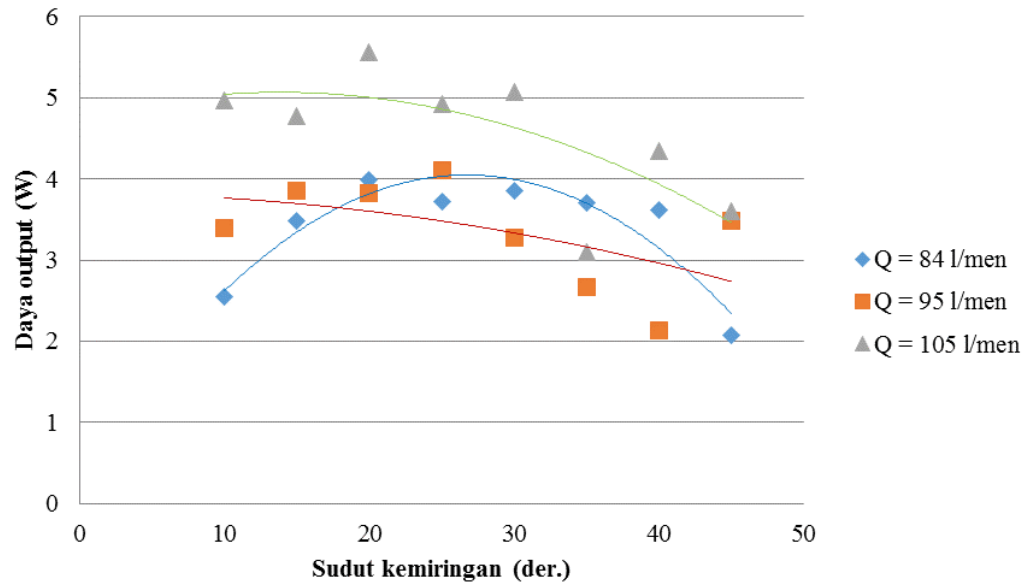
Percobaan ke	Sudut kemiringan	Putaran (rpm)	Gaya sumbu puli, (kgf)
1	10°	274.6	1.30
		109.0	3.28
		95.6	3.01
2	15°	149.1	2.72
		182.4	2.05
		82.9	3.59
3	20°	135.0	2.44
		198.6	2.03
		74.2	3.52
4	25°	77.5	3.84
		147.2	2.93
		132.9	3.02
5	30°	71.6	3.22
		103.2	3.08
		113.9	3.03
6	35°	72.7	2.51
		62.7	2.54
		89.7	3.12
7	40°	67.8	2.97
		111.9	2.01
		98.6	2.23
8	45°	120.2	2.80
		141.8	2.58
		130.5	2.63

3.3. Hasil analisis

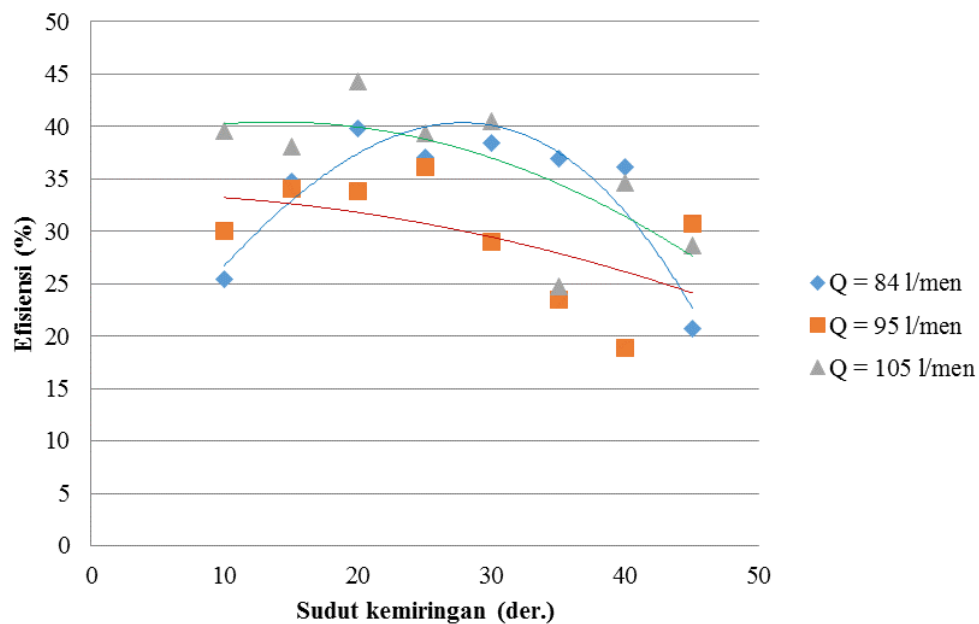
Setelah dilakukan analisis untuk semua data penelitian, kemudian diperoleh karakteristik kinerja turbin ulir yang diteliti seperti ditunjukkan pada Gambar 3 dan Gambar 4

Tabel 3. Data Penelitian untuk Debit 105 Liter/Menit

Percobaan ke	Sudut kemiringan	Putaran (rpm)	Gaya sumbu puli, (kgf)
1	10°	157.2	3.32
		90.7	2.53
		85.0	3.21
2	15°	226.4	2.22
		127.9	3.34
		67.8	3.82
3	20°	198.2	2.95
		75.1	3.82
		109.5	3.52
4	25°	159.1	3.26
		76.1	3.76
		149.3	3.47
5	30°	149.8	3.56
		79.4	3.67
		75.3	3.92
6	35°	132.3	2.46
		107.7	2.57
		94.8	2.81
7	40°	165.2	2.71
		157.6	2.84
		150.8	3.03
8	45°	98.0	3.21
		104.6	2.80
		138.1	2.74



Gambar 3. Hubungan antara daya output dengan sudut kemiringan turbin pada berbagai debit



Gambar 4. Hubungan antara efisiensi dengan sudut kemiringan turbin pada berbagai debit

3.4. Pembahasan

Gambar 3 menunjukkan hubungan antara daya output dengan debit dan sudut kemiringan. Daya output mengalami perubahan dengan berubahnya sudut kemiringan dan debit taliran masuk turbin. Secara umum dapat dilihat bahwa daya output akan semakin besar bila debit diperbesar. Hal ini adalah konsekuensi logis bahwa dengan debit yang semakin besar maka daya input semakin besar sehingga daya outputnya juga semakin besar. Pada kondisi debit yang sama, misalkan 95 liter/menit, daya output mengalami variasi, mula-mula semakin besar kemudian mencapai harga maksimum pada sudut

kemiringan sekitar 30° , kemudian turun. Dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa daya maksimum diperoleh sebesar 5,558 Watt pada debit 105 liter/menit dengan sudut kemiringan 20° .

Gambar 4 menunjukkan hubungan antara efisiensi dengan debit dan sudut kemiringan turbin. Efisiensi diperoleh sebagai perbandingan daya output dengan daya hidrolis yang merupakan daya input turbin. Ternyata bahwa efisiensi sangat dipengaruhi oleh debit dan sudut kemiringan turbin, terlihat bahwa efisiensi mengalami variasi dengan bervariasinya parameter tersebut. Efisiensi, secara umum, akan semakin besar bila debit air masuk semakin besar, sedangkan untuk debit yang sama, efisiensi sangat bervariasi dengan berubahnya sudut kemiringan. Dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa efisiensi maksimum adalah sebesar 44,349 % pada debit 105 liter/menit dengan sudut kemiringan 20° . Hasil ini ternyata lebih rendah dari hasil penelitian turbin ulir oleh Bambang, dkk. (2012) mampu menghasilkan efisiensi optimal 61,61 % pada debit optimal $0,00684 \text{ m}^3/\text{s}$ dan sudut kemiringan optimal 35° .

Menurut William, (2013), kerugian akibat adanya celah antara turbin dengan selongsong dapat mencapai 30 %. Jadi kerugian terbesar adalah akibat kerugian celah ini. Pada penelitian ini, pembuatan sudu-sudu turbin kurang teliti, sehingga celah antar turbin dengan rumah turbin relatif besar. Kemungkinan penyebab rendahnya efisiensi disebabkan karena celah yang relatif besar.

4. Kesimpulan dan Saran

Hasil penelitian pada model turbin ulir dengan diameter luar (d_o) 10,10 cm, jumlah *blade* = 15 buah, jarak *pitch* (p) = 3 cm dan panjang ulir 43 cm dan sudut kemiringan antara 10° sampai 45° dapat menghasilkan beberapa kesimpulan, yaitu :

- Daya output maksimum 5,558 W pada sudut kemiringan 20° dan debit 105 liter/menit.
- Efisiensi maksimum 44,349 % pada sudut kemiringan 20° dan debit 105 liter/menit. Efisiensi maksimum lebih rendah dari pada hasil-hasil penelitian sebelumnya, kemungkinan penyebabnya adalah adanya celah yang relatif besar.

Untuk mendapatkan hasil yang lebih baik, maka penelitian kedepan hendaknya memperhatikan hal-hal sebagai berikut :

- Pembuatan sudu-sudu turbin agar lebih cermat agar celah antara sudu dengan rumah turbin sekecil mungkin. Hal ini dimaksudkan agar kerugian celah sekecil mungkin, karena kerugian celah biasanya cukup besar.
- Menggunakan variasi debit yang lebih luas agar diperoleh debit yang optimal.
- Pembuatan dimensi turbin hendaknya mengikuti saran William (2014) dari Nagel yaitu bahwa putaran turbin ulir hendaknya ditentukan dengan persamaan :

$$n(RPM) = \frac{50}{\sqrt[5]{D_o^2}} \quad (5)$$

dengan D_o adalah diameter luar sudu turbin.

Daftar Pustaka

- Alkistis Stergiopoulou, Efrossini Kalkani, 2015, *Towards a First C.F.D. Study of Modern Horizontal Axis Archimedean Water Current Turbines*, International Research Journal of Engineering and Technology (Ijret), E-Issn: 2395 -0056, Volume: 02 Issue: 04 July-2015
- Bambang, Y, dkk., (2012), *Effect of Flow and Shaft Slope of Archimedean Turbine on the Microhydro Power Plant*, Dinamika Teknik Sipil Vol 12 No. 1
- BPPT. Outlook Energi Indonesia 2014. Sugiyono A, editor. Jakarta: BPPT; 2014. 1-129 p.
- Dewan Energi Nasional, 2014, Outlook Energi Indonesia 2014, Fathor Rahman, editor, 1-186 p.
- Erino Fiardi, 2014, *Preliminary Design of Archimedean Screw Turbine Prototype for Remote Area Power Supply*, Journal of Ocean, Mechanical and Aerospace Science and Engineering-, Vol.5 March 20, 2014
- Furukawa A, Watanabe S, Matsushita D, Okuma K. Development of ducted Darrieus turbine for low head hydropower utilization. *Curr Appl Phys [Internet]*. 2010;10(2 SUPPL.):S128–32. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cap.2009.11.005>
- Kementerian Riset dan Teknologi, 2006, Buku Putih Indonesia 2005-2025, Penelitian Pengembangan dan Penerapan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi, Jakarta
- Sutikno, P., S. Phommachanh and O. Shinnosuke. Ducted Helical Type Hydro Turbine with Narrow Intake For Extremely Low Head Hydro Power Utilization. The 2nd AUN/SEED-Net Regional

- Conference on New & Renewable Energy, Faculty of Engineering, Burapha University, Thailand. 2010.
- [9] Tineke Saroinsong, dkk., 2016, *Flow Fluid Phenomenon in Three-Bladed Power Generating Archimedes Screw Turbine*, Journal of Engineering Science and Technology Review 9(2), 72-79
- [10] Willam David Lubitz, 2014, *Gap Flow in Archimedes Screws*, Proceeding of Candian Society for Mechanical Engineering International Congress, June 1-4, 2014, Toronto, Ontario, Canada.
- [11] Zafirah Rosly, dkk., 2016, *Parametric Study on Efficiency of Archimedes Screw Turbine*, ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, Asian Research Publishing Network, Vol. 11, No 18