

# RANCANG BANGUN TURBIN *BULB* PADA SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA *PICOHYDRO* DI DALAM SALURAN PIPA AIR

## *BULB TURBINE DESIGN AND MANUFACTURE ON PICOHYDRO POWER PLANT SYSTEM IN WATER PIPE LINES*

Muhammad Aslam

M. Ramdhan Kirom, M.Si

Reza Fauzi Iskandar, M.T

Arslan.buchari91@gmail.com

Mramdhankirom@telkomuniversity.ac.id

Rezafauzii@gmail.com

### ABSTRAK

Pemanfaatan saluran penyalur air minum bersih yang dilakukan oleh Prof. J.Chen, et al, selaku ketua tim dari riset sekaligus dosen dari Hongkong University, dengan menggunakan saluran pipa bawah tanah sebagai penghasil sumber daya listrik, sehingga dapat menghidupkan sensor-sensor elektronik dan modul yang digunakan untuk mengawasi kualitas dan kuantitas dari air bersih langsung minum tersebut. Penelitian terhadap turbin jenis *bulb* (bohlam) yang dilakukan oleh tim J.Chen, et al, mengerucut kepada dua jenis turbin saja yaitu, turbin geser berlubang (*drag hollow turbine*) dan turbin geser pejal (*drag solid turbine*).

Dengan adanya penelitian pada turbin jenis *bulb* pembangkit listrik tenaga Pikohidro menjadi lebih menarik, sehingga peneliti bermaksud untuk merancang serta membangun turbin sumbu vertikal (*vertical axis water turbine*) jenis *bulb* pada sistem pikohidro, sebagai penghasil energi listrik yang memanfaatkan aliran sungai dalam pipa saluran air. Dengan harapan besarnya daya listrik yang akan dihasilkan oleh sistem pikohidro ini dapat menghidupkan digunakan untuk penerangan serta penyimpanan energi listrik.

**Kata kunci:** Pikohidro, *vertical axis water turbine* (VAWT), turbin *bulb* (bohlam), *drag hollow turbine*, *drag solid turbine*, *light emitting diode* (LED).

### ABSTRAK

Dealer channel utilization of clean drinking water conducted by Prof. J.Chen, et al, as chairman of the research team and a professor of Hong Kong University, using underground pipelines as a producer of electrical power, so as to turn on electronic sensors and modules that are used to monitor the quality and quantity of fresh water directly drinking. Research on the turbine type of *bulb* (*bulb*) conducted by a team J.Chen, et al, narrowed to only two kinds of turbines that is, the perforated shear turbine (*drag hollow turbine*) and solid shear turbine (*solid drag turbine*).

With the research on turbine type of *bulb* power plants Pikohidro become more attractive, so that the researchers intend to design and build a vertical axis turbine (*vertical axis water turbine*) type of *bulb* on the system pikohidro, as a producer of electrical energy utilizing river flow in the plumbing. With the hope of the amount of electric power to be generated by the system can turn this pikohidro used for lighting and electrical energy storage.

**Keyword:** Pikohidro, *vertical axis water turbine* (VAWT), *bulb turbine* (bohlam), *drag hollow turbine*, *drag solid turbine*, *light emitting diode* (LED).

## 1. Pendahuluan

### 1.1 Latar Belakang

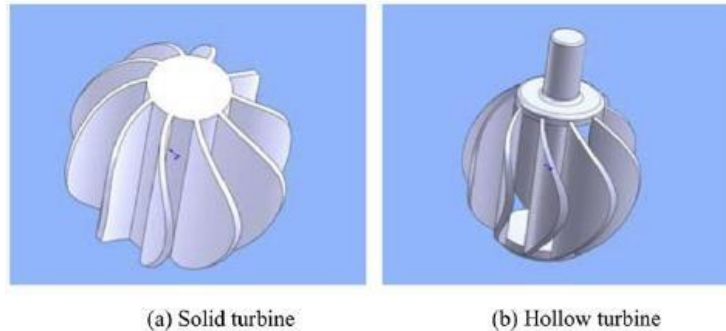
Pada awal tahun 2010, tim peneliti yang dipimpin oleh Prof. Chen et mendapat tantangan dari pemerintah Hongkong untuk membuat sebuah sistem pembangkit listrik skala kecil, sehingga dapat menghidupkan sensor-sensor elektronik yang digunakan untuk *monitoring* kadar serta kebersihan air minum di dalam pipa bawah tanah, dikarenakan jauhnya sumber listrik (listrik konvensional). Prof Chen. Et dan tim melakukan beberapa percobaan terhadap jenis- jenis turbin yang menjadi model pada pembangkit listrik tenaga air dalam skala kecil, namun turbin yang akan digunakan pada saluran air bawah tanah tidak boleh mengganggu kebersihan serta jumlah air yang mengalir sehingga tidak terjadinya kekurangan ataupun keracunan air minum di negara tersebut.

Turbin *bulb* adalah salah satu dari jenis turbin yang digunakan sebagai energi mekanik dalam sistem pembangkit listrik tenaga air. Prof. Dr. Chen et dan tim melakukan penelitian terhadap kemampuan turbin *bulb* untuk beroperasi di dalam saluran air minum di Hongkong. Penelitian yang memakan waktu selama 1 tahun dilakukan melalui dua tahap percobaan, yaitu dengan tahap simulasi software yang kemudian di ikuti dengan percobaan langsung di lapangan.

Bentuk fisik turbin *bulb* yang kecil serta menyerupai bentuk sebuah bohlam(lampu), sangatlah tepat pada sistem pembangkit listrik tenaga air skala kecil yang saya lakukan pada penelitian ini, dengan harapan dapat menghasilkan daya yang cukup untuk penyimpanan serta pemakaian listrik, serta tidak mengganggu aliran arus air yang mengalir pada pipa.

## 2. Dasar teori dan perancangan

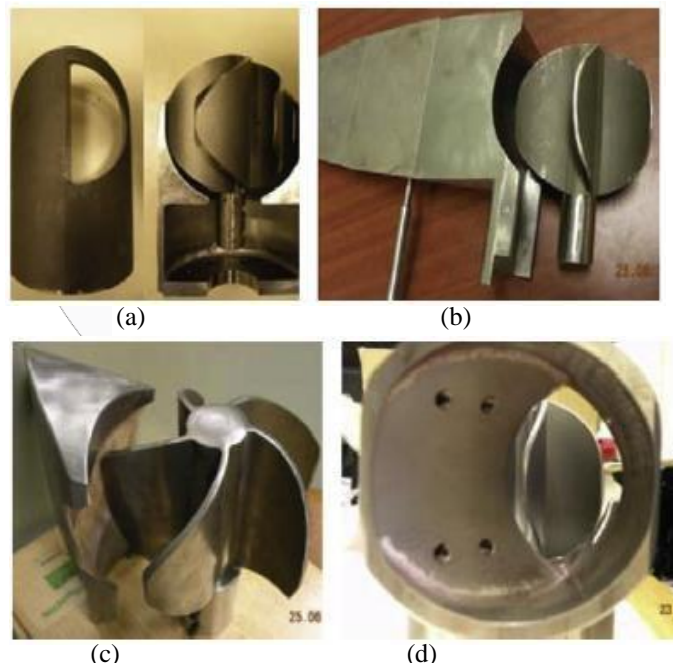
Turbin *bulb* atau lebih dikenal dengan turbin bohlam, dikarenakan bentuk luar yang merupai sebuah lampu bohlam. Dengan kontur fisik yang berbentuk bola, dan jumlah sudu sesuai dengan kebutuhan. Turbin *bulb* ini merupakan turbin yang tepat sebagai penggerak generator dari dalam pipa saluran air dalam penelitian ini. Terdapat dua jenis turbin *bulb*, dengan sudu dan bentuk yang berbeda. Berikut jenis-jenis turbin *bulb*:



Gambar 2.4 Jenis-Jenis Turbin *Bulb*, (Sumber: J. Chen et al, 2012)

Turbin *bulb* pada gambar diatas merupakan kategori turbin yang bekerja dengan menggunakan teknik geser (*drag*). *Drag solid turbine* adalah turbin yang memiliki tiang dalam, atau silinder yang tebal pada bagian tengahnya, sedangkan *drag hollow turbine* tidak memiliki silinder *solid* di tengahnya.

Dalam sistem piko hidro yang akan dibangun ini, dibutuhkan adanya pengarah aliran arus air dalam pipa. Dimana dengan memanfaatkan pengarah (*water block*) aliran air, yang mengarahkan arus tepat mengenai sudu-sudu(*blades*), sehingga turbin *bulb* yang digunakan dapat berputar secara maksimal. Berikut beberapa jenis dari pengarah aliran air yang telah diteliti kegunaannya oleh Prof. J. Chen et al, 2012:



Gambar 2.5. Jenis-Jenis Pengarah Aliran Air (*Water Block*).  
(a) *Vertical Block*, (b) *Long Slanted Block*, (c) *Short Slanted Block*,  
(d) *Eye-Shaped Slanted Block*. (Sumber: J. Chen et al, 2012)

Pada gambar 2.5 terlihat empat jenis pengarah (*water block*) yang di desain khusus untuk mengarahkan serta membantu aliran air agar dapat bertumbukan langsung dengan sudu-sudu (*blades*) dari turbin.

Dengan fungsi dan keuntungan dari masing-masing pengarah (*water block*).

- Vertical Block* atau dikenal dengan pengarah vertikal, yang memiliki bentuk fisik yang hampir serupa dengan sirip ikan hiu, namun dengan bagian ujung yang sengaja dilubangi dengan ukuran (1/4) dari diameter totalnya pada ujung sirip. Yang diletakkan dengan posisi vertikal yang sejajar dengan sumbu dari turbin.
- Long Slanted Block* atau disebut dengan pengarah baling panjang, yang memiliki kontur fisik seperti salah satu dari baling-baling kincir yang digunakan untuk menggerakkan kapal laut. Dengan ketebalan yang diukur agar dapat menempati posisi yang tegak lurus dengan turbin.
- Short Slanted Block* atau dikenal dengan pengarah baling pendek, dimana bentuk fisik yang sama dengan jenis *water block* pada poin (b) diatas. Dengan ukurannya yang pendek membuat air yang mengalir memiliki momentum tumbukan yang lebih besar daripada *long slanted block* diatas.
- Eye-Shaped Slanted Block* atau dikenal dengan sebutan pengarah air berbentuk mata, yaitu dengan bentuk mata yang tajam, jarak yang lebih dekat dengan turbin, serta dengan adanya lubang intip (*peep hole*), menjadikan pengarah air jenis ini sangat efektif baik pada aliran air yang deras maupun sedang, dikarenakan kemampuannya dalam mengarahkan aliran air dengan baik hingga langsung mengenai sudu dari turbin.

## 2.1 Daya Air

Daya atau energi yang dibawa oleh air yang mengalir sangatlah berpengaruh terhadap putaran turbin dan keluaran dari generator, dengan mengatur jumlah debit yang masuk dan ketinggian jatuhnya (mengalir) air yang menuju turbin, maka akan didapatkan nilai daya yang dibawa oleh air tersebut.

Dengan menggunakan persamaan:

$$P = \rho \times g \times Q \times h$$

Diketahui:

$P$  = Daya air (watt)

$\rho$  = Massa jenis air ( $\text{kg/m}^3$ )

$Q$  = Debit air ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

$h$  = Ketinggian jatuh air (*head*) (m)

$g$  =  $9,80665 \text{ m/s}^2$  ( $\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ )

## 2.2 Efisiensi Turbin

Efisiensi turbin ( $\eta$ ) memiliki nilai yang tergantung dari keadaan beban dan jenis turbinnya. Kinerja dari suatu turbin dapat dinyatakan dalam beberapa keadaan diantaranya; tinggi maksimum, tinggi terjun minimum, tinggi terjun normal, dan tinggi terjun rancangan. Pada tinggi terjun rancangan turbin akan memberikan kecepatan terbaiknya sehingga efisiensinya mencapai maksimum.

Dimana perbandingan antara daya keluaran (*output*) yang dihasilkan dengan daya yang masuk pada turbin (*input*), dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\eta = \frac{P_{\text{output}}}{P_{\text{input}}}$$

Dimana :

$\eta$  = Efisiensi turbin (%)

$P_{\text{output}}$  = daya keluaran turbin (watt)

$P_{\text{input}}$  = daya air (watt)

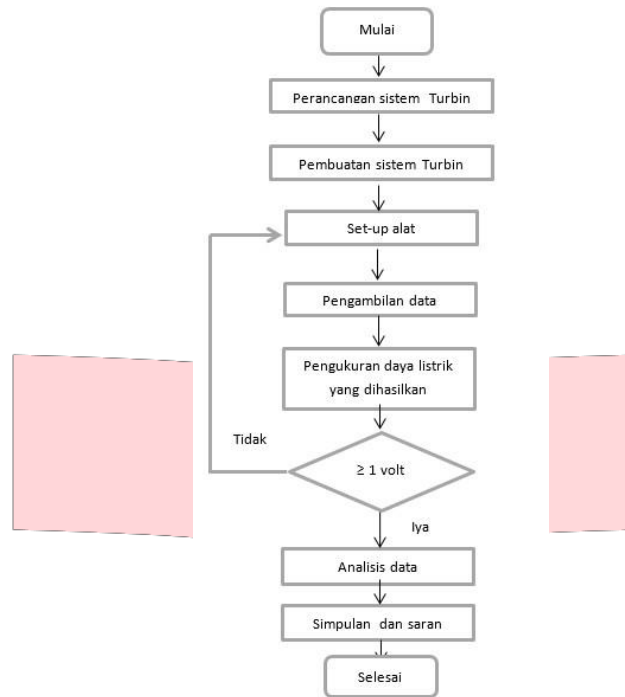
## 3. Pembahasan

Metode penelitian yang dilakukan pada penelitian ini adalah metode kuantitatif, dikarenakan data-data pengukuran dan analisis sangat dibutuhkan dalam perancangan serta manufaktur Turbin *Bulb* (bohlam). Kegiatan yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi perancangan Turbin air, yang memanfaatkan metode reaksi dengan modifikasi Turbin bohlam sebagai peng-konversi tenaga air dalam pipa, menjadi tenaga kinetik pemutar Generator.

Modifikasi yang terdiri dari pembentukan Turbin, yang memiliki sudu sebanyak 12 sudu dengan memakai tipe dasar Turbin Savonius tipe S, yang dibentuk mengikuti kontur fisik sebuah bola atau bohlam (*Bulb*). Pembuatan Turbin, *set up* alat, dan pengambilan data yang dilakukan dengan mengukur besarnya daya listrik yang dihasilkan sistem Piko hidro yang dibangun

### 3.1 Diagram Alur Penelitian

Tahap-tahap pada perancangan dan pengambilan data dari Turbin yang akan dibangun, dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1. Diagram Alur Rancang Bangun dan Analisis Data

Diagram alur pada gambar 3.1, menjadi kerangka penelitian yang akan dilakukan, dengan membuat rancang bangun Turbin yang tepat dan kemudian dihubungkan dengan Alternator AC, untuk membangkitkan daya listrik dari aliran arus air yang mengalir di dalam pipa, sehingga daya listrik yang dihasilkan dapat diukur dan kemudian dilakukan analisis data secara keseluruhan, serta penarikan simpulan beserta saran dari penelitian yang dilakukan.

### 3.2 Rancang Bangun Sistem Turbin

#### 1. Turbin *Bulb*



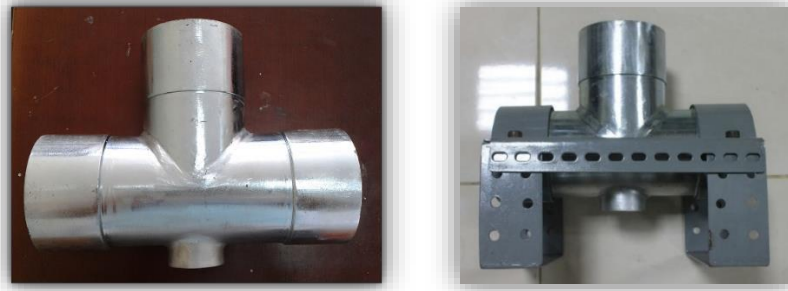
(a)

(b)

Gambar 3.12. Hasil manufaktur, (a) *Turbine Bulb* tipe *Solid* dan (b) tipe *Hollow*

Turbin pada gambar 3.12 terbuat dari besi campuran dan di lapisi cat anti karat yang berwarna hitam dengan teknik pelapisan *powder coating*. Zat anti karat dilapisi pada bagian baling- baling turbin yang akan bersentuhan langsung dengan air yang mengalir pada pipa utama.

2 Pipa sumbu (T)



(a)

(b)

Gambar 3.13. (a) Pipa Sumbu T dan (b) Kerangka dudukan pipa

3 Pengarah aliran air (*water block*)



(a)

(b)

Gambar 3.14. Hasil manufaktur *water block*, (a) tampak depan dan (b) tampak belakang

Pada gambar 3.14, penghalang air (*water block*) terdiri dari dua jenis lubang, dimana lubang yang besar merupakan jalan masuk utama air menuju baling-baling turbin, dan empat lubang kecil berfungsi untuk menjaga aliran air yang masuk tidak mengalami arus balik dalam jumlah besar.

3.3 Manufaktur Komponen pendukung

1. *Bearing one way* (satu arah) dan Dudukan

Pada gambar 3.15, terlihat bearing yang digunakan adalah bearing jenis satu arah (*one way bearing*), untuk menjaga jika terjadinya aliran turbulen yang menyebabkan turbin akan berputar ke arah yang sebaliknya. Bearing diletakkan di dalam dudukan bearing yang sekaligus menjadi penahan air yang melewati turbin agar tidak naik dan masuk ke dalam generator AC.



(a)

(b)

Gambar 3.15. Hasil manufaktur dudukan *bearing*, (a) *one way bearing* dan dudukan, (b) bearing digabungkan dengan dudukan

Setelah pengukuran dan pembubutan dari komponen- komponen Sistem selesai, kemudian dilakukan perakitan sistem secara keseluruhan. Seperti pada gambar di bawah:



Gambar 3.19. Sistem Pembangkit Listrik Skala Piko hidro dengan menggunakan *Turbin Bulb*.

#### 4. Penutup

##### 4.1 Kesimpulan

Berdasarkan data-data yang telah diambil dari ke-empat pengujian yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa tegangan dan besarnya arus listrik sangatlah bergantung kepada jumlah debit yang mengalir di pipa, atau kecepatan arus air. Terlihat pada grafik dari perbandingan antara turbin *bulb* tipe *hollow* dan *solid*, bahwa turbin tipe *hollow*-lah, yang menghasilkan keluaran arus, tegangan, dan daya listrik yang lebih besar.

Perbedaan keluaran yang dihasilkan oleh masing-masing turbin dipengaruhi oleh tipe turbin itu sendiri, dan faktor lingkungan pada saat pengujian, seperti kelembapan udara, temperatur, curah hujan, dan debit air sungai yang mengalir

##### 4.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang dilakukan perlu adanya beberapa hal yang harus diperhatikan dan dilakukan, agar sistem Piko Hidro menjadi lebih efektif dan lebih baik, diantaranya ;

##### 4.2.1 Sistem Pico Hydro

1. Memperhatikan serta memperhitungkan kontur fisik turbin, baik dari segi baling- baling turbin itu sendiri, maupun dari segi manufaktur, sehingga menjadikan turbin lebih efisien dan dapat bekerja dengan baik.
2. Memasang pemutus/penyambung (*valve*) aliran air di dalam pipa pengarah (*inlet*) sehingga aliran arus yang masuk akan lebih stabil dan terkendali.
3. Memakai sensor yang dapat mengendalikan atau memonitor kecepatan air di dalam pipa, suhu lingkungan, dan sensor arus yang *real time*.
4. Mempertajam tikungan air pada saat memasuki *water block* (pengarah aliran yang langsung menuju turbin).
5. Membuat penyaring (*filter*) di ujung (*inlet*) pipa, sehingga dapat menyaring benda-benda yang dapat mengganggu kinerja sistem Piko Hidro.

##### 4.2.2 Alat Pengujian

1. Memakai alat pengukur kecepatan dan debit air (*flow meter*) yang lebih akurat, sehingga akan didapatkannya data yang lebih spesifik terhadap lingkungan secara aktual.
2. Membuat AS (penghubung antara turbin dan generator) lebih panjang, sehingga dapat dihitung jumlah rotasi turbin per-menit (rpm).
3. Membuat kerangka atau tempat untuk menaruh alat-alat ukur dan rangkaian beban yang tahan air (*water resistant*), sehingga menjaga alat pengujian jika terkena/ terjatuh ke dalam air.

##### 4.2.3 Lokasi Pengujian / Penempatan Sistem

1. Membuat bendungan (*dam*) buatan, sehingga dapat menghasilkan aliran air yang dapat diatur.
2. Memiliki (*head*) atau turunan dari jatuhnya aliran air dari bendungan buatan baik yang berkapsitas kecil maupun besar, sehingga akan menghasilkan kecepatan arus air yang lebih besar.
3. Memilih aliran yang lebih bersih, baik dari sampah lingkungan atau pabrik, sehingga menjaga sistem Piko Hidro tetap stabil dan dapat bekerja dengan baik dalam waktu yang lama.

### Daftar Pustaka

- [1].United States Energy Information Administration, for oil production and BP Statistical Review of World Energy, for oil consumption & [www.migas.esdm.go.id](http://www.migas.esdm.go.id)
- [2].*Learn the issues: water*. United States Environmental Protection Agency; 2012.
- [3].Brothers K. *A practical approach to water loss reduction*. Water 2003;21: 54e5.
- [4].Rajani B, Kleiner Y. *Comprehensive review of structural deterioration of water mains: physically based models*. *Urban Water* 2001;3(3):151e64.
- [5].Kleiner Y, Rajani B. *Comprehensive review of structural deterioration of water mains: statistical models*. *Urban Water* 2001;3(3):131e50.
- [6].Rajani B, Zhan C. *On the estimation of frost loads*. *Canadian Geotechnical Journal* 1996;33(4):629e41
- [7].Dikutip dari buku *Hydroelectric Handbook*, William P. Creager and Joel D. Justin, *Second Edition*, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1950, hal. 832.
- [8].Dikutip dari buku *Hydro Power engineering, A Textbook for Civil Engineer*, James J. Doland, D.Sc., *The Ronald Press company*, New York, 1984, hal.77
- [9].Dikutip dari buku *Hydroelectric Handbook*, William P. Creager and Joel D. Justin, *Second Edition*, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1950, hal. 826
- [10]. J. Chen a, H.X. Yang , C.P. Liu , C.H. Lau , M. Lo, 2012

