

Split Turbin Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Air Mikro

Darwin Rio Budi Syaka^{*}, Edward Leonard dan Dyah Arum Wulandari

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta,
Rawamangun Muka, Jakarta, 13220

^{*}Korespondensi penulis: darwin_syaka@yahoo.com

Abstrak

Indonesia yang beriklim tropis dengan curah hujan yang tinggi serta kondisi topografi bergunung-gunung cukup banyak memiliki aliran sungai yang berpotensi untuk dikembangkan sebagai pembangkit listrik. Potensi ini sebagian besar tersebar di daerah pedesaan, sementara itu masih banyak penduduk desa yang belum menikmati energi listrik, sehingga sangat tepat untuk mengembangkan pembangkit listrik tenaga air mikro. Beberapa kendala pengembangan pembangkit listrik tenaga air mikro antara lain adalah bahwa sebagian besar aliran sungai yang ada memiliki *head* yang rendah sementara itu, biaya investasi untuk turbin dengan *head* rendah masih cukup tinggi. Berdasarkan uraian tersebut maka, penggunaan aliran sungai yang memiliki *head* rendah akan membantu dalam de-sentralisasi pembangkit listrik dan membantu daerah terpencil. Namun demikian perlu adanya upaya lebih lanjut yang dilakukan untuk dapat menurunkan biaya sistem pembangkit listrik tenaga air mikro, khususnya pada turbin untuk *head* rendah yang sederhana dengan biaya investasi terjangkau. Oleh karena itu, penelitian ini ditujukan untuk mengeksplorasi karakteristik kinerja turbin reaksi sederhana jenis split untuk pembangkit listrik air mikro. Fokus utama Penelitian ini adalah pada perancangan dan eksperimen turbin air reaksi sederhana yang bekerja pada kisaran mikro yaitu untuk diaplikasikan pada *head* (h) yang rendah. Split turbin dibuat dari bahan pipa PVC 3 inch dengan panjang 35 mm yang dipotong menjadi dua buah bagian sehingga membentuk setengah lingkaran. Pompa digunakan untuk menguji split turbin ini dari jenis *non-positive-displacement* dengan *input* daya 125 watt dan memiliki debit 19 liter permenit. Sedangkan untuk generator di gunakan generator DC tipe *continous duty* yang menghasilkan tegangan maksimal sebesar 16 volt dan arus 4,1 ampere. Pengujian dilakukan dengan mengkonversi tekanan dari pompa sebagai *head* (h) kerja turbin. Tiga buah lampu LED diberikan sebagai pembebanan untuk mengetahui arus yang dihasilkan. Pada pengujian split turbin digunakan beberapa alat ukur, diantaranya yaitu flowmeter, tachometer, multimeter yang digunakan untuk mengukur tegangan dan arus, serta manometer U yang digunakan untuk mengukur tekanan air yang hasilnya. Hasil dari percobaan di ketahui bahwa penambahan beban pada generator turbin dipengaruhi oleh besarnya debit air yang menyebabkan daya menjadi berkurang, selain itu juga besarnya debit air yang masuk kedalam turbin dapat mempengaruhi jumlah putaran turbin permenit sehingga memberi pengaruh pula pada daya listrik yang dihasilkan.

Keywords: tenaga air mikro, split turbin, head rendah, generator

Pendahuluan

Seiring dengan perkembangan teknologi, kebutuhan akan energi semakin meningkat pula, sehingga energi merupakan suatu unsur yang sangat penting dalam kehidupan. Oleh karenanya pemanfaatan energi secara tepat guna akan menjadi suatu cara yang ampuh dalam mengatasi perkembangan tersebut.

Sebagian besar negara di dunia ini termasuk di Indonesia, suplai energi listriknya masih mengandalkan pembangkit listrik berbahan bakar fosil yakni minyak bumi, gas alam dan batu bara, yang terbatas jumlahnya di alam dan suatu saat akan habis, sementara permintaan akan energi tersebut terus bertambah. Oleh karenanya, pemanfaatan energi dewasa ini sudah diarahkan pada penggunaan energi

terbarukan yang ada di alam. Misalnya energi panas bumi, energi angin, energi matahari, dan energi air.

Tenaga air adalah energi yang diperoleh dari air yang mengalir. Energi yang dimiliki air dapat dimanfaatkan dan digunakan dalam wujud energi mekanis maupun energi listrik. Pembangkit listrik tenaga air memiliki beberapa klasifikasi tertentu yang salah satunya berdasarkan kapasitas atau daya yang dihasilkan, yakni PLTA (pembangkit listrik tenaga air), PLTM (pembangkit listrik tenaga minihidro), PLTMH (pembangkit listrik tenaga mikrohidro). Mikrohidro adalah pembangkit listrik berskala kecil yakni kurang dari 100 kW (Dandekaar, 1997).

Indonesia dengan wilayahnya yang beriklim tropis dengan curah hujan yang tinggi dan kondisi topografi yang bergunung-gunung cukup banyak memiliki

aliran sungai yang berpotensi untuk dikembangkan sebagai pembangkit listrik. Potensi ini sebagian besar tersebar di daerah pedesaan, sementara masih banyak penduduk desa yang belum menikmati energi listrik, namun demikian, berdasarkan pada potensi pembangkit listrik tenaga air di beberapa negara ternyata, ternyata pemanfaatan tenaga air di Indonesia kurang dari 5% dan ini masih dibawah Filipina, Papua N.G dan Malaysia, hal ini sebagian besar dikarena kurangnya infrastruktur teknis (Waddell dan Bryce, 1999). sehingga sangat tepat untuk mengembangkan pembangkit listrik tenaga air mikro.

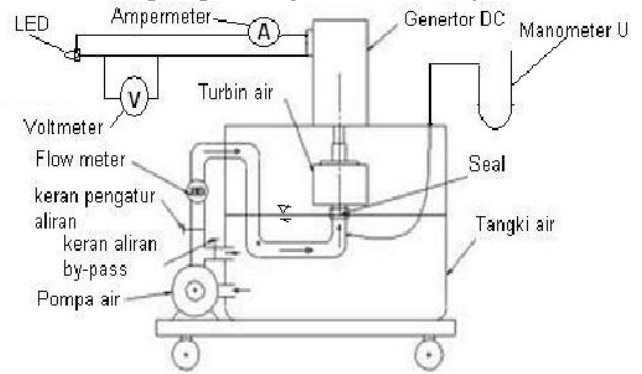
Aliran sungai yang ada di pedesaan pada umumnya memiliki head yang rendah, untuk itu pembangkit listrik tenaga air mikro sangat cocok untuk diaplikasikan. Beberapa penelitian yang mencoba memanfaatkan pembangkit listrik tenaga air mikro dengan memanfaatkan pompa sebagai turbin tinjauan teoritisnya telah dilakukan oleh Ramos dan Borga (1999). Furukawa dkk. (2010) dengan menggunakan desain turbin air jenis Darrieus mendapatkan efisiensi hingga 60% pada pembangkit listrik tenaga air mikro untuk head rendah, namun pembuatan turbin jenis darrieus ini memerlukan ketelitian yang cukup tinggi. Efisiensi yang lebih tinggi hingga mendekati 70% dari pembangkit listrik tenaga air mikro didapat dengan menggunakan turbin aliran aksial yang cukup rumit yakni dari jenis turbin Agnew (Yassi dan Hashemloo, 2010).

Berdasarkan beberapa hal yang telah dikemukakan tersebut, maka salah satu kendala pengembangan pembangkit listrik tenaga air mikro ada pada tingginya biaya investasi untuk turbin dengan head yang rendah. Studi untuk mendapatkan turbin reaksi hidro sederhana dengan biaya yang murah untuk pembangkit listrik yang dilakukan oleh Date dan Akbarzadeh (2009) telah menginspirasi perlunya dikembangkan turbin yang sederhana, murah, dan efisien. Oleh karena itu, tujuan penelitian ini adalah untuk mengembangkan turbin dengan head yang rendah namun sederhana, murah dan efisien.

Metoda Eksperimen & Fasilitas Yang Digunakan

Pengujian Split turbin dilakukan di Laboratorium Otomotif Teknik Mesin Universitas Negeri Jakarta. Gambar 1 memperlihatkan skema alat uji yang digunakan. Pompa digunakan untuk menguji split turbin ini dari jenis *non-positive-displacement* dengan *input* daya 125 watt dan memiliki debit 19 liter permenit. Sedangkan untuk generator di gunakan generator DC *tipe continous duty* yang menghasilkan tegangan maksimal sebesar 16 volt dan arus 4,1 ampere. Pengujian dilakukan dengan mengkonversi

tekanan dari pompa sebagai *head* (h) kerja turbin.



Gambar 1. Skema alat uji Split Turbin

Tiga buah lampu LED diberikan sebagai pembebanan untuk mengetahui arus yang dihasilkan. Split turbin dibuat dari bahan pipa PVC 3 inch dengan panjang 35 mm dan tebal 3,5 mm yang dipotong menjadi dua buah bagian sehingga membentuk setengah lingkaran, yang disusun saling berhadapan. Pembuatan tersebut dilakukan dengan cara memotong sebuah pipa PVC menjadi dua belah bagian yang sama sehingga membentuk setengah lingkaran sebagai nosel keluar turbin kemudian digabungkan pada dua buah lempengan yang terbuat dari bahan POM dengan diameter dari lempengan itu adalah 110 mm dan tebal 7 mm. Pada lempeng penutup bagian bawah di bentuk lubang masuknya air yang juga sebagai tempatkan seal untuk mencegah kebocoran air sehingga terbentuk seperti gambar 2 berikut ini.



Gambar 2. Split Turbin

Pada pengujian split turbin digunakan beberapa alat ukur, diantaranya yaitu laju aliran air diukur dengan menggunakan flowmeter merk Westechaus, dimana Pengukuran dilakukan dengan menghitung jumlah air yang mengalir (liter) dalam setiap menit, yang kemudian dikonversikan menjadi kecepatan aliran air didalam pipa. kecepatan putar dari turbin dalam rpm diukur dengan menggunakan tachometer digital merk Constant. Adapun multimeter digital merk Constant digunakan untuk mengukur tegangan dan arus, serta manometer raksa U yang digunakan untuk mengukur tekanan air dalam aliran.

Berikut ini merupakan prosedur pengujian yang dilakukan:

1. Menempatkan manometer U pada posisi 0.

2. Mengukur luas penampang sudu keluar nosel turbin.
3. Menyalakan pompa dengan berbagai macam tekanan air dalam pipa (8, 9, 10, 11 dan 12 cmHg). Kemudian mengkonversikan satuan cmHg ke pascal
4. Mengukur kecepatan air di dalam pipa dengan flowmeter.
5. Mengamati putaran turbin dan mencatat putaran yang dihasilkan.
6. Mengukur daya generator yang dihasilkan oleh turbin tersebut dengan memberi beban lampu LED dan menggunakan Multitester.

Potensi daya yang dimiliki aliran air sebelum memasuki turbin dapat dinyatakan dalam persamaan:

$$P_{teoritis} = Q.p \tag{1}$$

Sementara itu daya aktual dari turbin di dapat dari mengalikan tegangan dan arus hasil dari pengukuran seperti yang dinyatakan dalam persamaan berikut:

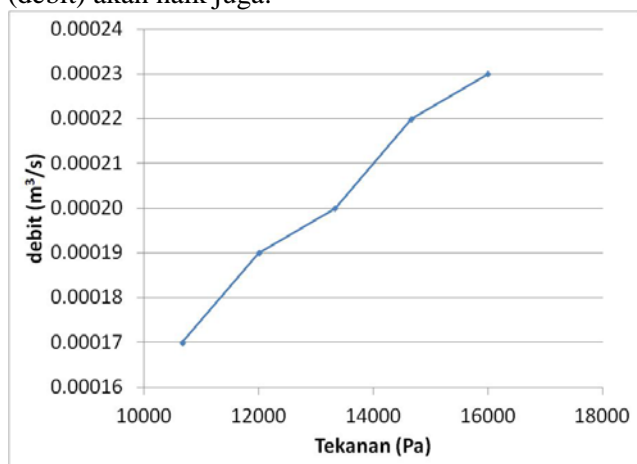
$$P_{aktual} = V.I \tag{2}$$

Sehingga efisiensi dari turbin yakni kemampuan turbin untuk mengubah potensi daya menjadi keluaran daya dapat dinyatakan sebagai:

$$\eta = \frac{P_{aktual}}{P_{teoritis}} \tag{3}$$

Hasil dan Pembahasan

Parameter yang dikendalikan pada saat pengambilan data adalah tekanan air saat memasuki turbin. Pengaturan tekanan ini dilakukan dengan cara mengontrol keran pengatur aliran dan keran *by-pass*. Oleh karena itu, seperti yang ditunjukkan pada gambar 3, apabila tekanan dinaikkan, maka hal ini akan menyebabkan laju volume air per satuan waktu (debit) akan naik juga.

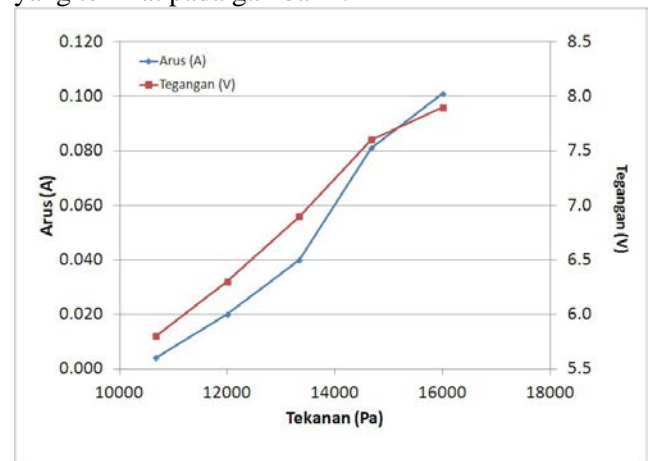


Gambar 3. Perbandingan debit dengan tekanan air masuk turbin

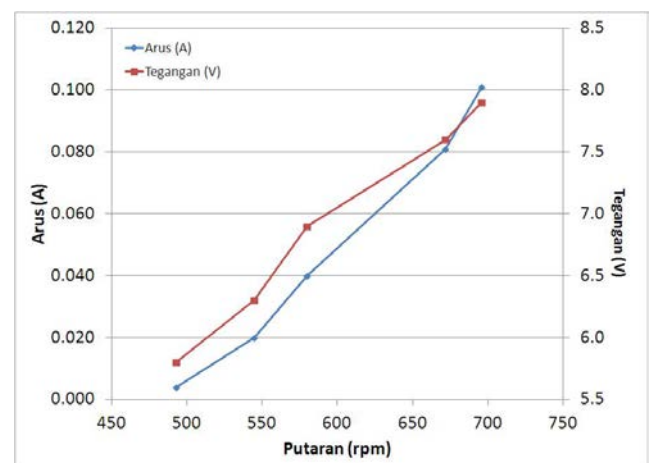
Penambahan tekanan dan debit aliran air ini akan berpengaruh langsung kepada daya teoritis ($P_{teoritis}$). Hal ini karena $P_{teoritis}$ sebanding dengan debit dan tekanan air masuk turbin seperti yang dinyatakan

dalam persamaan (1). Sehingga $P_{teoritis}$ akan naik seiring dengan naiknya tekanan air masuk turbin, seperti yang dapat dilihat pada gambar 5.

Sementara itu untuk menghitung daya aktual (P_{aktual}) digunakan persamaan (2), dimana daya aktual didapatkan dengan cara memberikan beban pada generator DC berupa lampu LED, sehingga dapat diukur baik arus maupun tegangan listrik-nya. Adapun pengaruh tekanan air masuk turbin terhadap arus dan tegangan listrik dapat dilihat pada gambar 4. Naiknya arus dan tegan listrik generator DC seiring dengan naiknya tekanan karena dengan naiknya tekanan air maka debit aliran air-nya pun akan bertambah besar (gambar 3), sehingga putaran turbin pun akan bertambah cepat. Fenomena ini di tunjukkan pada gambar 5, dimana pada gambar 5 tersebut terlihat bahwa kenaikan arus dan tegangan listrik seiring dengan naiknya putaran turbin identik dengan kenaikan arus dan tegangan listrik karena naiknya tekanan air yang memasuki turbin seperti yang terlihat pada gambar 4.



Gambar 4. Perbandingan arus dan tegangan listrik terhadap tekanan air masuk turbin

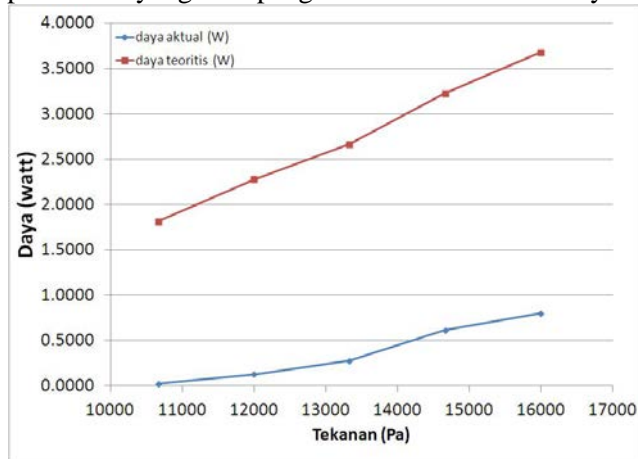


Gambar 5. Perbandingan arus dan tegangan listrik terhadap putaran turbin

Berikut ini pada gambar 6, merupakan grafik Perbandingan daya teoritis dan daya aktual. Pada kurva perbandingan daya teoritis dan daya aktual di atas dapat dijelaskan bahwa pada kedua kurva daya tersebut baik daya aktual maupun daya teoritis naik

seiring dengan naiknya tekanan air yang masuk ke dalam rotor.

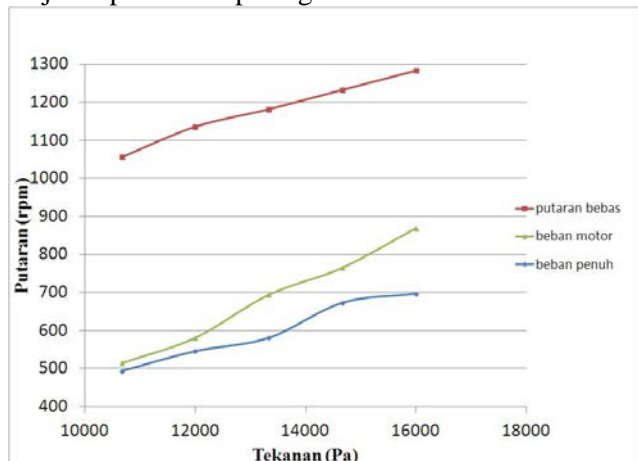
Namun terdapat perbedaan jumlah peningkatan daya, Hal ini di karenakan pada daya aktual terjadi banyak *losses* atau kerugian yang di sebabkan karena gesekan air di dalam pipa, beban motor DC dan beban lampu. Sedangkan untuk daya teoritis, daya di hitung tanpa atau dengan mengabaikan adanya *losses* pada generator dan beban-beban lainnya sehingga terjadi perbedaan yang cukup signifikan diantara keduanya.



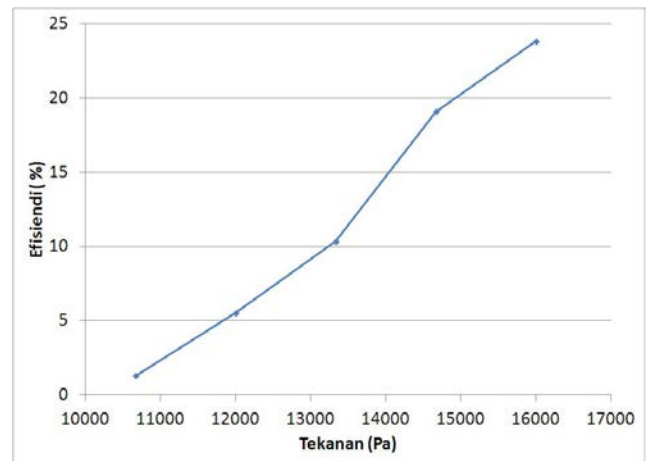
Gambar 6. Perbandingan Daya Teoritis dan Daya Aktual

Di dalam pengujian, putaran rotor di uji dengan tiga variasi pengujian, yakni pengujian Turbin dalam keadaan bebas (tanpa beban), Turbin dengan beban motor DC, dan turbin dengan beban penuh (motor DC dan 2 LED).

Pada gambar 7 dapat terlihat bahwa untuk turbin dalam kondisi putaran bebas (tanpa beban), peningkatan putaran poros turbin sebanding dengan tekanan air, hal ini disebabkan karena turbin tersebut tidak dipengaruhi oleh beban apapun yang dapat menyebabkan *losses* sehingga turbin dapat berputar cukup stabil. Untuk kurva turbin dengan beban motor dan turbin dengan beban penuh jika dibandingkan dengan kurva turbin tanpa beban terlihat perbedaan jumlah putaran yang lebih sedikit jumlahnya, hal ini dikarenakan *losses* pada motor DC dan lampu. Penjelasan mengenai pengaruh *losses* untuk lebih lanjut dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 7. Pengujian putaran turbin terhadap masing-masing beban



Gambar 8. Kurva Efisiensi Mekanik

Pada gambar 8 terlihat bahwa terjadi peningkatan efisiensi mekanik, hal ini disebabkan karena beberapa factor antara lain: tekanan air yang terkumpul sangat baik didalam rotor, penerusan daya putaran pada bantalan turbin dari setiap tekanan, serta karakteristik pada motor DC itu sendiri yang merupakan alat pembangkit listrik.

Berdasarkan pengujian, motor DC yang sedang dipakai memiliki tipe karakteristik dimana baru dapat menghasilkan listrik secara maksimum bila digunakan pada tingkat kecepatan putar yang tinggi. Untuk itu dalam hal ini perlu adanya pengkajian dan analisa lebih lanjut didalam pemilihan motor DC sebagai pembangkit listrik, agar dapat disesuaikan dengan karakteristik dari split turbin itu sendiri.

Kesimpulan

Penelitian ini berkonsentrasi pada pengembangan desain turbin untuk head dan debit aliran air rendah yang sederhana, terbuat dari bahan yang murah dan mudah didapat dengan proses pembuatan yang tidak memerlukan keterampilan khusus.

Hasil dari percobaan di ketahui bahwa penambahan beban pada generator turbin dipengaruhi oleh besarnya debit air yang menyebabkan daya menjadi berkurang, selain itu juga besarnya debit air yang masuk kedalam turbin dapat mempengaruhi jumlah putaran turbin permenit sehingga memberi pengaruh pula pada daya listrik yang dihasilkan.

Selain itu, daya dan efisiensi yang dihasilkan oleh split turbin ini masih kecil, sehingga perlu dikembangkan lebih lanjut desain turbin dan generator yang lebih baik.

Nomenklatur

I Arus listrik (ampere)

P	Daya (watt)
p	Tekanan (pascal)
Q	Debit aliran (m^3/s)
V	Tegangan listrik (volt)

Greek letters

η	Efisiensi
--------	-----------

Subscripts

Teoritis	Teoritis hasil perhitungan
aktual	Yang sebenarnya

Referensi

Dandekaar, M. Pembangkit listrik tenaga air. Universitas Indonesia (1991)

Date, A. & Akbarzadeh, A. Design and cost analysis of low head simple reaction hydro turbine for remote area power supply. *Renewable Energy*, Vol. 34, 409–415 (2009)

Furukawa, A. Watanabe, S. Matsushita, D. & Okuma, K. Development of ducted Darrieus turbine for low head hydropower utilization. *Current Applied Physics*, Vol. 10, S128–S132 (2010)

Ramos, H. & Borga, A. Pumps as turbines: an unconventional solution to energy production. *Urban Water*, Vol. 1, 261±263 (1999)

Waddell, R. & Bryce, P. Micro-hydro systems for small communities. *Renewable Energy*, Vol. 16, 1257-1261 (1999)

Yassi, Y. & Hashemloo, S. Improvement of the efficiency of the Agnew micro hydro turbine at part loads due to installing guide vanes mechanism. *Energy Conversion and Management*, Vol. 51 1970–1975 (2010).