

PENGEMBANGAN TURBIN POROS TUNGGAL SEMI TERAPUNG TIPE TUNNEL UNTUK MENUNJANG PROGRAM PEMERATAAN LISTRIK NASIONAL

Wahyudi

Program Studi Pendidikan Fisika Jurusan P.MIPA FKIP Universitas Mataram
Jln. Majapahit No. 62 Mataram

Abstraks : Hasil simulasi dengan menggunakan media *CFD*, didapatkan bahwa kinerja turbin terbaik adalah turbin dengan rotor 4 blade, kemudian 3 blade dan 5 blade. Jumlah tingkat paling optimal adalah 2 tingkat. Berdasarkan hasil simulasi dibuat model turbin dan setelah itu diuji coba. Pada pengujian dengan kecepatan arus 0,8 m/s rotor dengan bentuk blade segiempat dapat berputar 60 rpm, sedangkan rotor dengan bentuk blade bundar mampu berputar 130 rpm. Pada pembuatan dan pengujian prototipe di lapangan didapatkan bahwa pada arus air 0,55 m/s rotor turbin poros tunggal mampu berputar 116 rpm, dengan putaran poros generator sebesar 290 rpm dan mampu membangkitkan tegangan 1,3 V.

Kata Kunci : Turbin, Poros Tunggal, Blade

Abstract : Simulation results using *CFD* media, it was found that the best performance of the turbine is the turbine rotor blade 4, then 3 blade and 5 blade. The optimal number of levels is 2 levels. Based on the results of simulations made turbine models and then tested. In testing with flow velocity 0.8 m / s rotor blade with a rectangular shape can be rotated 60 rpm, while the rotor blade with a round shape is capable of rotating 130 rpm. In the manufacture and testing of prototypes in the field it was found that the water flow of 0.55 m / s single-rotor turbine shaft is capable of rotating 116 rpm, with a round shaft generator of 290 rpm and capable of generating voltage 1.3 V.

Keywords : Turbine, Single Axle, Blade

I. PENDAHULUAN

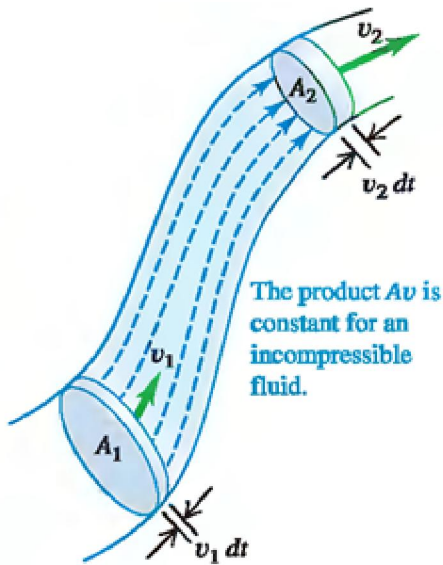
Indonesia diperkirakan memiliki hampir 80.000 buah sungai besar kecil dengan total panjang daerah aliran sungai (DAS) mencapai 1.500.000 km. Kepadatan penduduk di sepanjang DAS diperkirakan 3 kali lipat dibandingkan di wilayah lain di daratan. Hingga saat ini pemanfaatan sungai oleh penduduk yang bermukim di pinggir sungai umumnya baru sebatas untuk sarana transportasi, mandi, dan cuci serta tempat membuang sampah. Padahal sekalipun tanpa terjunan (*zero head*), dengan lebar sungai rata-rata 2,75 m, dan kedalaman 2 m serta kecepatan 2.45 m/s, bagi setiap rumah yang berlokasi di pinggir sungai tersebut, tersedia daya hidrokinetik yang dapat dimanfaatkan untuk pembangkitan energi listrik brutto sebesar 3,371 kilo watt.

Meskipun tersedia daya hidrokinetik yang sangat memadai untuk mensuplai energi listrik bagi setiap rumah penduduk yang bermukim di pinggir kali, namun hingga saat ini pemanfaatan sungai untuk pembangkitan daya listrik masih sangat terbatas sekali. Adapun penyebabnya adalah antara lain, tinggi permukaan air sangat fluktuatif, khususnya di musim penghujan dan musim kemarau. Dengan kondisi ini praktis turbin biasa tak dapat diaplikasikan karena instalasi turbin akan kebanjiran di musim penghujan dan tidak memperoleh air di musim kemarau. Selain itu minimnya teknologi mikrohidro yang murah, yang sesuai dengan karakter sungai-sungai di Indonesia, yang umumnya memiliki fluktuasi tinggi permukaan relatif besar. Sejumlah penelitian yang dilakukan untuk mengembangkan mikro hidro tipe terapung hingga kini belum dapat dikomersialisasi akibat masih rendahnya efisiensi serta kesulitan teknis yang muncul pada pengembangan sistem terapung.

Sejumlah penelitian telah dilakukan terkait dengan turbin *zero head*, di antaranya adalah oleh Optimset

[1] yang meneliti turbin *zero head* poros vertikal. Turbin ini dilaporkan mampu menghasilkan daya 100 W pada kecepatan air 1 m/s. Penelitian sejenis oleh Kalita [2] dilaporkan bahwa hasil penelitiannya mampu menghasilkan daya 2 kW pada kecepatan air 2 m/s. Di dalam negeri penelitian ini telah dilakukan oleh Kaliwantoro [3] yang mencoba mengembangkan model turbin terapung terbuat dari paduan bahan plastik dan PVC. Rotor yang digunakan berasal dari tipe Banki berjumlah 12 blade dengan lebar 30 cm serta diameter dalam dan diameter luar masing-masing 20 cm dan 35 cm. Pelampung terbuat dari pipa PVC berdiameter 4 inci dengan panjang 75 cm. Akan tetapi penelitian model turbin terapung yang cukup menjanjikan tersebut di mana desain rotornya didasarkan pada 3 buah penelitian pendahuluan yang masing-masing mengkaji tentang jumlah blade, kelengkungan blade serta bentuk blade paling optimal tersebut akhirnya harus dihentikan karena keterbatasan biaya.

Untuk mempercepat laju aliran air yang akan menerpa turbin, maka konstruksi turbin perlu diperhatikan. Untuk itu dipergunakan prinsip kontinuitas aliran fluida (dalam hal ini aliran air), yaitu debit air yang masuk pada salah satu penampang pipa akan sama dengan debit air yang keluar di salah satu pipa yang lain. Berdasarkan prinsip ini, turbin didesain akan berbentuk tunnel, di mana semakin ke belakang diameter pipa semakin mengencil. Model konstruksi ini bertujuan untuk meningkatkan kecepatan aliran air, yang selanjutnya dapat meningkatkan kecepatan putar turbin. Tinjau fluida inkompresibel yang mengalir dalam pipa dengan luas penampang yang berbeda seperti pada gambar 1 di bawah ini [4].



Gambar 1. Aliran air dalam pipa yang berdiameter tidak sama

Fluida mengalir dari titik 1 dalam waktu Δt . Jika laju fluida di titik 1 adalah v_1 dan luas penampang pipa A_1 , maka volume yang mengalir ke dalam pipa dalam waktu Δt adalah $\Delta V = A_1 v_1 \Delta t$. Karena fluida dianggap inkompresibel, maka volume fluida yang sama harus mengalir pada titik 2. Jika laju fluida di titik 2 adalah v_2 dan luas penampang pipa A_2 , maka volume yang mengalir ke dalam pipa dalam waktu Δt adalah $\Delta V = A_2 v_2 \Delta t$. Dengan demikian didapatkan persamaan

$A_2 v_2 = A_1 v_1$, sehingga $v_2 = \frac{A_1}{A_2} v_1$. Karena $A_1 > A_2$, maka v_2 akan lebih besar dari v_1 . Dengan demikian, secara teoritis kecepatan aliran fluida bisa ditingkatkan.

Berdasarkan uraian di atas, Peneliti tertarik untuk mengembangkan sistem mikrohidro terapung sebagai alternatif untuk pengadaan listrik murah khususnya bagi masyarakat yang bermukim di pinggir atau di dekat sungai. Sistem yang akan dikembangkan dalam penelitian ini merupakan mikrohidro berbentuk *tunnel* semi terapung. *Casing* berbentuk *tunnel* yang semakin mengecil ke arah belakang sehingga energi dapat difokuskan ke arah rotor.

Adapun karakteristik dari sistem mikrohidro semi terapung tipe *tunnel* adalah sebagai berikut:

1. Rotor dan stator tipe aksial bertingkat, dengan harapan konversi energi hidrokinetik menjadi energi kinetik rotor bisa berlangsung lebih maksimal.
2. Turbin diatur pada posisi tepat tenggelam, yakni permukaan atas casing tepat segaris dengan permukaan air. Dengan kondisi ini turbin berada pada posisi optimal dalam menangkap air yang mengalir pada kecepatan puncaknya. Posisi tepat tenggelam ini diatur dengan bantuan pelampung berbentuk hidrodinamis untuk mengurangi beban torsi yang dialami lengan ayun dan kerangka statis.
3. Turbin dihubungkan dengan sebuah lengan berayun yang memungkinkan turbin bergerak

naik turun mengikuti fluktuasi permukaan air sungai serta lengan geser yang dihubungkan dengan kerangka statis di darat sehingga memungkinkan turbin ditarik ke pinggir saat terjadi banjir bandang ataupun di saat dilakukan perawatan/perbaikan

4. Generator ditempatkan di atas casing sedemikian sehingga tidak terkena air.

Bagian-bagian dari mikrohidro ini direncanakan akan dibuat dengan tetap memegang prinsip kesederhanaan dengan pemakaian bahan ataupun komponen yang mudah didapat. Tujuannya selain agar murah, juga agar masyarakat yang tinggal di pedalaman dapat merawat serta memperbaiki sendiri instalasi saat terjadi kerusakan.

Adapun tujuan dari penelitian ini untuk merekayasa teknologi berupa turbin semi terapung tipe tunnel berporos tunggal sebagai sarana untuk membantu khususnya masyarakat yang bermukim di pinggir sungai agar dapat memperoleh listrik murah dengan memanfaatkan aliran air di sungai di sekitar rumah. Upaya ini sekaligus sebagai dukungan merealisasikan program pemerataan listrik bagi daerah terpencil yang banyak dijumpai di luar Jawa-Bali.

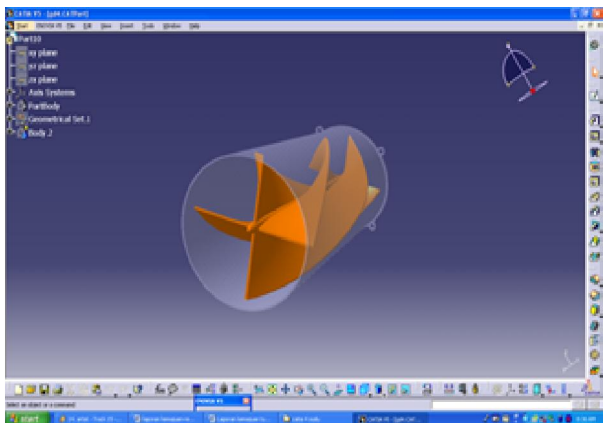
II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini terdiri dari tiga tahap, yaitu:

- 1) Analisis model dengan menggunakan media *CFD Fluent*, yang dilakukan di Laboratorium Desain Teknik Mesin Universitas Diponegoro.
- 2). Pembuatan serta pengujian model pada skala laboratorium, dilaksanakan pada instalasi simulasi sungai yang terdapat di Laboratorium Hidrodinamika Fakultas Teknik Universitas Mataram. Fokus pengkajian terbagi ke dalam 4 bagian utama, yakni pengkajian untuk menentukan model rotor dan stator, jumlah tingkat serta bentuk rangkaian *casing* dan pelampung.
- 3). Pegujian model di lapangan, dalam hal ini di aliran sungai Bug-bug.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis model dengan menggunakan media *CFD Fluent*, yang dilakukan di Laboratorium Desain Teknik Mesin Universitas Diponegoro di dapatkan bahwa konfigurasi paling optimal untuk turbin tunnel tipe aksial adalah rotor dengan jumlah blade 4, bentuk blade bundar dan sudut serang yang besar serta jumlah tingkat 2 buah, seperti pada gambar 2, di bawah ini.



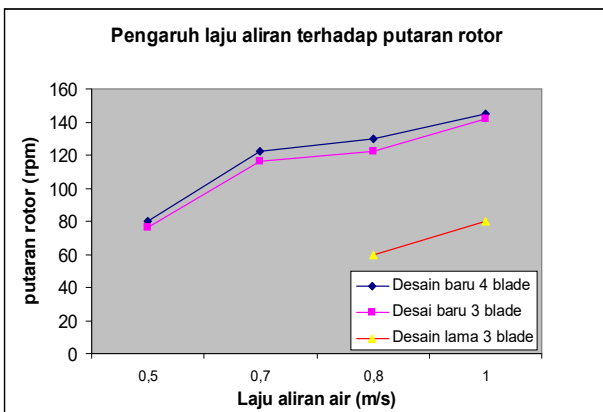
Gambar 2. Desain Guide Vane 4 Blade 2 Tingkat

Berdasarkan hasil analisis model tadi, kemudian dibuat dan diuji pada skala laboratorium, yang dilaksanakan pada instalasi simulasi sungai yang terdapat di Laboratorium Hidrodinamika Fakultas Teknik Universitas Mataram. Rotor dibuat dari bahan resin yang cetak dengan cetakan semen, seperti gambar 3 di bawah ini.



Gambar 3. Rotor dengan 4 Blade

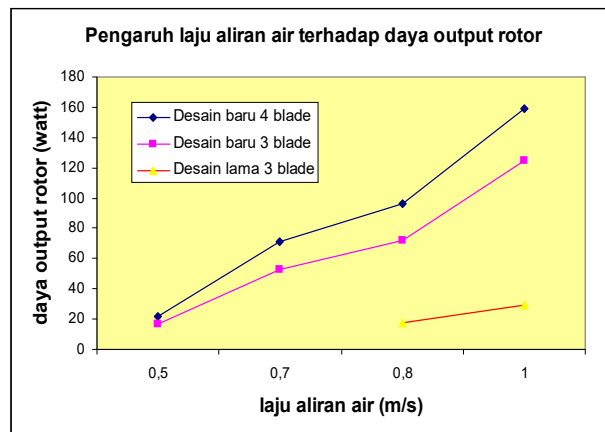
Adapun hasil pengujian hubungan antara laju aliran air (dalam m/s) terhadap kecepatan sudut rotor (dalam rpm) adalah seperti dalam gambar 4 di bawah ini.



Gambar 4. Pengaruh laju aliran terhadap putaran rotor

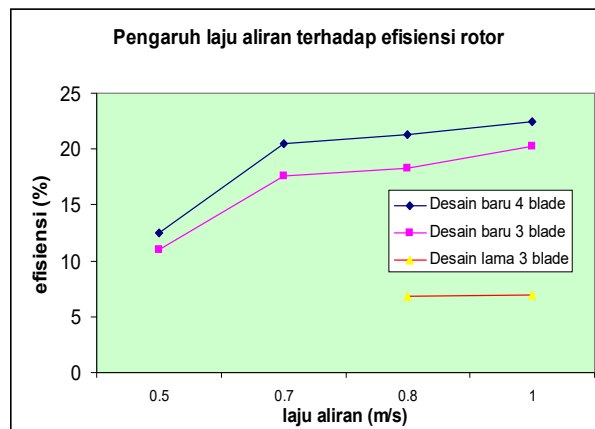
Dari gambar 4 terlihat, desain dengan 4 blade lebih optimal pengaruhnya terhadap kecepatan sudut rotor. Hal ini sesuai dengan hasil simulasi dengan menggunakan media CFD.

Sementara hasil uji laju aliran air terhadap daya output rotor adalah seperti gambar 5 di bawah ini.



Gambar 5. Pengaruh laju aliran terhadap daya output rotor

Tampak, rotor dengan 4 blade menghasilkan daya output yang lebih optimal dari pada 3 blade. Sementara itu hasil uji aliran air terhadap efisiensi rotor adalah seperti gambar 6 di bawah ini.



Gambar 6. Pengaruh laju aliran terhadap efisiensi rotor

Tampak dalam gambar 6, efisiensi turbin yang paling optimal adalah desain turbin dengan 4 blade.

Untuk memperkecil distorsi, pengujian selain dilakukan pada instalasi simulasi sungai, juga dilakukan langsung pada saluran irigasi yang berada di desa Bug-Bug Kecamatan Lingsar dengan lebar 4,4 m. Turbin didesain untuk beroperasi pada kecepatan air minimal 0,8 m/s yang diharapkan dapat memutar generator pada kecepatan putar ambang sebesar 600 rpm. Pada pengujian yang dilakukan di bengkel kerja Toko Bandung, Yogyakarta pada kecepatan sebesar 600 rpm generator dengan daya maksimal 3000 W yang telah dimodifikasi tersebut mampu membangkitkan daya sebesar 500 W. Akan tetapi saat dilakukan percobaan, ternyata mengalami kendala, yaitu memasuki musim kemarau, sehingga kecepatan air yang biasanya mendekati 1,5 m/s, turun menjadi maksimal hanya 0,3 m/ssampai 0,55 m/s. Karena

arus air jauh di bawah arus desain turbin, maka rotor pada turbin poros tunggal hanya mampu berputar 116 rpm dengan putaran poros generator sebesar 290 rpm. Akibatnya generator hanya mampu membangkitkan tegangan 1,3 Volt. Sekalipun belum mampu menghasilkan listrik dari generator berdaya 3000W, namun daya putar turbin jauh lebih baik dari turbin hasil percobaan Davis dkk di mana pada penelitian mereka baling-baling turbin hanya mampu berputar 30 rpm pada kecepatan air sebesar 1m/s.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari penelitian ini dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Konfigurasi paling optimal untuk turbin tipe tunnel tipe aksial adalah rotor dengan jumlah blade 4, bentuk blade bundar dengan sudut serang yang besar serta jumlah tingkat 2 buah.
2. Akibat sudah memasuki musim kemarau, maka kecepatan arus air tidak sesuai yang diharapkan, yakni antara 0,3 m/s sampai 0,55 m/s.
3. Karena arus air jauh di bawah arus desain turbin, maka rotor pada turbin bertingkat poros tunggal hanya berputar 116 rpm dengan putaran poros generator sebesar 290 rpm, dan generator mampu membangkitkan tegangan 1,3 V.

DAFTAR PUTAKA

- [1] Omptimset. *Zero Head Hydro Turbine*. www.technology4sme.net, diakses tanggal 12 April 2007
- [2] Kalita, N. *Turbine Zero Head*. <http://www.nif.org.in/>, diakses tanggal 12 April 2007
- [3] Kaliwantoro dan Husen. 2006. *Pengaruh Bentuk Blade Terhadap Kinerja Turbin Cross Flow*. Laporan Penelitian Fakultas Teknik Unram
- [4] Young, Freedman 2007, *University Physics with Modern Physics*, PearsonAddison Wesley New York.