

Studi Perencanaan, Pembuatan Dan Pengujian Turbin Aliran Aksial *Head* Rendah

Mursalin¹, Ahmad Syuhada², Hamdani²

¹⁾ Program Keahlian Teknik Mesin, SMK Negeri 1 Bireuen
Jl. Taman Siswa No. 2, Geulanggang Baro, Bireuen 24251
E-mail: abi_moer@yahoo.co.id

²⁾ Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala
Jl. Tgk. Syeh Abdul Rauf No. 7, Darussalam Banda Aceh 23111
Email: hamdani_umar@yahoo.com

Abstract

The study is done to get an axial low head turbine design that gave good performance by using flat blade to further simplifying manufacture. The study is consists of three stages. First, designing an axial low head turbine. Second, manufacturing it and the last, testing on turbine performance. The testing that conducted to 3 m head use three kind of discharges, 0,14 l/s, 0,12 l/s, and 0,10 l/s. Three kinds of runners with blade angle, 30°, 35°, and 40° are also use in the testing. Based on the result of the test, it is known that the best efficiency, 76%, turbine rotation on 613 rpm and power 2,013 kW is given by the blade angle 40°.

Keywords: axial turbine, flat blade, low head, discharge.

1. Pendahuluan

Listrik merupakan salah satu kebutuhan primer di era modern saat ini. Kebutuhan listrik tidak lagi hanya dimonopoli oleh masyarakat perkotaan, tapi juga sudah menjadi kebutuhan sehari-hari semua masyarakat, bahkan masyarakat pedesaan sekalipun. Sayangnya, stabilitas arus listrik untuk para konsumen di tanah air belum memuaskan. Disamping voltasenya yang masih tidak stabil, listrik yang diterima masyarakat juga sering padam secara tiba-tiba. Bagi mereka yang menggantungkan usahanya dari energi listrik, kondisi ini sangat merugikan produktivitas usaha. Juga merusak peralatan elektronik masyarakat.

Saat kita mulai menyadari bahwa Indonesia, khususnya Aceh termasuk sebuah wilayah yang kaya sumber daya energi, terasa sangat ironis manakala rakyatnya tidak memperoleh energi listrik dengan sempurna. Siapapun, bahkan masyarakat dunia mengetahui jika di wilayah Aceh Utara maupun Aceh Timur tersedia cadangan sumber energi berupa gas alam cair dan minyak bumi yang cukup besar.

Indonesia merupakan negara yang banyak memiliki pegunungan yang terhampar dari Sumatera hingga Papua. Aceh, provinsi yang paling ujung Sumatera juga memiliki pegunungan yang terhampar hampir di seluruh kabupaten/kota yang dikenal dengan Bukit Barisan. Dengan kondisi seperti ini, banyak ditemukan sungai-sungai besar yang sangat berpotensi untuk dikembangkan sebagai pembangkit tenaga listrik. Pemanfaatan tenaga air untuk berbagai kebutuhan energi telah dikenal sejak lama, mulai dengan teknologi sederhana seperti kincir air yang

banyak dijumpai di pedesaan sampai pada teknologi terkini yang menggunakan berbagai jenis turbin.

Hasil studi potensi energi terbarukan untuk pembangkit listrik alternatif yang dilakukan oleh BRR NAD-Nias tahun 2008 menyebutkan, sampai saat ini ada 195 desa yang terdistribusi dalam 15 kabupaten/kota Provinsi Aceh belum mampu menikmati layanan listrik PT. PLN, yang sebagian besar desa-desa tersebut adalah desa terpencil. Dari 195 desa yang belum berlistrik, sebanyak 90 desa memiliki potensi energi air untuk pembangkit listrik melalui pembangunan pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH). Akan tetapi sekitar 30% dari potensi tersebut memiliki potensi tinggi jatuh air (*head*) yang rendah, yaitu pada kisaran 2 – 5 m [1].

Pembangkit listrik tenaga mikrohidro ada-lah pembangkit listrik yang berasal dari aliran air atau sungai yang bebas polusi dan selalu dapat diperbaharui. Kata “mikro” mengacu kepada ukuran dari sistem pembangkitnya, dimana tenaga yang dihasilkan hanya beberapa kilowatt, biasanya di bawah 10 kW. Tapi yang lebih utama, istilah ini mengacu kepada konsep desain yang berbeda dengan sistem yang lebih besar [2].

Mikrohidro merupakan sistem yang sederhana, murah dan handal. Mikrohidro diperuntukkan bagi masyarakat yang belum mendapatkan aliran listrik dari PLN. Listrik merupakan bentuk energi berkualitas tinggi yang dapat digunakan untuk berbagai aplikasi. Hal ini lebih efisien dimana polutannya lebih sedikit dibandingkan dengan pembakaran dengan sumber energi tradisional seperti bahan bakar cair atau arang yang digunakan untuk penerangan atau pemanasan. Mikrohidro dapat

menyalurkan energi ke perumahan, perkebunan, pedesaan atau pabrik berskala kecil di area di luar jangkauan PLN. Disamping itu, energi listrik dari PLTMH ini dapat dijual kepada PLN, sehingga menjadi sebuah sumber pendapatan yang berkelanjutan.

Sistem mikrohidro haruslah aman dan handal sebagaimana halnya sistem pembangkit listrik yang besar yang mudah untuk perawatan dan perbaikan. Jadi komponen-komponen turbin didesain agar mampu diproduksi di sebuah perbengkelan sederhana. Sehingga apabila suatu saat nanti terjadi kerusakan, akan mampu diperbaiki langsung di perbengkelan sederhana di sana.

K.V. Alexander telah mengenalkan suatu desain yang cukup sederhana dengan memakai sudu rata [3]. Bahkan Faulkner sebelumnya menyatakan bahwa pemakaian sudu rata tidak memberi pengaruh yang berarti terhadap putaran turbin dan sudut sudu terhadap *runner* sangat berpengaruh terhadap putaran turbin [2].

Sebagai latar belakangnya, maka akan dilakukan suatu studi perencanaan sebuah turbin aliran aksial *head* rendah untuk membuat sebuah prototip sederhana yang mampu dibuat oleh sebuah perbengkelan sederhana yang akhirnya akan diuji dengan menggunakan sudut sudu *runner* yang berbeda.

2. Metode Penelitian

2.1. Perancangan turbin aliran aksial

Perancangan turbin aliran aksial ini dibuat berdasarkan kajian terhadap model K. V. Alexander. Dari dimensi tersebut diperoleh bentuk dan ukuran bagian utama turbin meliputi *runner*, sudu dan rumah turbin serta *draft tube*. Berdasarkan dimensi ini, digambar secara lengkap dengan bentangnya guna memudahkan dalam proses pembuatan di bengkel.

2.2. Pembuatan turbin aliran aksial

Proses pembuatan turbin aliran aksial yang dimulai dengan memisahkan bagian-bagian dari gambar hasil rancangan yang terdiri dari *inlet*, selubung (*casing*), *draft tube* dan turbin.

Masing-masing dari komponen *inlet*, rumah turbin (*spiral casing*) dan *draft tube* dibuat bentangan pada kertas gambar dengan skala 1 : 1. Kemudian dipotong plat besi setebal 3 mm sesuai dengan pola bentangan.

Bentangan tersebut dibentuk sesuai dengan gambar rencana dan dilas untuk mempertahankan bentuknya. Terakhir, semua bagian *inlet*, selubung (*casing*) dan *draft tube* digabung menjadi sebuah prototip α melalui proses pengelasan. Untuk *runner*, *hub* dibuat dari pipa 2 inchi dengan tebal 5 mm dan sudu dibuat dari plat 5 mm. Poros *runner* dibuat

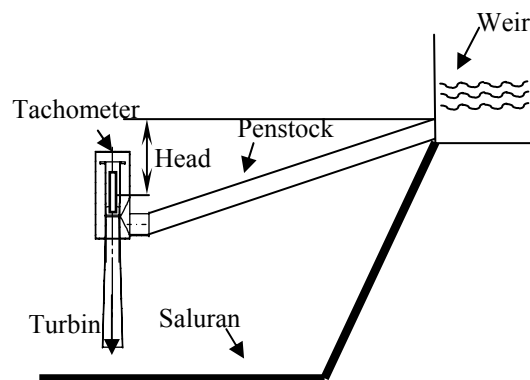
dengan menggunakan mesin bubut dari bahan S37C dengan diameter 1 inchi. Demikian juga halnya dengan bush, juga dibuat dengan menggunakan mesin bubut dengan bahan yang sama tetapi diameter yang lebih besar. Bahan ini dipilih karena mudah didapat dan harganya lebih murah dibanding menggunakan paduan aluminium, apalagi stainless steel.

Semua proses ini dapat dilakukan hanya di perbengkelan sederhana yang tidak memiliki peralatan yang lengkap. Untuk memperindah tampilannya, prototip α ini dicat setelah sebelumnya dilapisi dengan epoxy agar lebih tahan lama.

2.3. Pengujian turbin aliran aksial

Pengujian turbin aliran aksial dilakukan seperti terlihat pada Gambar 1. Prosedur pengujian meliputi:

- Menyambung pipa *penstock* dari sumber air (*weir*) ke turbin.
- Mengatur pembukaan katup untuk mengatur kapasitas air masuk turbin.
- Mencatat semua data yang terukur, debit air masuk turbin, mengukur putaran turbin menggunakan tachometer dan mengukur daya menggunakan dinamometer.
- Mengulangi langkah-langkah di atas untuk *hub* dengan sudut sudu *runner* yang berbeda dan kapasitas air yang berbeda juga.



Gambar 1. Skema pengujian turbin air aliran aksial

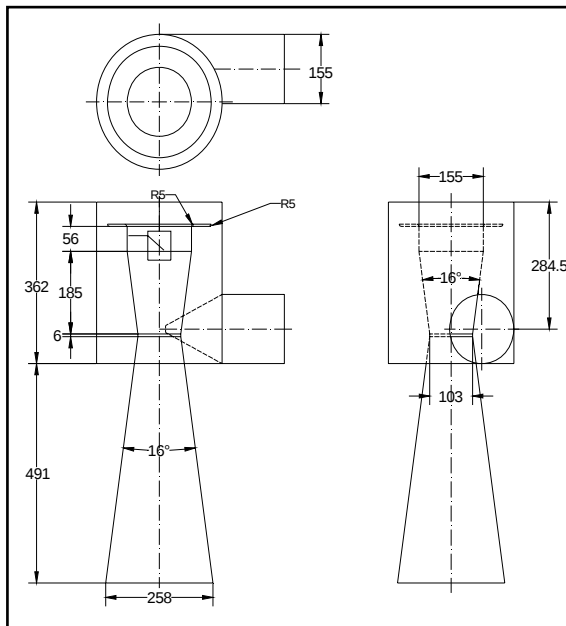
Data hasil pengujian turbin akan dianalisis dan ditunjukkan dalam grafik yang dapat mencerminkan karakteristik kerja turbin, antara lain grafik hubungan sudut sudu terhadap putaran dengan debit berbeda, grafik hubungan sudut sudu terhadap daya dengan debit berbeda dan grafik sudut sudu terhadap efisiensi turbin dengan debit berbeda.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Perencanaan

Setelah digambar turbin hasil perencanaan K. V. Alexander, ada beberapa bagian yang diubah dimensinya dengan tujuan untuk menghasilkan turbin

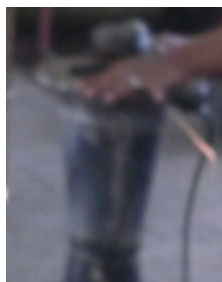
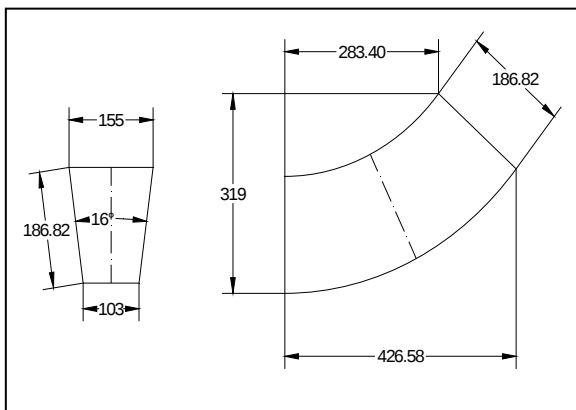
aliran aksial head rendah yang lebih efisien dan lebih mudah untuk diproduksi.



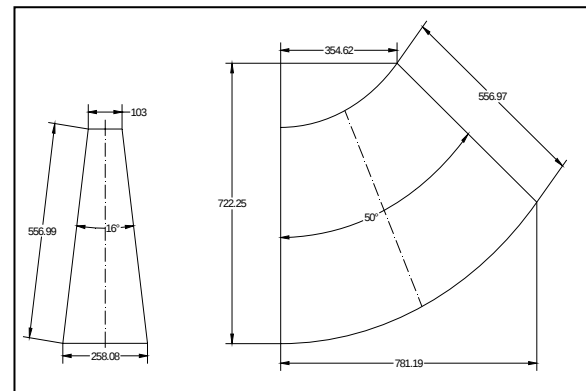
Gambar 2. Turbin aliran aksial head rendah

3.2. Pembuatan

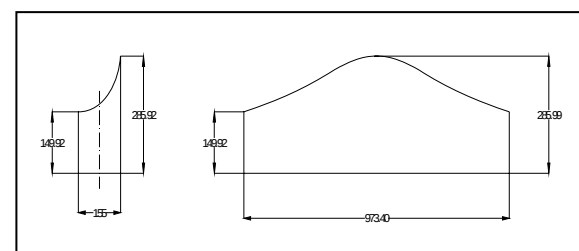
Langkah pertama yang dilakukan adalah membuat pola bentangan pada kertas dengan skala 1 : 1. Pola tersebut disusun sedemikian rupa di atas lembaran plat untuk dapat memakai plat semaksimal mungkin. Berdasarkan pola yang tersedia, plat dipotong dan dibentuk sesuai dengan keperluan.



Gambar 3. Bentangan outlet dan outlet



Gambar 4. Bentangan draft tube dan draft tube



Gambar 5. Bentangan inlet dan inlet

Untuk membuat silinder, seperti inlet dan casing dapat dibentuk dengan menggunakan alat pengguling plat. Sedangkan untuk outlet dan draft tube harus dibentuk manual dengan dibantu oleh alat pengguling plat tersebut ataupun dapat digunakan celah dari dua as yang cukup besar.

Masing-masing plat ini dibentuk sesuai dengan Gambar 6 dan dilas. Untuk beberapa komponen seperti as, *runner* dan *bush* harus diselesaikan dengan proses bubut. Terakhir, masing-masing komponen ini digabungkan dengan pengelasan, sehingga selesailah sebuah prototip α turbin aliran aksial.



Gambar 6. Turbin aliran aksial head rendah

3.3. Pengujian

3.3.1. Analisis debit

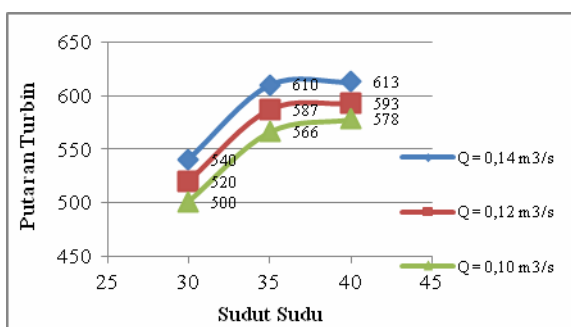
Berdasarkan pengukuran didapat bahwa debit air di Gampong Juli Keude Dua, Kecamatan Juli Kabupaten Bireuen adalah sebesar $0,14 \text{ m}^3/\text{s}$. Dalam penelitian, debit air yang digunakan divariasikan pada $0,14 \text{ m}^3/\text{s}$, $0,12 \text{ m}^3/\text{s}$ dan $0,10 \text{ m}^3/\text{s}$.

3.3.2. Analisis tinggi jatuh air (head)

Pengukuran tinggi jatuh air (head) dilakukan dengan menggunakan alat GPS Garmin eTrex. Selain itu, pengukuran ketinggian juga dilakukan secara manual menggunakan meteran dengan menggunakan metode *spirit level and string* sebagai pembanding. Dan berdasarkan hasil pengukuran maka didapat H_{eff} sebesar $3,4 \text{ m}$. Sedangkan head bersih berkisar pada 3 m .

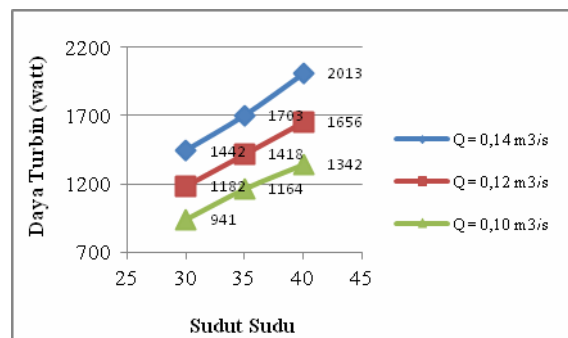
3.4. Pembahasan

Putaran turbin yang diperoleh berdasarkan perubahan sudut sudu dan debit air diperlihatkan dalam Gambar 7. Di sini terlihat bahwa putaran akan meningkat pada perubahan sudut sudu dari 30° menjadi 35° dan akan terus meningkat setelah sudut sudu diperbesar menjadi 40° .



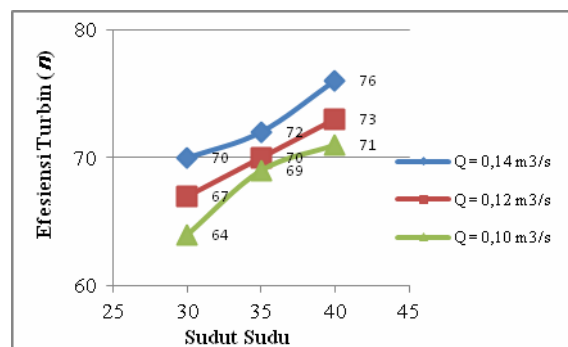
Gambar 7. Pengaruh sudut sudu terhadap putaran dengan debit berbeda

Besarnya daya turbin yang diperoleh berdasarkan perubahan debit air diperlihatkan dalam Gambar 8. Dari gambar terlihat bahwa daya turbin yang terbesar pada $Q = 0,14 \text{ m}^3/\text{s}$, yaitu sebesar $2,013 \text{ kW}$. Daya turbin akan meningkat dengan memperbesar kapasitas, terlihat bahwa kenaikan daya turbin yang hampir linier. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan debit akan mampu meningkatkan daya turbin.



Gambar 8. Pengaruh sudut sudu terhadap daya dengan debit berbeda

Dari hasil penelitian juga dapat ditentukan efisiensi turbin, yang diperoleh dari hasil perhitungan dengan membandingkan daya air yang tersedia dengan daya turbin hasil pengukuran. Gambar 9 memperlihatkan hasil perhitungan efisiensi turbin berdasarkan perubahan sudut sudu dan debit air.



Gambar 9. Pengaruh sudut sudu terhadap efisiensi dengan debit berbeda

Dari gambar terlihat bahwa efisiensi turbin akan meningkat dengan perubahan sudut sudu dan debit air masuk turbin pada perubahan sudut sudu dari 30° menjadi 35° dan akan kembali meningkat setelah sudut sudu diperbesar menjadi 40° .

4. Kesimpulan dan Saran

4.1. Kesimpulan

- Telah berhasil dikembangkan satu jenis turbin aksial head rendah untuk digunakan pada Pembangkit Tenaga Listrik Mikrohidro yang tidak sulit untuk diproduksi oleh pembekelan kecil.

- b. Dari hasil rancangan diperoleh bahwa turbin propeler dengan sudut sudu 40° memberikan efisiensi 76% yang lebih tinggi dari sudut sudu lainnya.
- c. Putaran akan meningkat pada perubahan sudut sudu dari 30° menjadi 35° dan akan terus meningkat setelah sudut sudu diperbesar menjadi 40° .
- d. Daya turbin terbesar, 2,013 kW, didapat pada sudut sudu 40° dan terlihat bahwa kenaikan daya turbin hampir linier.

4.2. Saran

Penelitian lanjutan dapat dilaksanakan dengan melakukan pengujian pada sudut sudu yang berbeda dengan jumlah sudu yang berbeda. Dari pengalaman hasil penelitian ini juga dapat disarankan agar dilakukan pengujian pada head dan kapasitas air yang lebih besar.

Untuk mendapatkan putaran yang lebih besar, sudu harus dibuat lebih besar dengan diameter *runner* yang lebih kecil dan bahan yang digunakan juga harus lebih tipis.

Daftar Pustaka

- [1] BRR NAD-Nias, 2009, *Laporan Akhir Studi Potensi Energi Alternatif Pedesaan dalam Upaya Diversifikasi Energi di Provinsi NAD*, BRR NAD-Nias.
- [2] Faulkner, Simon A., 1991, *A Simplified Low Head Propeller Turbine for Micro Hydroelectric Power*, University of Canterbury, New Zealand.
- [3] Alexander, K.V. et al, 2009, *Axial-Flow Turbines For Low Head Microhydro Systems*, Department of Mechanical Engineering, University of Canterbury, PB 4800, Christchurch, New Zealand.
- [4] Haimmerl, L.A., 1960, *The Cross Flow Turbine*, Jerman Barat.
- [5] Nechleba M, 1957, *Hydraulic Turbines: Their Design and Equipment*, Prague: ARTIA
- [6] Dietzel, F, 1993, *Turbin, Pompa dan Kompresor*, Terjemahan Dakso Sriyono, Erlangga, Jakarta.
- [7] Adam, Harvey, 1993, *Micro-Hydro Design Manual*, Intermediate Technology Publications.
- [8] Ho-Yan, Bryan Patrick, 2012, *Design of a Low Head Pico Hydro Turbine for Rural Electrification in Cameroon*, The University of Guelph, Guelph, Ontario, Canada.
- [9] Mackmore dan Merryfield, 1949, *The Banki Water Turbin*, Oregon State College, United State.