

Applikasi Turbin Cross-Flow untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro di Kalimantan Barat

M. Iqbal Arsyad

Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknik, Universitas Tanjungpura
iqbalarsyad@yahoo.co.id

Abstract– The best geographical areas for exploiting small scale hydro power are those where there are steep rivers flowing all year round, the hill areas of countries with high year-round rainfall, or the great mountain ranges and their foothills.

Islands with moist marine climates, such as the Indonesia is suitable. Low-head turbines have been developed for small-scale exploitation of rivers where there is a small head but sufficient flow to provide adequate power.

A turbine converts the energy in falling water into shaft power. Cross-Flow turbine is meant for those purposes with low head. In this paper we introduce the practical aspects of cross-flow turbine for application be possible, especially the calculation of potential power to some rivers in Kalimantan Barat.

Keywords– Cross-flow turbine, practical aspects, Kalimantan Barat, micro-hydro power plant.

1. Pendahuluan

Energi listrik adalah infrastruktur dasar yang sangat penting dalam pembangunan sosial-ekonomi masyarakat. Sektor kelistrikan yang baik jumlah dan mutunya cukup, diyakini menjadi faktor pendorong pembangunan di sektor-sektor pembangunan lainnya. Kebutuhan akan energi listrik akan terus bertambah dengan bertambahnya jumlah penduduk dan meningkatnya daya beli masyarakat terhadap energi listrik.

Ketenagalistrikan di Kalimantan Barat diusahakan oleh PT PLN (Persero) Wilayah Kalimantan Barat. Dalam pembangkitan energi listrik, PLN masih menggunakan bahan bakar minyak sebagai sumber energi primer untuk pusat-pusat pembangkit tenaga listrik (PLTD). Karena harga bahan bakar minyak (solar) telah melonjak cukup tinggi, maka biaya penyediaan pokok (BPP) energi listrik jauh di atas harga jual energi listrik (rupiah per kWh). Kondisi ini sudah menjadi rahasia umum, sehingga pemerintah harus terus memberikan subsidi ke PLN, baik untuk operasional PLN maupun untuk investasi sarana dan prasarana ketenagalistrikan. Sejumlah kebijakan telah dikeluarkan oleh pemerintah, diantaranya, memanfaatkan sumber energi terbarukan yang ada di masing-masing daerah.

Kalimantan Barat memiliki sumber energi air (sungai, air terjun) yang relatif cukup banyak untuk diusahakan sebagai pembangkit tenaga listrik untuk

elektrifikasi perdesaan. Akan tetapi, sejumlah sumber energi air ini mempunyai *head* relatif rendah, sehingga pengusahaannya harus mempertimbangkan pemilihan turbin air yang tepat sesuai dengan karakteristik sungai atau air terjun tersebut agar ekonomis.

2. Turbin Cross-Flow

Sejumlah turbin air yang cukup terkenal saat ini adalah: 1) Kaplan, 2) Francis, 3) Propellor, 4) Pelton, 5) Turgo, dan 6) Cross-Flow. Turbin Kaplan, Francis, dan Propellor, termasuk dalam kategori turbin reaksi, sedangkan turbin Pelton, Turgo, dan Cross-Flow, dikelompokkan pada kategori turbin impulse. Jenis turbin dipilih berdasarkan pada kondisi *head* dan *flow* yang tersedia. Kurva-kurva efisiensi turbin dapat dihitung dengan memperhitungkan sejumlah faktor termasuk rating *head* (*gross head* dikurangi dengan rugi maksimum hidrolik), diameter *runner* (dihitung), kecepatan spesifik turbin, dan koefisien desain turbin (dari pembuat). Persamaan efisiensi turbin Cross-Flow adalah sebagai berikut [1]:

Flow efisiensi maksimum

$$Q_p = Q_d \quad (1)$$

dimana Q_d adalah *flow* desain (*flow* pada rating *head* dan pembukaan *gate* penuh, dalam m³/detik). Efisiensi

$$e_q = 0.79 - 0.15 \left(\frac{Q_d - Q}{Q_p} \right) - 1.37 \left(\frac{Q_d - Q}{Q_p} \right)^{14} \quad (2)$$

Daya P yang dihasilkan untuk suatu nilai *flow* Q tertentu diberikan oleh persamaan (3) berikut, dimana rugi-rugi hidrolik fungsi dari *flow* dan reduksi *tailrace* juga ikut diperhitungkan:

$$P = g Q K \quad (3)$$

Dan

$$K = \left[H_g - (h_{hydr} + h_{tail}) \right] e_t e_g (1 - l_{trans}) (1 - l_{para}) \quad (4)$$

dimana adalah kerapatan air (1000 kg/m³), g percepatan gravitasi (9,81 m/det²), H_g *gross head*, h_{hydr} dan h_{tail} masing-masing rugi-rugi hidrolik dan efek

tailrace terhadap *flow*; dan e_t adalah efisiensi turbin pada *flow* Q , e_g efisiensi generator, l_{trans} rugi-rugi trafo, dan l_{para} rugi-rugi listrik lainnya (parasitic). e_g , l_{trans} dan l_{para} diasumsikan tidak tergantung pada *flow*.

Rugi-rugi hidrolik diatur pada range *flow* yang ada berdasarkan hubungan berikut

$$h_{hydr} = H_g l_{hydr,max} \frac{Q^2}{Q_{des}^2} \quad (5)$$

dimana $l_{hydr,max}$ adalah rugi-rugi hidrolik maksimum yang ditetapkan oleh pengguna, dan Q_{des} adalah *flow* desain. Dengan cara yang sama, efek *tailrace* maksimum diatur pada range *flow* yang tersedia dengan hubungan berikut :

$$h_{tail} = h_{tail,max} \frac{(Q - Q_{des})^2}{(Q_{max} - Q_{des})^2} \quad (6)$$

dimana $h_{tail,max}$ adalah efek *tailrace* maksimum, yaitu reduksi maksimum terhadap gross *head* yang akan terjadi selama masa-masa *flow* tinggi di sungai. Q_{max} adalah *flow* sungai maksimum, dan pers. (6) hanya dapat diaplikasikan pada aliran-aliran sungai yang lebih besar daripada *flow* desain plant (yaitu, apabila $Q > Q_{des}$).

Kapasitas plant P_{des} dihitung dengan menuliskan kembali pers. (3) pada *flow* desain. Persamaan tersebut adalah

$$P_{des} = g Q_{des} K_{des} \quad (7)$$

$$K_{des} = H_g (1 - l_{hydr}) e_{t,des} e_g (1 - l_{trans}) (1 - l_{para}) \quad (8)$$

dimana P_{des} adalah kapasitas plant dan $e_{t,des}$ efisiensi turbin pada *flow* desain., dihitung seperti dijelaskan di atas.

3. Hasil Eksperimen

Tabel 1. Head, Flow dan Daya Desain

	Gross head	Head desain	Flow desain	Daya desain
S. Kamat	27,6 m	26,5 m	124 l/det	21 kW
S. Temiang	5,95 m	5,6 m	646 l/det	30 kW
S. Malam	32,34 m	29,5 m	111 l/det	21 kW
S. Mengirang	17 m	15 m	511 l/det	50 kW
S. Sintot	38 m	36 m	72 l/det	17 kW

Tabel 1 memperlihatkan *head*, *flow* dan daya desain untuk sejumlah potensi air. Daya desain dihitung dengan efisiensi turbin cross-flow sebesar 0,76, efisiensi generator 0,89 dan efisiensi transmisi mekanik 0,98. Efisiensi turbin dihitung dari data pabrik yang sesuai dengan *head* dan *flow* desain masing-masing potensi air.

Dalam penelitian ini referensi turbin cross-flow mengacu pada turbin Osberger-Jerman dan turbin cross-flow buatan Indonesia tipe T-14 D150 dan D300.

Pemanfaatan turbin cross-flow untuk potensi air yang ada di Kalimantan Barat sangat cocok mengingat turbin impulse jenis cross-flow mempunyai karakteristik yang cocok untuk range *head* rendah hingga medium.

Untuk kebutuhan praktis, formula pendekatan untuk menentukan daya teoritis dari suatu potensi air dengan turbin cross-flow adalah :

$$P = 5xQxH(kW) \quad (9)$$

dimana *flow* Q dalam meter kubik per detik, *head* H dalam meter. Angka 5 merupakan pendekatan dari hasil kali percepatan gravitasi dan efisiensi keseluruhan.

Jika turbin beroperasi di luar kondisi *full-flow* maka harus diperhitungkan suatu faktor inefisiensi yang lebih rendah dari efisiensi pada *full flow*. Untuk itu perlu diketahui karakteristik *part flow* dan *part load* dari turbin untuk mengetahui performansi dari turbin. Semua peralatan diharapkan selalu beroperasi dalam rating *flow* desain, akan tetapi hal ini tidak selalu dapat terjadi karena *flow* sungai berfluktuasi sepanjang tahun.

4. Kesimpulan

Area geografis yang terbaik untuk pemanfaatan potensi energi air skala kecil (mikro hidro) adalah daerah-daerah dimana terdapat air terjun yang mengalir sepanjang tahun, daerah-daerah berbukit di perdesaan dengan curah hujan tinggi sepanjang tahun. Turbin-turbin *head* rendah telah dikembangkan untuk memanfaatkan sungai sebagai pembangkit tenaga listrik skala kecil atau mikro hidro dimana terdapat *head* yang kecil dengan *flow* yang memadai untuk menghasilkan daya listrik skala kecil. Turbin cross-flow adalah turbin yang dirancang untuk kebutuhan tersebut dan aplikasi praktis telah banyak dilakukan untuk listrik perdesaan maupun untuk kebutuhan pribadi.

Referensi

- [1] Minister of Natural Resources Canada. *Small Hydro Project Analysis*. RETScreen International, Canada, 2001.
- [2] Technical Brief. *Micro-Hydro Power*. ITDG Publishing, 2002
- [3] Jeremy Thake. *The Micro-hydro Pelton Turbine Manual: Design, Manufacture and Installation for Small-scale Hydropower*. ITDG Publishing, 2000.
- [4] Dan Curtis. *Going with the Flow: Small-scale Water Power*. CAT, 2000.

Biografi

M. Iqbal Arsyad was born in Singkawang, Indonesia, on September 7, 1966. He received the B. Eng from Universitas Tanjungpura, Pontianak, Indonesia, 1991, M. Eng from Bandung Institute of Technology, Bandung, Indonesia, 1995. Since 1992 he has been a faculty member at Electrical Engineering Department, Universitas Tanjungpura. His current research interest are electrical power management and renewable energy.

