

Perilaku Aliran Roda Air arus Bawah Plat Bengkok dengan Variasi Jumlah Sudu

Luther Sule

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Tel.+062-0411-584639 Tamalanrea 90245
E-Mail : luther.sule@yahoo.co.id

Abstrak

Energi air merupakan sumber daya alam yang dimiliki oleh Negara Indonesia dan listrik merupakan kebutuhan esensial manusia . Energi air merupakan salah satu dari energi yang terbaruhkan yang dapat dikonversi ke energi listrik dengan ramah lingkungan tidak ada polusi yang berarti. Tenaga yang dihasilkan oleh roda air dapat digunakan langsung baik untuk pompanisasi irigasi maupun untuk menjalankan penggilingan padi bahkan menggerakkan alternator dan generator listrik. Adapun tujuan dalam penelitian ini adalah untuk menemukan kinerja terbaik roda air arus bawah model plat bengkok dengan variasi jumlah sudu dengan perlakuan debit air yang konstan ($Q=C$). Penelitian dan Pengujian dilakukan pada Laboratorium Mesin-Mesin Fluida Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Makassar Indonesia. Dalam menemukan kinerja terbaik dilakukan dengan menganalisis perilaku aliran sebelum dan sesudah sudu-sudu dengan cara teoritis dan eksperimen, hasil yang diperoleh bahwa untuk jumlah sudu 4 efisiensi teoritis Maksimum $\eta_{Teo} = 0,45$ dan efisiensi eksperimental $\eta_{Eks} = 0,28$, untuk jumlah sudu 6 efisiensi teoritis $\eta_{Teo} = 0,54$ dan eksperimen $\eta_{eks} = 0,54$ dan untuk jumlah sudu 8 efisiensi teoritis $\eta_{Teo} = 0,51$ dan eksperimental $\eta_{eks} = 0,39$.disini diperoleh bahwa untuk capaian terbaik dari kinerja roda air arus bawah model plat bengkok untuk pengujian diatas diperoleh bahwa jumlah sudu 6 yang terbaik, baik secara teoritis maupun dari eksperimen, phenomena ini menyimpang dari pengujian-pengujian sebelumnya misalnya untuk plat rata dan lengkung dimana semakin banyak jumlah sudu kinerja semakin baik atau meningkat.

Keywords: Roda air sudu Plat Bengkok, efisiensi.

Pendahuluan

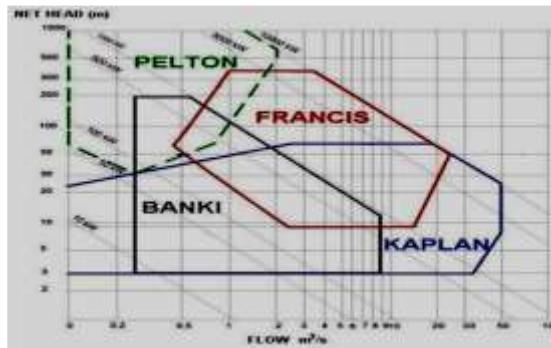
Energi air adalah energi yang telah dimanfaatkan secara luas di Indonesia yang dalam skala besar telah digunakan sebagai pembangkit listrik. Beberapa perusahaan di bidang pertanian bahkan juga memiliki pembangkit listrik sendiri yang bersumber dari energi air. Di masa mendatang untuk pembangunan pedesaan termasuk industri kecil yang jauh dari jaringan listrik nasional, energi yang dibangkitkan melalui sistem mikrohidro dimungkinkan akan tumbuh secara pesat. Dalam dekade

terakhir ini peningkatan kebutuhan akan energi listrik di Indonesia menunjukkan angka yang begitu besar baik di desa maupun di kota. Untuk mengantisipasi hal tersebut, maka kehadiran tenaga listrik sangat dibutuhkan. Namun masih banyak daerah terpencil yang belum mendapatkan layanan listrik dari Perusahaan Listrik Negara (PLN). Sedangkan kebutuhan masyarakat akan masalah penerangan semakin besar. Hal ini terjadi karena masih

terbatasnya pembangkit listrik yang ada dan sulitnya jalur transportasi ke daerah-daerah terpencil.

Didaerah dengan kondisi topografi yang bergunung-gunung ditemui banyak 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 sehingga sangat tepat untuk mengembangkan pembangkit listrik dengan tenaga air dimana biaya pengoperasiannya murah gampang dibuat dengan tenaga kurang terampil dan disamping itu bebas polusi.

Indonesia merupakan Negara yang sebagian besar wilayahnya adalah wilayah pertanian dimana terdapat banyak saluran irigasi primer maupun sekunder serta ada banyak sungai-sungai dangkal yang aliran airnya ada sepanjang tahun, dari grafik pemilihan turbin air yang dikemukakan di situs internet (*Sumber: (http://ccitononline.com/tiki-view_forum_thread.php?comments_parent_id=2976 (2011))*



Gbr.1. Grafik pemilihan jenis turbin

Sejak tahun 2000 sampai 2012 penelitian tentang roda air arus bawah efisiensi eksperimen dan teoritis berada diantara 30 -40%, misalnya *Denny.M. 2003* dengan penelitiannya berjudul: *The Effisiensi of Overshot and Undershot Waterwheels* yang mengemukakan roda air atas dan arus bawah dengan sudu plat lengkung memperoleh efisiensi 22 – 30 %, dan juga penelitian oleh *Gerald Muller dan kawan-kawan* “*Roda air untuk aliran sungai dangkal dan pasang surut laut*” untuk sudu lengkung memperoleh efisiensi eksperimental maksimum sebesar 38 – 40 %, pengujian roda air arus bawah plat bengkok belum ada pengujian secara eksperimen untuk plat bengkok dimana dalam aplikasinya lebih mudah dibuat dan diproduksi dalam jumlah yang besar dan juga dikarenakan roda air arus bawah sangat cocok untuk head < 3 meter dimana turbin, Pelton, Francis dan Kaplan tidak cocok lagi dipilih untuk digunakan karena tidak efisien dan efektif lagi.

Perilaku Aliran Di Sudu

Kondisi Aktual

Dari pertimbangan teoritis dan hasil eksperimen maka di uji jumlah sudu 4, 6 dan 8 dengan mempertahankan debit aliran (Q) = 0,00594 m^3/s disaluran untuk memperoleh besar kinerja yang dihasilkan setiap jumlah sudu tertentu diatas.



Gbr.2. Foto Perilaku aliran di sudu-sudu untuk 8 sudu pada saluran.

Dari Gbr.2. perilaku aliran yang dapat diketahui dari persamaan aliran dari segi kecepatan itu diberikan oleh persamaan teoritis :

$$V_2 > V_1 = \sqrt{2 \cdot g \cdot \Delta h} \quad \dots \dots \dots (1)$$

Dengan:

$$V_1 = Q/A \quad (\text{m/s})$$

$$V_2 = V_1 + V_2$$

$$V_2 = (Q/A) + \sqrt{2 \cdot g \cdot \Delta h} \quad \dots \dots \dots (2)$$

$$\Delta h = h_1 - h_2 \quad (\text{beda tinggi air masuk dan keluar sudu}).$$

Potensi energi yang diserap oleh sudu dan diteruskan ke poros roda air ditentukan pula oleh besar kecilnya perbedaan ketinggian air masuk dan keluar sudu dengan tidak melewati head kecepatan pada daerah depan sudu atau tinggi aliran sebelum sudu.

Tinggi Air Kritis Di Saluran.

Dalam pemampaatan aliran di saluran-saluran atau sungai yang dangkal untuk penggunaan roda air arus bawah maka perlu ditentukan h_{kritis} yaitu perbedaan ketinggian sebelum sudu dan sesudah sudu dimana pada kondisi h_{kritis} akan diperoleh produksi maksimal dari energi dan juga pada kondisi h_{kritis} inilah diperoleh efisiensi yang maksimal

Head kritis (h_{kritis}) diperoleh dari persamaan Daya air yang ada di saluran sbb:

$$N_{\text{air}} = \rho \cdot g \cdot Q \cdot \Delta h.$$

Dari Gbr.2. diperoleh perilaku aliran adalah;

$$\Delta h = h_2 + \frac{V_2^2}{2g} - (h_1 + \frac{V_1^2}{2g}) : \Delta h \geq 0 \quad \dots \dots \dots (3)$$

$$h_1 = \frac{V_2}{V_1} h_2$$

Untuk memperoleh h_{kritis} perlu diketahui debit aliran disaluran dan lebar dari saluran (b)

Dari persamaan kunitas $Q = A \cdot V$ maka akan diperoleh head kritis sbb:

$$h_{\text{kritis}} = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{g \cdot b^2}} \quad \dots \dots \dots (4)$$

dengan;

$$Q = \text{Kapasitas aliran di saluran} \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

$$b = \text{Lebar saluran.} \quad (\text{m})$$

$$h_{\text{kritis}} = \text{Tinggi air kritis sebelum sudu} \quad (\text{m}).$$

Dari hasil kalkulasi diperoleh $h_{\text{kritis}} = 0,083198 \text{ m} = 8,3198 \text{ cm}$.

Kajian Perilaku Aliran Di Sudu Secara Ekperimen



Gbr.5. Sistem penggereman pada sudu

- Efisiensi roda air secara eksperimen.
Dari persamaan 20 diperoleh daya di poros roda air.

$$\eta_{Eks} = \frac{N_{poros}}{N_{Air}} \cdot 100\% \quad \dots \dots \dots (21)$$

$$N_{Air} = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H.$$

Dengan ;

$$H = V^2/2g.$$

$$Q = A \cdot V$$

H = Head akibat kecepatan (m).

$$V = Q / A.$$

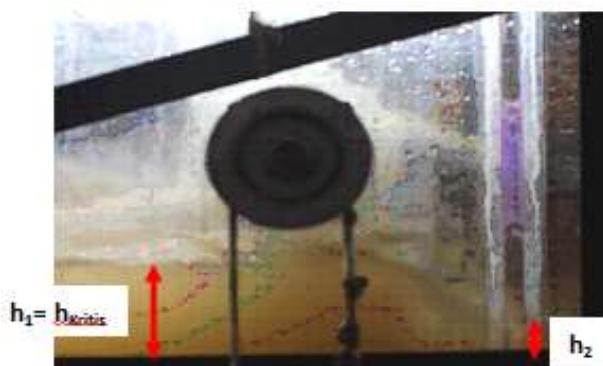
A = Luas penampang aliran, dalam hal ini tinggi air dari dasar saluran ke permukaan air yang mengalir. (tinggi \times lebar saluran).

Jadi diperoleh persamaan baru daya air disaluran.

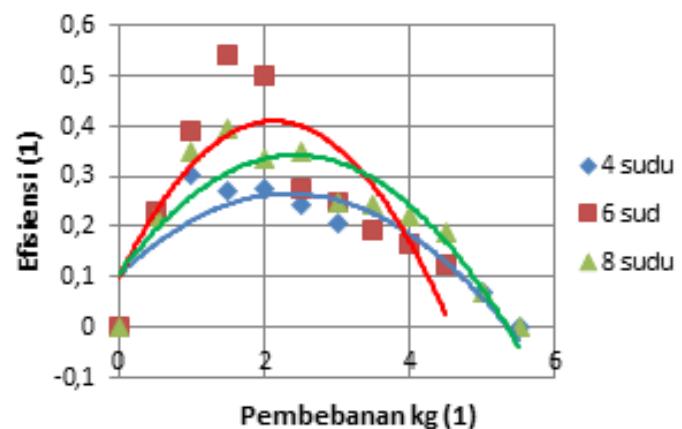
$$N_{air} = \rho \cdot g \cdot A \cdot V \cdot V^2/2g \\ = \frac{1}{2} \rho \cdot A \cdot V^3. \text{ (watt).} \dots \dots \dots (22)$$

- Efisiensi yang diperoleh dari eksperimen.
- $\eta_{Eks} = \frac{\omega \cdot Tk}{\frac{1}{2} \rho \cdot A \cdot V^3} \cdot 100\% \quad \dots \dots \dots (23)$

Dari hasil kajian secara eksperimen maka diperoleh hubungan efisiensi antara sudu 4, 6 dan 8 sebagai berikut:



Gbr.6. Foto permukaan air pada saat h_{kritis} 6 sudu

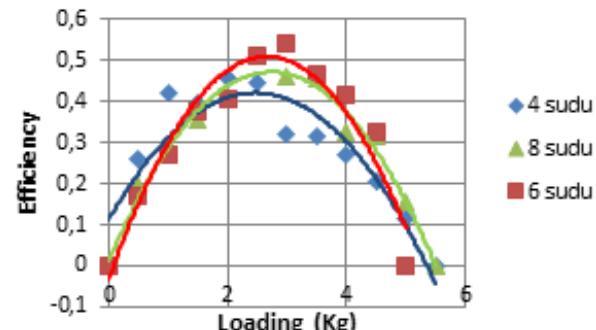


Gbr.7. Efisiensi eksperimental 4,6 Dan 8 sudu

Dari tebaran data hasil kajian secara eksperimen terlihat pula bahwa untuk 6 sudu efisiensi yang diperoleh maksimum lebih besar dari 8 sudu dan 4 sudu yaitu: $\eta_{Eks.} = 0,54$ untuk 6 sudu sedangkan 8 sudu $\eta_{Eks.} = 0,39$ dan 4 sudu $\eta_{Eks.} = 0,28$

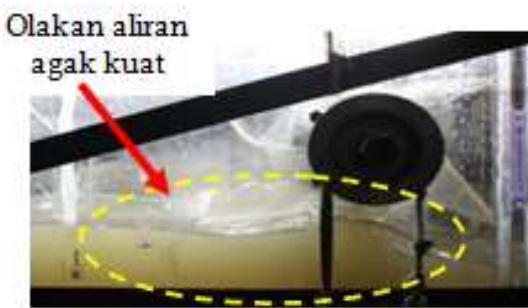
Pembahasan

Untuk hasil pengujian plat bengkok diperoleh perbandingan efisiensi antara jumlah sudu 4, 6, dan 8 sudu plat bengkok sbb:



Gambar.8. Grafik. Hubungan antara Pembebatan dan Efisiensi (eksperimen)

Dari gambar 8 terlihat bahwa efisiensi maksimum untuk semua turbin sudu bengkok terjadi pada beban sekitar 3 kg. Besarnya efisiensi maksimum pada sudu 4, 6, dan 8 masing-masing sebesar 28%, 54%, dan 39%. Efisiensi tertinggi dicapai pada jumlah sudu 6 buah. Pada jumlah sudu lebih banyak atau lebih sedikit dari 6 buah efisiensi turbin lebih rendah. Hal ini ditentukan oleh kesetimbangan antara jumlah energi yang diserahkan oleh air ke sudu dan kehilangan energi akibat olakan aliran.



Gambar.9. Foto Kondisi air di sudu 4 plat bengkok untuk efisiensi maksimum 28 %

Dari gambar 9 terlihat bahwa aliran bergolak yang mengindikasikan terjadinya pusaran (vortex) aliran di hulu sudu pada putaran 22 rpm dan beban 1.5 Kg. Kehadiran vortex menghilangkan sebagian energi kinetik yang seharusnya diserahkan ke sudu. Di sisi lain hanya satu sudu yang menerima momentum dari air. Kesetimbangan dari kedua mekanisme ini mengakibatkan efisiensi turbin maksimum hanya mencapai 28%.

Adapun untuk jumlah 6 sudu plat bengkok perilaku alirannya dapat dilihat pada gambar 7 dibawah ini.



Gambar.10. Foto Kondisi air di sudu 6 plat bengkok untuk efisiensi maks. 54 %

Dari gambar 10 terlihat bahwa pada kondisi efisiensi maksimum (ketika 26 rpm, beban 1.5 kg) aliran tenang (laminer) dan olakan aliran di depan sudu sangat kecil. Ini menandakan kehilangan energi akibat olakan aliran sangat kecil. Di sisi lain sudu turbin yang menerima momentum (terbenam air) ada 2 buah yang mengindikasikan penyerahan energi air ke turbin lebih besar. Kejadian ini mengakibatkan efisiensi turbin menjadi sangat tinggi, lebih tinggi dari jumlah sudu 4 dan 8.

Untuk kondisi perilaku aliran 8 sudu plat bengkok dapat dilihat pada gambar 14 di bawah ini



Gambar.11. Foto Kondisi air di sudu 8 plat bengkok untuk efisiensi maks. 39 %

Dari gambar 11 terlihat bahwa terjadi turbulensi pada aliran baik sebelum menyentuh sudu maupun setelah melalui sudu. Ini menunjukkan telah terjadi kehilangan energi air yang cukup besar walaupun sudu yang menerima momentum dari air lebih dari satu. Akibatnya efisiensi menurun jika dibandingkan dengan sudu 6 buah.

Kesimpulan

Perilaku aliran merupakan parameter utama dalam mengetahui kinerja dari roda air arus bawah, perilaku itu menyangkut kondisi (debit aliran , kecepatan aliran) aliran baik sebelum dan sesudah roda air yang dipengaruhi oleh pembebanan pada poros roda air dengan torsi, phenomena naik turunnya efisiensi ditentukan oleh berapa besar h_{kritis} dimana bilah h_1 (tinggi air sebelum masuk sudu) mulai naik ditandai dengan adanya Δh ($h_1 - h_2$) maka efisiensi bergerak naik dalam hal ini dengan rekreasi data polynomial dan pada saat h_{kritis} tercapai akan diperoleh effisiensi terbaik atau maksimum dengan $h_1 > h_{kritis}$ dibarengi pula penurunan efisiensi bila beban bertambah terus dan akhirnya dicapai h_1 maksimum dimana poros berhenti phenomena ini dapat dilihat pada Gbr.4, 7, dan 8 diatas. Terlihat bahwa untuk 6 sudu pencapaian efisiensinya itu lebih besar dari 4 sudu dan 8 sudu yaitu secara teoritis 4 sudu $\eta_{Teo} = 0,45$ dan eksperimen $\eta_{Eks} = 0,25$, 6 sudu secara teoritis $\eta_{Teo} = 0,54$ dan secara eksperimen $\eta_{Eks} = 0,54$ dan 8 sudu secara teoritis $\eta_{Teo} = 0,51$ dan eksperimen $\eta_{Eks} = 0,39$. Jadi 6 sudu kinerjanya lebih baik dibandingkan dengan 4 sudu dan 8 sudu.

Ucapan Terima Kasih

1. Kepada Panitia SNTTM XII UNILA.
2. Kepada Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin Unhas.
3. Semua pihak yang membantu berperan sehingga penelitian ini dapat diseminarkan pada SNTTM XII UNILA.

Nomenklatur

| | |
|-------------------|---|
| A | : Luas penampang aliran air (m^2) |
| b | : Lebar saluran (m) |
| b' | : Lebar sudu (m) |
| F_k | : Gaya yang memutar poros (N) |
| g | : Gravitasi bumi ($9,81 m/s^2$) |
| h_1 | : Tinggi air di saluran depan sudu-sudu (m) |
| h_2 | : Tinggi air disaluran belakang sudu-sudu (m) |
| h_{Kritis} | : Tinggi air kritis depan sudu (m) |
| Δh | : Beda tinggi air di saluran depan dan belakang sudu (m) |
| ρ | : Densitas air (kg/m^3) |
| m | : Massa pemberat pada torsi (kg) |
| N_{Air} | : Daya air di saluran (watt) |
| N_{Teo} | : Daya air teoritis di saluran sebelum sudu-sudu (watt) |
| $N_{Eks}=N_{Air}$ | : Daya air eksperimen (watt) |
| N_{Poros} | : Daya poros roda air (watt) |
| n | : Putaran poros roda air (rpm) |
| $Q=Q_1=Q_2$ | : Debit aliran air baik depan dan belakang sudu (m^3/s) |
| r | : Jari-jari fulli yang digunakan untuk penggereman/pembebatan (m) |
| T_k | : Torsi yang dihasilkan poros roda air (N.m) |
| η_{Teo} | : Efisiensi roda air secara teoritis (1) |
| η_{Eks} | : Efisiensi roda air secara eksperimen (1) |
| ω | : Kecepatan sudut roda air (rad/s) |
| π | : Phi (3,14) |

6. Ibrahim Akhyar,G.,Haron Che,C.H. dan Ashari Husna.C, 2002. *Traditional Water Wheels as a Renewable Rural Eney*. Department of Mechanichanical and Material Engineering ,Unversiti Kebangsaan Malaysia , Bangi Darul Ehsan Selangtor ,436000, Malaysia.
7. James SENIOR, Patrick WIEMAN, Gerald MULLER .2005. *The Rotary Hydraulic Pressure Machine For Very Low Head Hydropower Sites*,University of Southampton, U.K.
8. Jennifer Esty 2005. *Water Wheels* Peabody Museum of Natural History, Yale University. All rights reserved.
9. Roger D. Hansen 2012. *Water Wheels*. www. Waterhistory. Org
10. Ryosuke Sonohata, Junichiro Fukutomi, Toru Shigemitsu. 2012. *Study on Contra-Rotating Small-Sized Axial Flow Hydro Turbine*.Journal of Fluid Dynamics,2012,2,318-323.
11. Tony Pujol, Jordi Sola, Lino Montoro, Marc Pelegrí. 2010 *Hydraulic performance of an ancient Spanish watermill* Elsevier, renewable Energy 35 (2010) 387-396.
12. Yusaku Kyozuka. 2008. *An Eksperimental Study on the Darrieus-Savonius Turbine for ther Tidal Current Power Generatio* (Journal of Fluid Science and Teknology).Faculty of Engineering Science, Kyushu University 6-1 Kasuga Koen .Fukuoka 816-8580 Japan.

Referensi.

1. Anurat Tevata and Chainarong Inprasit. *The Effect of Paddle Number and Immersed Radius Ratio on Water Wheel Performance*. Elsevier. Energy Procedia 9 (2011) 359-365.
2. Denny. M. *The efficiency of overshot and undershot waterwheels* Sandgate Road, Victoria, BC, V9C 3Z2, Canada E-mail: markandjane@shaw.ca Received 5 September 2003 Published 2 December 2003
3. Gerald Muller, Cristian Wolter, 2004, *The Breastshot Waterwheel: Design and Model Tests*,Researcher, Leibniz-Institute of Freshwater Ecology and Inland Fisheries, Berlin Germany.
4. Hansen D. Robert,2002 *Water Wheel*,E-Mail : www.waterhistori.org
5. Hubbard Steve,2006, *Hydropower In California* .of the sacramento Country Historical Societi Vo.4.No.1.2.(Journal).