

## Pengaruh Sudut Pengarah Aliran dan Jumlah Sudu Radius Berengsel Luar Roda Tunggal terhadap Kinerja Turbin Kinetik

Adrian Maidangkay, Rudy Soenoko, Slamet Wahyudi  
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang  
Jl. MT Haryono 167 Malang 65145  
Phone: +62-341-587711, Fax: +62-341-554291  
E-mail: adrianmaidangkay@yahoo.co.id

### **Abstract**

*The aim of this research was to know kinetic turbine performance feat influence on guide angle of the water input flow and the amount of outer radius blade hinged of single wheel. Kinetic turbine was used in this research, it has vertical axes with three guide angle variations of 150, 250, and 350 and also the amount of blades is 8, 10 and 12. The results showed that the guide angle of flow and the amount of blades influence the kinetic turbine performance (power, efficiency, and torque). The guide angle of flow and the amount of blade out hinged radius of single wheel influences the kinetic turbine performance. From several angle variation of guide angle and the amount of blade out hinged radius of single wheel under observation, the turbine performance with guide angle of flow 350 higher than 250 and 150. The performance of 12 blades turbine is higher than turbine with blades of 10 and 8. The higher guides angle the more blades, the higher tangential force, torque, power and efficiency. The maximum performance of kinetic turbine occurs at the guide angle of flow 350, the blades amount 12, revolution 90 rpm, water capacity 50m<sup>3</sup>/hour and with produced power, efficiency and torque are 21.365 Watt, 33,241 %, and 3.864 N.m respectively.*

**Keywords:** Kinetic Turbine, Performance, Guide Angle of Flow, Amount of Blade

### **PENDAHULUAN**

Indonesia memiliki energi air yang sangat melimpah dan tersebar diseluruh wilayahnya. Menurut Direktur Konstruksi dan Energi Terbarukan, PT. PLN, Indonesia memiliki potensi air sekitar 75.000 - 76.000 MW. Tetapi pemanfaatannya masih sekitar 3.783 MW untuk skala besar dan 220 MW untuk skala kecil [1]. Salah satu energi air skala kecil adalah arus sungai yang mempunyai kecepatan rendah berkisar 0,01-2,8 m/s dan energi tersimpan di dalamnya dapat digunakan sebagai energi listrik dengan menggunakan turbin kinetik. Turbin kinetik adalah suatu pembangkit listrik yang prinsip kerjanya memanfaatkan dan mengandalkan energi kinetik air sebagai sumber energinya dalam merubah energi potensial dan energi kinetik menjadi energi mekanik. Arus aliran air langsung menumbuk sudu turbin yang dapat menyebabkan runner berputar sehingga terjadi perubahan energi kinetik air menjadi energi mekanis pada turbin yang digunakan untuk menggerakkan generator kemudian

menjadi energi listrik [2,3]. Keuntungan pemanfaatan turbin kinetik jika dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik yaitu pemilihan lokasi tidak terlalu banyak syarat dan tanpa bendungan, instalasi yang murah dan waktu pemasangan

yang cepat, keluaran energi yang mudah di skala (easily scalable energi output), kapasitas yang steady, produksi energi yang steady, bentuknya sederhana, mudah dibuat dan pemeliharaan mudah, potensi air yang dibutuhkan tidak membutuhkan tinggi jatuh, yang dibutuhkan hanya adanya aliran air sungai (energi kinetik), tegangan listrik yang bangkitkan adalah DC, setiap aliran sungai dapat dipasang beberapa instalasi turbin kinetik. Namun turbin kinetik juga memiliki kekurangan yaitu, putaran tidak stabil dan efisiensi rendah [4].

Suatu turbin kinetik apabila tinjau dari kinerja sangat bergantung pada jumlah sudu, pengarah aliran, sudut sudu turbin, kecepatan aliran, ukuran sudu/dimensi sudu. Sudut pengarah aliran dan jumlah sudu turbin kinetik

adalah merupakan variabel yang sangat mempengaruhi putaran dan gaya tangensial yang menentukan daya dan efisiensi sebuah turbin kinetik. Dengan adanya penambahan ukuran sudut pengarah aliran dan jumlah sudu berarti meningkatkan putaran dan gaya tangensial yang terjadi dan dengan sendirinya meningkatkan daya dan efisiensi turbin kinetik, dengan itu penelitian ini diarahkan untuk menentukan kinerja turbin berdasarkan pengaruh sudut pengarah aliran masukan air dan pengaruh jumlah sudu yang divariasikan guna mendapatkan sudut pengarah aliran dan jumlah sudu yang sesuai dalam menghasilkan kinerja turbin yang optimal. Selain itu sampai saat ini dikenal dua jenis turbin kinetik, yaitu turbin kinetik dengan poros horisontal dan vertikal [2,3].

Beberapa penelitian yang pernah dilakukan untuk meningkatkan kinerja turbin kinetik poros vertikal diantaranya : Penelitian tentang jumlah sudu [2,5,7]. Penelitian tentang sudut input sudu [3]. Penelitian tentang roda tunggal [2,3,5] dan roda ganda [4]. Penelitian tentang sudu mangkok [2,3,5,6] dan sudu helikal [8]. Penelitian tentang panjang sudu [6]. Penelitian tentang pengaruh jumlah sudu terhadap optimalisasi kinerja turbin kinetik roda tunggal." Hasil yang didapat jumlah sudu mempengaruhi kinerja dari turbin kinetik dimana debit air 0.013 m<sup>3</sup>/s putaran 100 rpm jumlah sudu 5 memiliki daya sebesar 5,50 Watt, sudu 11 memiliki kinerja lebih tinggi dari jumlah sudu 5, 7, dan 9 terutama pada putaran 100 rpm daya yang dihasilkan sebesar 20,41 Watt . Pada debit air 0.016 m<sup>3</sup>/s jumlah sudu 11 kinerja (daya dan efisiensi) tertinggi berada pada putaran 100 rpm yakni sebesar 20,41 Watt dan efisiensinya 71,42%, pengaruh debit air terhadap torsi maksimum terjadi pada sudu 11 dengan debit air 0,016 m<sup>3</sup>/s putaran 20 rpm, torsi sebesar 3,73 Nm sedangkan torsi minimum terjadi pada sudu 5 dengan debit air 0.013 m<sup>3</sup>/s pada putaran 100 rpm yakni torsi sebesar 0,53 Nm [2].

Penelitian pengaruh variasi sudut input sudu mangkok terhadap kinerja turbin kinetik. Sudut input sudu mangkok berpengaruh terhadap kinerja turbin kinetik. Dari beberapa variasi sudut input sudu mangkok yang diteliti, kinerja turbin dengan sudut input sudu mangkok 100 lebih tinggi daripada 150 dan

200. Semakin kecil sudut input sudu mangkok, kelengkungan sudu semakin besar, sehingga semakin besar pula gaya tangensial, torsi, daya dan efisiensinya. Kinerja turbin kinetik maksimum terjadi pada sudut input sudu mangkok 100, putaran 100 rpm, dengan daya yang dihasilkan sebesar 18.841 Watt dan efisiensi sebesar 37.648 %[3].

Penelitian yang dilakukan adalah membuat prototype turbin kinetik roda ganda dengan tujuan untuk menghasilkan pembangkit listrik sederhana dalam mendukung pengadaan energi listrik di daerah terpencil. Hasil penelitian menunjukkan bahwa torsi yang dihasilkan turbin ini jauh lebih besar daripada turbin berbentuk water wheel. Hasil penelitiannya didapatkan beban gaya maksimum dari kedua runner tersebut terjadipada putaran 50 rpm antara debit 2 dan 2.5 liter/s adalah sebesar 502 gram [4].

Penelitian tentang variasi jumlah sudu mangkok terhadap kinerja turbin kinetik roda tunggal. Dari hasil penelitiannya menunjukkan bahwa jumlah sudu berpengaruh terhadap kinerja turbin kinetik roda tunggal. Pada turbin dengan jumlah sudu 8 memiliki kinerja yang tertinggi pada putaran 80 rpm dengan daya 22,775 Watt dan efisiensi 37,919 % [5].

Penelitiannya yaitu bahwa dengan bertambahnyapanjang sudu dan debit aliran pada saluran turbin akan meningkatkan kinerja turbin kinetik dikarenakan adanya penambahan massa aliran yang menumbuksudu turbin sehingga gaya tangensial yang dihasilkan meningkat dan gayatangensial tersebut mempengaruhi torsi, daya dan efisiensi turbin kinetik.kinerja turbin maksimum terjadi diputaran 80 rpm pada panjang sudu 12 cmdengan daya sebesar 25,455 Watt dan efisiensi sebesar 42,457 %, kemudianmenurun pada panjang sudu 11 cm dengan daya sebesar 22.775 Watt danefisiensi sebesar 35,753 %. Sedangkan kinerja turbin terendah terjadi padapanjang sudu 10 cm dengan daya sebesar 16,328 Watt dan efisiensi sebesar27,234 % [6].

Penelitian tentang turbin arus air tipe poros vertikal dengan proses simulasi Computation Fluid Dynamic (CFD) dan secara eksperimental. Tujuan dari studi ini adalah untuk mendapatkan fluktuasi gaya yang ditimbulkan akibat perubahan jumlah blade dan aspect ratio turbin dan untuk menganalisa

efek ripple torque yang terjadi. Hasil yang didapatkan berdasarkan analisa eksperimen adalah bahwa dengan penambahan jumlah sudu akan meningkatkan rpm pada turbin. Sedangkan dari hasil simulasi, fluktuasi gaya yang dihasilkan oleh turbin dengan jumlah blade sedikit memiliki fluktuasi yang lebih sedikit pula. Efisiensi turbin terbaik dihasilkan oleh turbin tersebut adalah sebesar 54,6% [7].

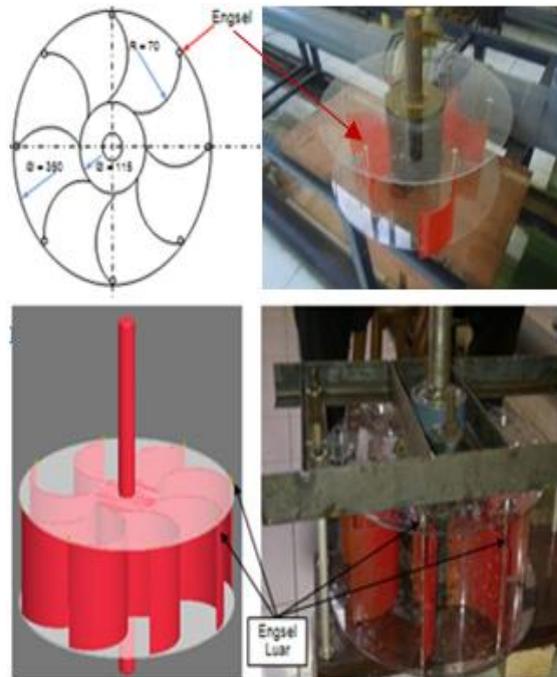
Penelitian pada turbin air aliran lintang poros vertikal menggunakan sudu helikal. Tujuan utama penelitian ini adalah untuk mendemonstrasikan kemampuan turbin air dengan sudu helikal dalam mengekstrak daya berguna dari suatu arus air. Dari studi eksperimental pada prototipe diperoleh efisiensi turbin sebesar 17% dan daya maksimum yang dihasilkan adalah 17,98 Watt pada kecepatan aliran air 1,2 m/s [8].

Penelitian tentang turbin kinetik poros vertikal untuk meningkatkan kinerja turbin dengan cara mendesain bentuk arm (flat bar, profile, profile front, dan hydrofoil). Dari hasil penelitiannya efisiensi yang didapatkan tiap bentuk arm berturut turut sebesar 15.9%, 28.8%, 29.1% dan 35.4% [9].

Sehingga berdasarkan penelitian diatas dapat dikembangkan suatu pemikiran yaitu pemakaian sudut pengarah aliran masukan air kesudu turbin kinetik dengan maksud untuk menambah kecepatan aliran masukan air yang menumbuk sudu turbin kinetik. Dengan bertambahnya kecepatan bertambah pula putaran dan momentum sehingga dengan bertambahnya putaran dan momentum bertambah pula kinerja (daya, efisiensi dan torsi) yang dihasilkan turbin kinetik. Pemilihan bentuk sudu radial berengsel luar dikarenakan jumlah volume air yang tertahan pada sudu radial (sudu radius) cukup besar. Dan pemakaian engsel yang posisi pemasangannya berada luar sudu radial dengan maksud untuk mengurangi tekanan air dari sisi kiri turbin kinetik. Maka untuk mengetahui seberapa besar pengaruh sudut pengarah aliran dan jumlah sudu radial berengsel luar terhadap daya yang dibangkitkan turbin, maka dilakukan penelitian tentang sudut pengarah aliran dan jumlah sudu radial berengsel luar terhadap kinerja (daya, torsi dan efisiensi).

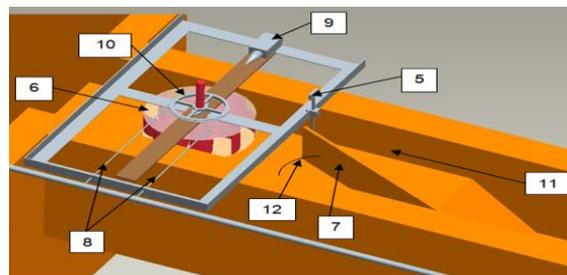
**METODE PENELITIAN**

Sudu radial (sudu radius) adalah sudu yang sisinya dibuat melengkung dan terdapat sisi samping agar dapat menahan aliran air, dan meningkatkan efisiensi serta gaya tangensial. Dalam penelitian akan digunakan sudu bentuk radius dengan ukuran sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1,

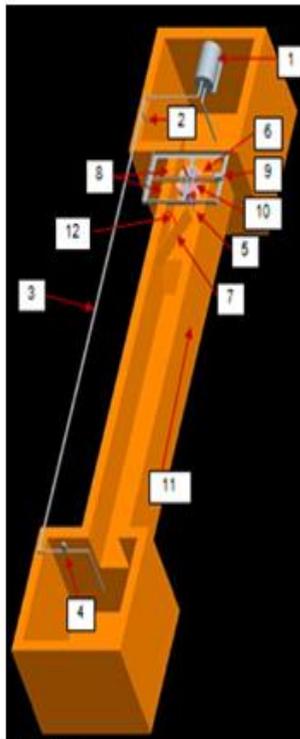


**Gambar 1.** Turbin Kinetik Sudu Radius Berengsel Luar.

Instalasi penelitian yang digunakan pada penelitian ini terlihat seperti pada Gambar 2 dan Gambar 3.



**Gambar 2.** Posisi Turbin Kinetik Sudu Radius Berengsel Luar pada Saluran



Keterangan Gambar 2 dan 3 :  
 1. Pompa Air  
 2. Katup Pembuangan Air  
 3. Pipa Saluran Air Utama  
 4. Flowmeter  
 5. Flowwatch  
 6. Turbin Kinetik Sudu Radius Berengsel Luar  
 7. Pengarah Aliran Air  
 8. Neraca Pegas  
 9. Tachometer  
 10. Puli  
 11. Arah Aliran Air  
 12. Sudut Pengarah Aliran Air

**Gambar 3.** Instalasi Penelitian

Daya suatu turbin kinetik ditentukan oleh besar energi kinetik dan daya yang dihasilkan oleh aliran tersebut. Besarnya energi yang dihasilkan oleh suatu aliran ditentukan oleh Persamaan 1 yaitu persamaan energi [10],

$$E_a = \frac{1}{2} \cdot \dot{m} \cdot v^2 \quad (1)$$

Dimana :  $\dot{m} = \rho \cdot Q$  ,  $Q = v \cdot A$

$$E_a = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot Q \cdot v^2 \quad (2)$$

Sedangkan Daya air yang mengalir pada suatu penampang tertentu untuk perhitungannya dipergunakan Persamaan 3 [11],

Dimana  $E_a = P_a$

$\dot{m} = \rho \cdot v \cdot A$  , Jadi

$$P_a = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v^3 \quad (3)$$

Dimana :

- $E_a$  = Energi air [Watt]
- $v$  = Kec.aliran [m/s]
- $\dot{m}$  = Kecepatan aliran massa air [kg/s]
- $Q$  = Kapasitas/debit air [m<sup>3</sup>/s]
- $A$  = Luasan pengarah aliran [m<sup>2</sup>]
- $P_a$  = Daya air [Watt]
- $\rho$  = Massa jenis air [998,2 Kg/m<sup>3</sup>]

Untuk menghitung besar daya turbin yang dihasilkan akibat adanya energi kinetik dipergunakan Persamaan 4 [12],

$$P_t = T \cdot \omega \quad (4)$$

Dimana :

$$T = F_t \cdot l \quad (5)$$

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60} \quad (6)$$

Dengan,

- $P_t$  = Daya turbin [Watt]
- $F_t$  = Gaya tangensial [N]
- $T$  = Torsi [N.m]
- $l$  = Lengan [m]
- $n$  = Putaran poros atau roda turbin [rpm]
- $\pi$  = [3,14]
- $\omega$  = Kecepatan sudut [rad/s]

Efisiensi turbin kinetik ( $\eta_t$ ) ditentukan oleh perbandingan antara daya air yang masuk dengan besarnya daya yang dihasilkan oleh turbin kinetik, sebagaimana ditunjukkan pada Persamaan 7 [12],

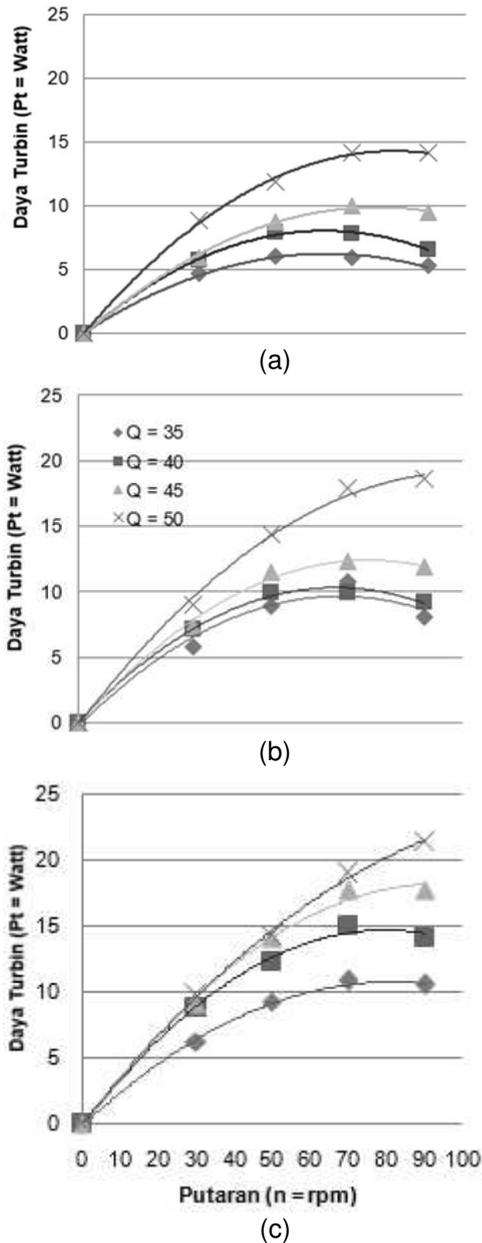
$$\eta_t = \frac{P_t}{P_a} \times 100 \% \quad (7)$$

Dalam penelitian ini menggunakan skala laboratorium. Adapun metode yang akan digunakan dalam penelitian ini yaitu dengan menggunakan metode eksperimental nyata (*true experimental research*). Dalam hal ini perangkat penelitian dibuat sesuai dengan ukuran turbin yang akan diamati. Metode ini dilaksanakan dengan melakukan pengujian untuk mengetahui pengaruh sudut pengarah aliran dan jumlah sudu turbin terhadap kinerja yang dihasilkan dengan variasi yang telah ditentukan.

Variabel-variabel yang digunakan dalam penelitian ini berupa: variabel besaryaitubesarnyavariasi sudut pengarah

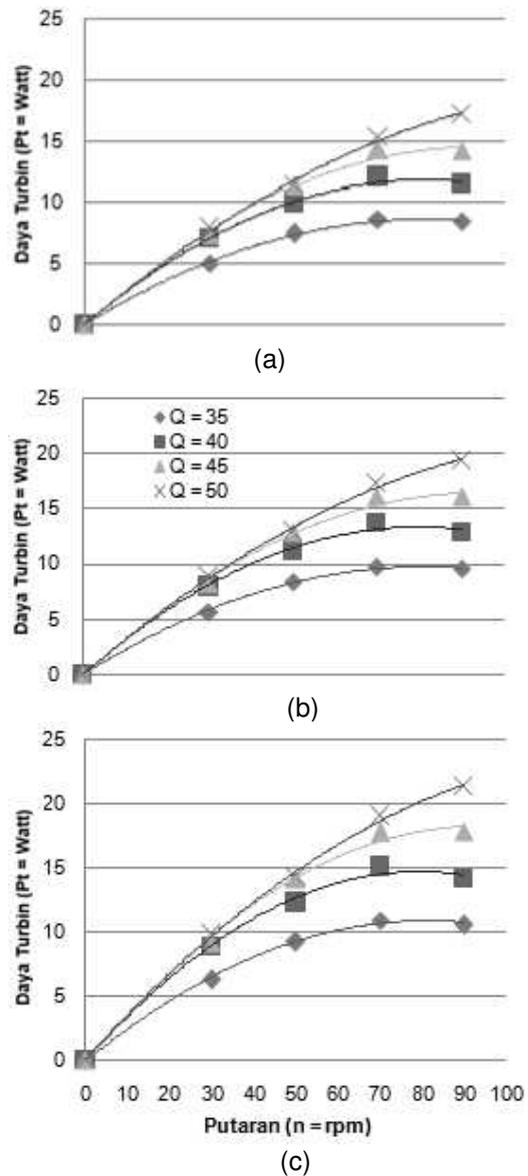
aliran air 15°, 25°, 35° dan variasi jumlah sudu 8, 10, 12 untuk berbagai variasi kapasitas air 35, 40, 45 dan 50 m<sup>3</sup>/Jam sedangkan variabel terikat yaitu daya, efisiensi dan torsi turbin serta variabel terkontrol putaran 90, 70, 50, 30 dan 0 rpm.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**



**Gambar 4.** Hubungan Putaran terhadap Daya Turbin. Dimana jumlah sudu 12 untuk sudut pengarah aliran : (a) 15°, (b) 25° dan (c) 35°.

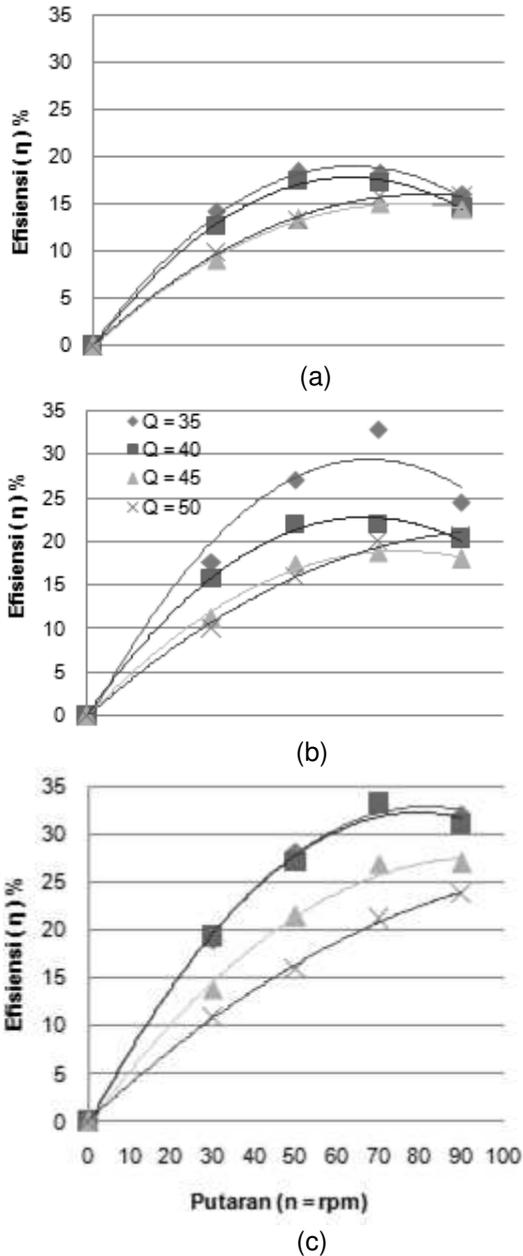
Dari Gambar 4. Dapat dilihat bahwa semakin besar sudut pengarah aliran maka semakin besar pula daya yang dihasilkan. Dimana dengan menggunakan sudut pengarah aliran 35° daya yang dihasilkan lebih besar dibandingkan bila menggunakan sudut pengarah aliran 15° dan 25°.



**Gambar 5.** Hubungan Putaran terhadap Daya Turbin. Dimana sudut pengarah aliran 35° untuk jumlah sudu: (a) 8, (b) 10 dan (c) 12

Dari Gambar 5 dapat dilihat bahwa semakin besar jumlah sudu maka semakin besar pula daya yang dihasilkan. Dimana dengan menggunakan jumlah sudu 12 daya

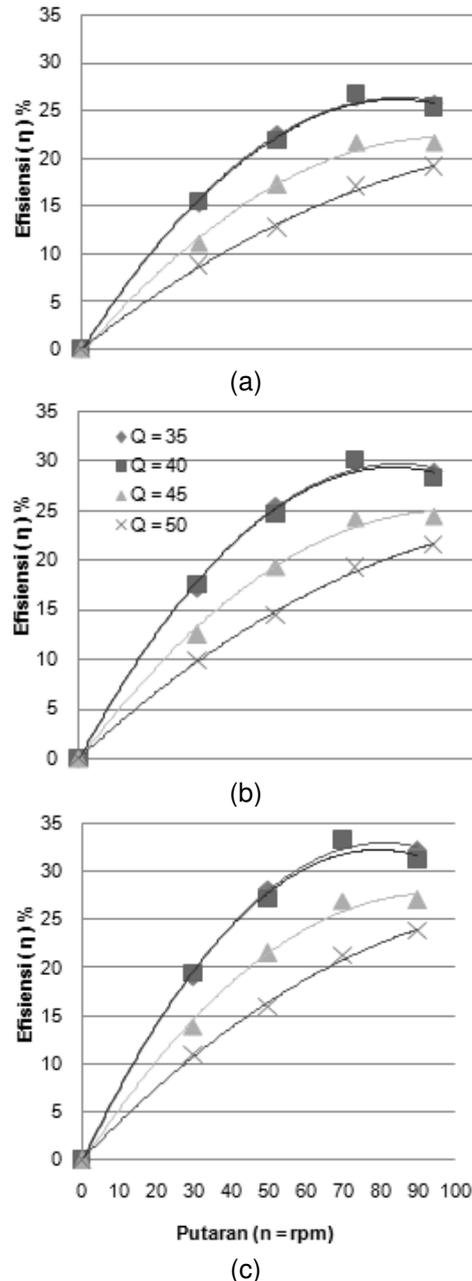
yang dihasilkan lebih besar dibandingkan bila menggunakan jumlah sudu 8 dan 10. Daya maksimum sebesar 21,365 Watt.



**Gambar 6.** Hubungan Putaran terhadap Efisiensi Turbin. Dimana jumlah sudu 12 untuk sudut pengarah aliran (a)  $15^\circ$ , (b)  $25^\circ$  dan (c)  $35^\circ$ .

Dari Gambar 6 dapat dilihat bahwa semakin besar sudut pengarah aliran maka semakin besar pula efisiensi yang dihasilkan. Dimana dengan menggunakan sudut

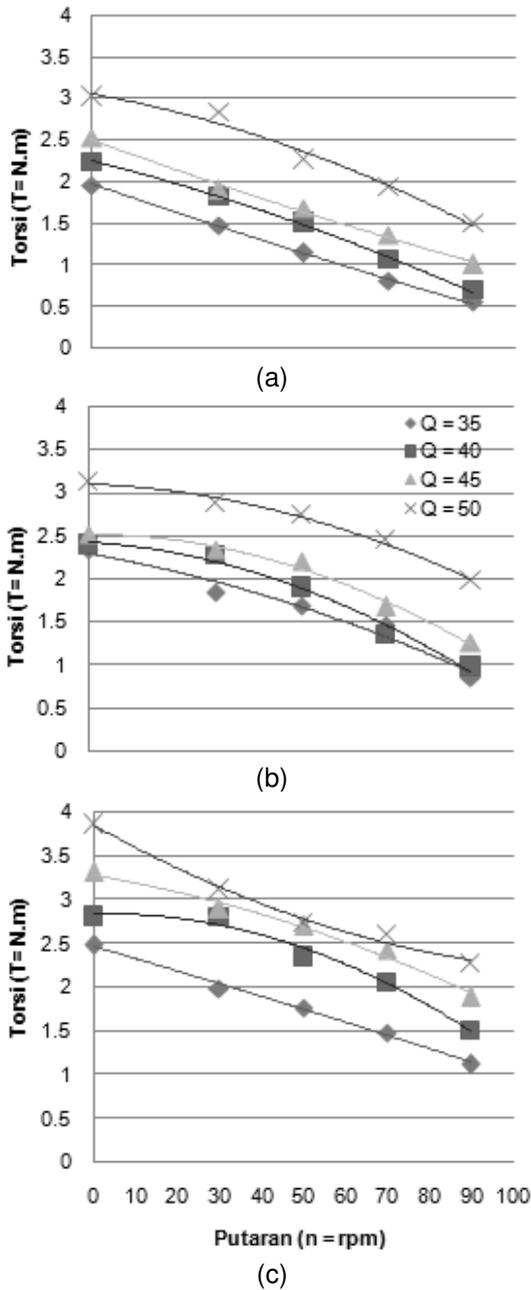
pengarah aliran  $35^\circ$  efisiensi yang dihasilkan lebih besar dibandingkan bila menggunakan sudut pengarah aliran  $15^\circ$  dan  $25^\circ$ .



**Gambar 7.** Hubungan Putaran terhadap efisiensi Turbin. Dimana sudut pengarah aliran  $35^\circ$  untuk jumlah sudu: (a) 8, (b) 10 dan (c) 12.

Dari Gambar 7 dapat dilihat bahwa semakin besar jumlah sudu maka semakin besar pula efisiensi yang dihasilkan. Dimana dengan menggunakan jumlah sudu 12

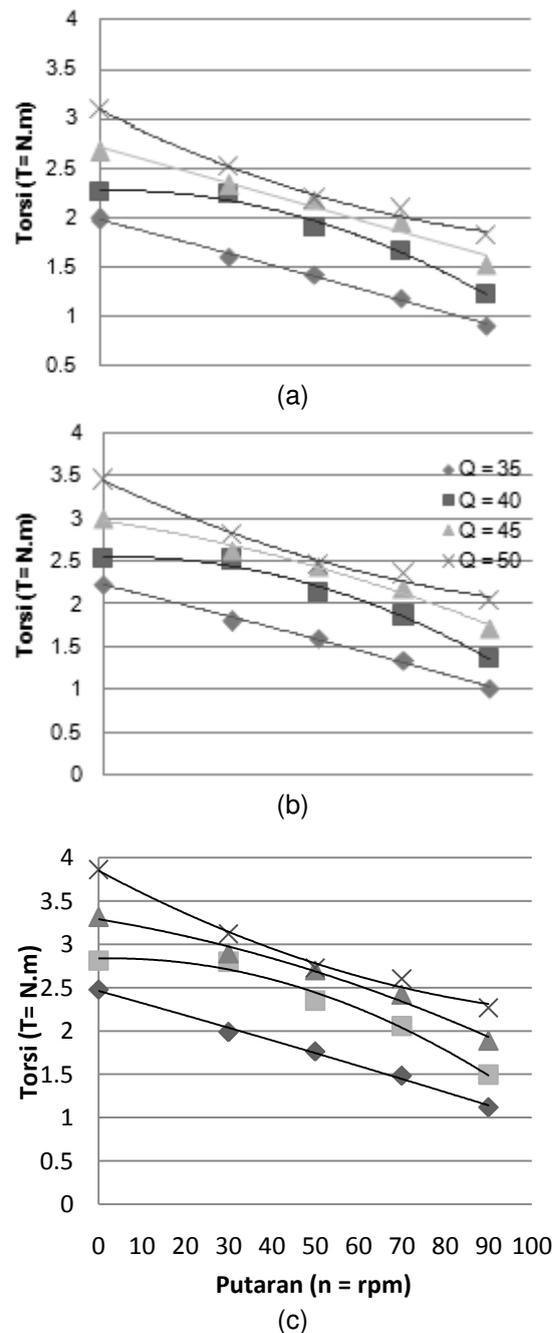
efisiensi yang dihasilkan lebih besar dibandingkan bila menggunakan jumlah sudu 8 dan 10. Efisiensi maksimum sebesar 33,241%.



**Gambar 8.** Hubungan Putaran terhadap Torsi Turbin dengan jumlah sudu 12 untuk sudut pengarah aliran: (a) 15°, (b) 25° dan (c) 35°.

Dari Gambar 8 dapat dilihat bahwa semakin besar sudut pengarah aliran maka semakin besar pula torsi yang dihasilkan.

Dimana dengan menggunakan sudut pengarah aliran 35° torsi yang dihasilkan lebih besar dibandingkan bila menggunakan sudut pengarah aliran 15° dan 25°.



**Gambar 9.** Hubungan Putaran terhadap Torsi Turbin. Dimana sudut pengarah aliran 35° untuk jumlah sudu: (a) 8, (b) 10 dan (c) 12.

Dari Gambar 9 dapat dilihat bahwa semakin besar jumlah sudu maka semakin besar pula torsi yang dihasilkan. Dimana dengan menggunakan jumlah sudu 12 torsi yang dihasilkan lebih besar dibandingkan bila menggunakan jumlah sudu 8 dan 10. torsi maksimum sebesar 3,864 N.m.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, analisa perhitungan yang telah dilakukan dan hasil pembahasan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Sudut pengarah aliran dan jumlah sudu radius berengsel luar roda tunggal berpengaruh terhadap kinerja turbin kinetik. Dari beberapa variasi sudut pengarah aliran dan jumlah sudu radius berengsel luar roda tunggal yang diteliti, kinerja turbin dengan sudut pengarah aliran  $35^{\circ}$  lebih tinggi daripada yang menggunakan sudut pengarah aliran  $25^{\circ}$ , dan  $15^{\circ}$ . Dan kinerja turbin jumlah sudu 12 lebih tinggi daripada yang menggunakan jumlah sudu 10, dan 8. Semakin besar sudut pengarah aliran dan jumlah sudu semakin besar, sehingga semakin besar daya, efisiensi dan torsinya.
2. Kinerja turbin kinetik maksimum terjadi pada sudut pengarah aliran  $35^{\circ}$ , jumlah sudu 12, putaran 90 rpm, kapasitas air  $50 \text{ m}^3/\text{Jam}$  dan dengan daya yang dihasilkan sebesar 21,365 Watt, efisiensi sebesar 33,241%, dan torsi sebesar 3,864 N.m. Sehingga turbin kinetik ini masih tergolong sebagai pembangkit listrik tenaga Picohidro, karena daya output yang dihasilkan dibawah 1 kW.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Direktorat Konstruksi dan Energi Baru Terbarukan (EBT), 2013. PT. PLN (Persero).
- [2] Richard Pietersz. Rudy Soenoko. Slamet Wahyudi. "Pengaruh Jumlah Sudu Terhadap Optimalisasi Kinerja Turbin Kinetik Roda Tunggal." Universitas Brawijaya Malang, jurnal Rekayasa Mesin Vol.4, No.2: 93-100 Tahun 2013.
- [3] Asroful Anam. Rudy Soenoko. Denny Widhiyanuriyawan. 2013. Pengaruh Variasi Sudut Input Sudu Mangkok Terhadap Kinerja Turbin Kinetik. Universitas Brawijaya Malang.
- [4] Soenoko. R. Rispingtati. and Sutikno. D. 2011. " *Prototype of a Twin Kinetic Turbine Performance as a Rural Electrical Power Generation* ". Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, University of Brawijaya, Malang, Indonesia, Journal of Basic and Applied Scientific Research 2011.
- [5] Ohoirenan et al, 2012. Variasi Jumlah Sudu mangkok Terhadap Kinerja Turbin Kinetik Roda Tunggal. Universitas Brawijaya Malang. "Seminar Nasional" Science, Engineering and technology" SciETec Fakultas Teknik UB, Malang.
- [6] Ahmad Yani. Slamet Wahyudi. Denny Widhiyanuriyawan. 2012. Pengaruh Variasi Panjang Sudu Mangkok Terhadap Kinerja Turbin Kinetik. Universitas Brawijaya Malang. "Seminar Nasional" Science, Engineering and technology" SciETec Fakultas Teknik UB, Malang.
- [7] Ariadi. H. Nugroho. G. dan Hartono. R. 2011. " Studi numerik dan eksperimental performansi turbin arus air tipe vertikal aksis dengan variasi jumlah blade dan efek aspect ratio ". Teknik fisika fakultas teknologi industry ITS.
- [8] Santoso. D. Yanto. I. dan Marwani. 2011. " Studi eksperimental pada turbin air aliran lintang yang menggunakan sudu helical dengan penampang airfoil ". Prosiding seminar nasional AVoER ke-3 Palembang, 26-27 oktober 2011.
- [9] David L. F. Gaden and Eric L. Bibeau, 2009. *Increasing Power Density of Kinetic Turbines for Cost-effective Distributed Power Generation*. Department of Mechanical and Manufacturing Engineering, University of Manitoba, Canada.
- [10] Zahri K.M dan Bambang, 2010. Pengaruh Tinggi Kincir Air Terhadap Daya dan Efisiensi yang dihasilkan. Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) ke 9 Palembang.
- [11] Vardar Ali and bulent Eker, 2006. *Principle of Rotor Design for Horizontal Axis Wind Turbines*. *Journal off Applied Sciences* 6(7): 1527-1533.
- [12] Arismunandar Wiranto, 2004. Penggerak Mula Turbin, ITB.