

PEMBANGUNAN KINCIR AIR UNTUK IRIGASI DI POLO DAN TURBIN AIR TIPE *CROSSFLOW* UNTUK JARINGAN LISTRIK DI DESA LINAMNUTU KABUPATEN TTS, PROPINSI NTT

Development of waterwheel for Irrigation in Polo Village and Water Crossflow Turbine type for Electricity in Linamnutu Village, TTS Regency, East Nusa Tenggara Province

Remigildus Cornelis^{1*}, Verdy Koehuan², Ruslan Ramang³,

^{1,3,4} Program Studi teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana,
Jl. Adisuciptor – Kotak Pos No. 85237 – Kupang

² Program Studi teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana,
Jl. Adisuciptor – Kotak Pos No. 85237 – Kupang

* Penulis Korespodensi : remi@staf.Undana.ac.id

ABSTRAK

Pembangunan kincir air untuk irigasi dan turbin air tipe open crossflow untuk jaringan listrik telah dilakukan di saluran irigasi desa Polo dan desa Linamnutu, Kecamatan Bena, Kabupaten TTS. Data-data potensi energy alternatif sesuai hasil survey lapangan kegiatan pengabdian masyarakat sebagai berikut; a) Pada saluran irigasi desa Polo, debit aliran (pengukuran sesaat) berfluktuasi antara 0,2-1,0 m³/s, kecepatan 0,2-0,5 m/s, dan beda tinggi rata-rata 1 m per 300 m panjang saluran. b) Pada saluran irigasi desa Linamnutu, debit aliran (pengukuran sesaat) relatif stabil 1,34 m³/s, kecepatan 2,52 m/s dan beda tinggi pada salah satu terjunan 3,4 m. Berdasarkan data-data ini, dilakukan desain kincir air untuk desa Polo dan telah dibangun untuk mengalirkan air ke lahan pertanian dengan kapasitas 42 m³/s, sedangkan di Desa Linamnutu dilakukan desain turbin air tipe open crossflow dan telah dibangun untuk membangkit tenaga listrik dengan daya terpasang 20 kW. Kincir air yang dibangun dengan model kincir air Undershot untuk melayani kebutuhan irigasi pada lahan pertanian masyarakat desa Polo dan model turbin air open crossflow pembangkit daya listrik untuk jaringan listrik masyarakat desa Linamnutu.

Kata Kunci: Kincir air, Irigasi, Listrik, Turbin crossflow

ABSTRACT

The Development of waterwheels for irrigation in Polo Village and water open crossflow turbines type for electricity in Linamnutu Village, Bena District, TTS Regency, East Nusa Tenggara Province. Alternative energy potential data based on the results of the field survey are as follows; a) In the Polo village irrigation channel, the flow rate (instantaneous measurement) fluctuates between 0.2-1.0 m³/s, the water velocity is 0.2-0.5 m/s, and the average height difference is 1 m per 300 m length. b) In the Linamnutu village irrigation channel, the flow rate (instantaneous measurement) was relatively stable at 1.34 m³/s, a velocity of 2.52 m/s and a height difference is 1 m per 3,4 m length. Based on these data, a waterwheel has been designed and built in Polo village to flow water to agricultural field with a capacity of 42 m³/s, while in Linamnutu Village an open crossflow type water turbine has been designed and built to generate electricity with 20 kW. The waterwheel was designed using Undershot waterwheel model to serve the needs of irrigation system on the Polo agricultural and the open crossflow water turbine model was used for the electricity sistem of Linamnutu Village.

Keywords: Waterwheel, Irigation, Electricity, Crossflow turbine

I. PENDAHULUAN

Dalam rangka meningkatkan produktivitas dan menggerakkan perekonomian masyarakat di daerah Desa Polo dan Desa Linamnutu, Kabupaten Timor Tengah Selatan (TTS), Nusa Tenggara Timur (NTT) maka diperlukan suatu sumber energi baru yang bersifat “sustainability” dan tidak bersumber dari bahan bakar minyak dikarenakan daerah ini jauh dari distribusi BBM dan masih belum terjangkaunya jaringan listrik. Hal tersebut nampak karena bantuan pompa yang telah diberikan oleh pemda di Desa Polo, Kabupaten TTS, NTT, khususnya dusun Hausunaf, Desa Polo yang awalnya ditujukan untuk mengairi ladang jagung tidak dapat digunakan akibat kesulitan mendapatkan bahan bakar solar dan minyak tanah. Sedangkan di Desa Linamnutu khususnya dusun III telah memiliki saluran irigasi yang baik untuk persawahan, namun masih mengalami kekurangan energi listrik karena belum terlayani jaringan listrik dari PLN di daerah setempat. Karena itu sangat dibutuhkan energi alternatif untuk menggerakkan peralatan produksi seperti mol padi, pengolah pakan ternak, pemipil jagung, dan lain sebagainya. Untuk memecahkan permasalahan kebutuhan energi di lokasi terpencil tersebut maka sangat diperlukan pemanfaatan potensi energi alternatif non BBM yang ada di lokasi tersebut. Potensi energi lokal tersebut dapat berupa

pemanfaatan energi air, energi angin, energi surya dan sebagainya.

Dalam rangka pelaksanaan Tridharma Perguruan Tinggi maka Program Studi Teknik Mesin, Program Studi Teknik Sipil dan Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana (Undana) di Kupang, NTT, merasa perlu untuk melaksanakan Kegiatan Pengabdian Masyarakat dalam bentuk transfer teknologi tepat guna yang hasilnya dapat dirasakan oleh masyarakat langsung.

Survey awal selanjutnya dilakukan untuk mengidentifikasi sumber-sumber energi potensial. Hasilnya menunjukkan bahwa salah satu sumber potensial yang dapat dikembangkan dan dimanfaatkan adalah potensi aliran air irigasi yang telah dibangun oleh pemerintah di daerah tersebut. Potensi energi air di Desa Polo ini dapat dimanfaatkan untuk menggerakkan kincir air dengan diameter 4 meter yang akan mengangkat air dari saluran irigasi dan alirannya didistribusikan agar dapat mengairi ladang jagung. Sedangkan potensi air di Desa Linamnutu dapat dimanfaatkan sebagai pembangkit energi listrik untuk menunjang perekonomian masyarakat setempat.

II. METODE PELAKSANAAN

Pelaksanaan pengabdian diawali dengan pengumpulan data primer dan data sekunder. Data primer berupa data kondisi saluran irigasi, kondisi sosial kemasyarakatan,

dan data potensi energi alternatif, sedangkan data sekunder berupa data teknis terutama turbin pembangkit dan kincir air. Kegiatan pengabdian ini memanfaatkan fasilitas saluran irigasi yang telah dibangun oleh PEMDA Kabupaten TTS sehingga sebelum dilakukan survey awal maka terlebih dahulu dilakukan koordinasi dengan Instansi terkait terutama dinas pertambangan dan dinas pekerjaan umum PEMDA TTS. Survey lapangan awal yaitu pengukuran debit air dan elevasi di sungai linamnutu dan saluran irigasi Desa Polo. Berdasarkan hasil survey potensi energy awal selanjutnya dilakukan pengukuran dilapangan di lokasi saluran air. Hasil pengukuran berupa kecepatan dan debit air minimal serta posisi atau lokasi penempatan turbin pembangkit dan kincir air. Berdasarkan hasil pengukuran teknis tersebut selanjutnya dilakukan perhitungan dimensi dan pemilihan tipe kincir serta pembangkit termasuk fasilitas penunjangnya

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Pengabdian di Desa Polo Dusun Hausunaf

Hasil Survey Potensi Energi Alternatif Kebutuhan energi berupa bahan bakar minyak (solar, minyak tanah) di desa Polo adalah untuk menyalakan mesin pompa untuk mengangkat (memindahkan) air dari saluran irigasi menuju lahan tanaman jagung yang ada di sekitar saluran air. Pompa ini

diperlukan karena beda tinggi antara muka air dengan lahan jagung berkisar 3 –4 meter.

Namun pompa ini menjadi tidak berfungsi karena sangat sukarnya mendapatkan solar dan minyak tanah dan harganya yang lebih mahal dari harga eceran sehingga cukup memberatkan petani dalam operasional mesin pompa, ditambah pula dengan sulitnya mencari suku cadang pompa akibat kerusakan, padahal pengairan di daerah tersebut akan sangat membantu dalam meningkatkan hasil panen jagung.



Gambar 1. Saluran Irigasi Air Hausunaf



Gambar 2. Lokasi Pemasangan Kincir

Saluran Air Hausunaf memiliki kecepatan aliran berkisar 0.2–0.5 m/detik dengan debit 0.4–1 m³/detik, masih sangat kecil untuk dapat merubah energi potensial menjadi energi kinetik yang dapat

menggerakkan peralatan mekanik agar dapat menghasilkan listrik, dan di daerah ini tidak ditemukan adanya beda tinggi (*head*) yang memadai untuk menghasilkan energi listrik. Namun energi potensial air ini masih dapat digunakan untuk memutar kincir air seperti yang telah dimodelkan oleh Litbang PusAir, Kimpraswil (Arismunandar, 2008).

Berdasarkan kajian teknis, direncanakan akan dipasang sebuah Kincir Air dengan diameter 4 meter yang dilengkapi timba-timba untuk menampung air yang kemudian terangkat ke atas bersama-sama putaran kincir. Setelah timba-timba yang telah terisi air sampai di atas maka air akan tumpah dan ditampung untuk disalurkan melalui pipa distribusi menuju area ladang jagung.

Desain Teknis Kincir Air di Saluran Irigasi Desa Polo sebagai berikut :

1. Debit air yang dapat dialirkan

Debit air yang dapat dialirkan oleh satu unit kincir berdasarkan kondisi rata-rata fluktuasi aliran 0,81 % dari debit aliran rata-rata saluran irigasi desa Polo ($0,6 \text{ m}^3/\text{s}$), yaitu $0,0049 \text{ m}^3/\text{s}$ atau 4,9 liter/s (42141 liter/hari). Dengan kapasitas 42141 liter perhari, maka kincir dapat melayani lahan pertanian seluas 1,7 hektar (asumsi kebutuhan lahan tanaman jagung 25000 liter/hektar/hari).

2. Desain Konstruksi kincir

Jenis kincir yang akan diterapkan adalah undershot, dengan konstruksi jari-jari terbuat dari besi siku dan besi strip. Sedangkan sirip-sirip atau sudu kincir

dibuat dari bahan pelat alumunium, dengan dilengkapi timba terbuat dari pipa PVC diameter 2 inchi. Timba ini berfungsi untuk mengangkat air dari saluran ke tempat penampung (talang air) untuk selanjutnya disalurkan ke lahan pertanian. Dudukan kincir menggunakan besi U yang dicor pada landasan kincir, sedangkan bagian yang berputar atau poros kincir ditumpu oleh dua buah bearing tipe pillow block, diameter poros yang digunakan adalah 50 mm. Penghubung antara poros kincir dan jari-jari kincir menggunakan pelat besi (*flens*) setebal 8 mm yang sambungannya menggunakan sistem baut. Ukuran diameter kincir adalah 4,0 meter, tujuannya agar air dari dalam saluran dapat diangkat ke talang air yang letaknya 3 meter dari dasar saluran (kedalaman saluran irigasi Hausunaf 3 meter).

3. Desain landasan kincir

Landasan kincir air bertujuan meletakkan kincir pada posisi yang tepat, sehingga kincir menjadi lebih kokoh. Selain itu, lebar saluran adalah 3 meter, sementara kincir air lebarnya 1 meter, maka landasan juga berfungsi mengarahkan air ke barisan sudu atau sirip-sirip kincir.

4. Sistem Jaringan distribusi air

Air dari tempat penampungan (talang air), disalurkan ke lahan pertanian dengan menggunakan pipa PVC diameter 2 inchi secara gravitasi.



Gambar 3. Lokasi Pondasi Kincir air



Gambar 4. Persiapan pemasangan Pondasi kincir air



Gambar 5. Pemasangan kincir air



Gambar 6. Kincir air yang telah terpasang

3.2. Hasil Pengabdian di Desa Linamnutu

Berdasarkan survey awal di daerah Linamnutu, diperoleh permasalahan yaitu energi listrik untuk meningkatkan jumlah produksi pengelolaan hasil panen padi atau hasil pertanian lainnya. Hasil survey juga menunjukkan bahwa di Desa Linamnutu banyak sekali ditemukan potensi energi air yang memiliki kemampuan untuk menggerakkan kincir atau turbin yang dapat digunakan untuk menghasilkan energi listrik, karena daerah ini memiliki bendung air dan pada saluran airnya terdapat terjunan dengan *head* 3.4 m, kecepatan aliran 2.52 m/detik dengan debit 1.34 m³/detik. Kondisi ini memungkinkan untuk membangkitkan energi listrik dengan daya yang dapat dihasilkan sebesar 24.98 kW dengan model turbin *cross flow* (Triono, 2012).



Gambar 7. Lokasi Penempatan Cross Flow



Gambar 8. Saluran irigasi

Desain Teknis Turbin air Lokasi saluran irigasi desa Linamnutu sebagai berikut :

1. Saluran air, Kanal dan Pintu Air

Rencana pemasangan turbin di saluran irigasi desa Linamnutu memanfaatkan adanya terjunan pada saluran untuk mengubah energi potensial air menjadi energi kinetik dan energi mekanis pada poros turbin. Pada tempat terdapatnya terjunan ini akan dipasang kanal persegi empat untuk menyalurkan air ke barisan sudu turbin melalui nosel (menaikkan kecepatan air). Jadi tidak merubah konstruksi saluran irigasi secara keseluruhan, hanya menambahkan pintu air pada penampang saluran saat air memasuki terjunan. Tujuan penempatan pintu air ini adalah untuk mengatur debit aliran dan tinggi muka air atas sebelum masuk kanal. Sementara kelebihan debit aliran pada kanal, akan dialirkan melewati bagian atas kanal.



Gambar 9. Pemasangan pondasi turbin



Gambar 10. Tale race turbin yangtelah terpasang

2. Daya yang dapat dibangkitkan

Untuk menghitung daya yang dapat dibangkitkan maka digunakan rumus empiris sebagai berikut (Bono dan Indarto, 2008):

$$P = e . g . Q . H \quad (1)$$

P = daya yang dapat dibangkitkan, kW

e = efisiensi total

Q = debit (m³/detik)

H = head (m)

g = percepatan gravitasi (9.8 m²/detik)

Dengan estimasi efisiensi turbin 0.75, efisiensi generator 0.9, efisiensi transmisi 0.88 sehingga efisiensi total 0.594, maka daya output dari generator pada kondisi desain adalah sebesar 20.14 kW

$$H = 3,2 \text{ m}$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$V = 2,52 \text{ m/s}$
 $Q = 1,080134 \text{ m}^3/\text{s}$
 Daya turbin = $33,90757 \text{ kW}$
 Efisiensi transmisi = $0,88$
 Efisiensi turbin = $0,75$
 Efisiensi generator = $0,9$
 Efisiensi total = $0,594$
 Output generator = $20,1411 \text{ kW}$

Efisiensi turbin = $0,75$
 Putaran poros = 250 rpm
 Debit desain = $1,08 \text{ m}^3/\text{s}$
 Diameter *runner* = 293 mm
 Panjang *runner* = 1422 mm
 Jumlah sudu = 18 buah

3. Perlengkapan Elektrikal-Mekanik

Perangkat peralatan elektri-mekanik sistem pembangkit listrik turbin terdiri atas: Unit Turbin, Sistem transmisi mekanik, Alternator, Sistem kontrol beban ELC, dan Ballast load.

a. Unit Turbin

Berdasarkan potensi debit aliran air dan head di Linamnutu, maka jenis turbin yang paling cocok adalah turbin tipe *cross flow*. Efisiensi turbin air direncanakan $0,75$ pada kondisi optimum (Soenoko, 2012). Daya mekanik yang dihasilkan oleh turbin akan ditransmisikan menggunakan sabuk transmisi (V-belt) ke alternator 3 phasa, $220\text{V}/50\text{Hz}$ dengan putaran 1500 rpm . Sistem pembangkit dilengkapi dengan Kontrol ELC (*electronic load controller*) dengan beban pengatur atau penyeimbang (*ballast*) tipe pemanas air (*water heater*). Secara umum parameter desain turbin sebagai berikut (Raharjo, 2008):

Jenis turbin = *crossflow*
 Beda tinggi efektif = $3,2 \text{ m}$



Gambar 11. Unit turbin pembangkit



Gambar 12. Transmisi mekanik turbin

b. Sistem transmisi mekanik

Sistem transmisi mekanik berfungsi meneruskan energi mekanik putaran poros turbin ke *alternator* atau generator sekaligus menaikan putaran sesuai spesifikasi *alternator* (1500 rpm) (Zahri dan Bambang, 2010). Desain transmisi mekanik turbin *crossflow* Linamnutu menggunakan V-belt. Pulley pada sisi turbin berdiameter 900 mm dan *pulley* kecil pada sisi generator berdiameter 150 mm . Tiap *pulley* menggunakan sabuk V-belt rangkap tiga, sehingga lebar

tiap pulley menjadi 120 mm. Jarak antara poros runner turbin dan poros generator cukup dekat, sehingga untuk menghindari slip pada sabuk dan pulley, maka digunakan tambahan pulley pemindah dengan rasio putaran 6 atau kuadrat dari 2,45 diperoleh diameter pulley pemindah 367,4 mm. Sistem transmisi pada kedua sisi turbin dilengkapi pillow block bearing untuk menumpu poros, dan pada bagian tengah runner dipasang lagi sebuah *pillow block bearing* untuk mengurangi beban lendutan pada poros runner. Dengan demikian panjang runner dibagi dua bagian dengan panjang masing-masing 711 mm. Sedangkan diameter poros *runner* turbin 50 mm dan panjang 2000 mm.

c. Alternator atau generator

Sebagai pembangkit tenaga listrik digunakan AC generator sinkron 220V, 50Hz, 1500 rpm. Rating generator yang digunakan 20 KVA dengan efisiensi 0,9. Untuk lebih jelasnya spesifikasi generator sebagai berikut:

- Tipe = generator sinkron 3Ø, poros horizontal, double bearing
- Kapasitas = 20,0 kVA
- Tegangan = 220/380 V
- Putaran poros = 1500 rpm
- Efisiensi = 0,9
- Frekuensi = 50 Hz

d. Sistem kontrol beban dan proteksi

Sistem kontrol berfungsi mengatur kompensasi beban untuk menyeimbangkan beban dengan daya output generator. Sistem ini melindungi generator dan turbin dari *run away speed* apabila terjadi beban putur atau *drop*. Sistem kontrol yang digunakan adalah ELC (*electronic load controller*). Sistem kontrol ini menyatu dengan panel kontrol listrik dan bekerja secara otomatis.

Sebagai penyeimbang beban digunakan *ballast load water heater*. Kapasitas *ballast loat water heater* yang direncanakan adalah 20 kW. Sebagai pelengkap, sistem ketenagalistrikan (*electrical system*) pembangkit listrik turbin air Linamutu diproteksi dengan penggunaan *lightining arrester* dan sistem peng-arde-an.



Gambar 13. Kondisi Tale rase yang telah beroperasi



Gambar 14. AC generator turbin

4. Jaringan Transmisi Distribusi

a. Jaringan transmisi distribusi

Transmisi utama akan digunakan kabel LVTC 4 x 25 mm². Panjang total jalur transmisi dari rumah pembangkit adalah ± 400 meter dengan jumlah tiang listrik sekitar 10 buah. Sistem pengkabelan rumah dan transmisi distribusi mengacu pada standar PLN. Setiap sambungan rumah direncanakan sistem paket tanpa kWh meter. Perancangan kabel transmisi secara rinci tersaji pada lampiran.

b. Instalasi rumah

Jaringan distribusi pembangkit listrik tenaga air di desa Linamnutu akan memfasilitasi perumahan yang ada di sekitar desa Linamnutu khususnya dusun III.

5. Rumah Generator

Rumah pembangkit atau rumah generator merupakan tempat peralatan elektrikal-mekanik terpasang yang diletakan di pinggir saluran dengan ukuran 2 m X 3 m. Unit turbin berada dalam saluran, sedangkan unit transmisi mekanik (pulley), generator, panel kontrol dan ballast load terpasang di dalam rumah pembangkit. Bangunan rumah pembangkit merupakan bangunan pemanen pasangan bata dengan plesteran semen.

IV. PENUTUP

Kegiatan pembangunan kincir air untuk pengairan ladang jagung dan turbin untuk

menghasilkan listrik sangat strategis untuk mengembangkan dan mendorong pembangunan masyarakat karena memiliki potensi untuk mendorong kegiatan ekonomi produktif.

Pemanfaatan saluran irigasi akan maksimal karena keberadaan instalasi kincir dan turbin tidaklah menyebabkan kehilangan air. Air yang diangkat dan dialirkan melalui kincir akan kembali ke bawah permukaan tanah dan kembali kedalam siklus air. Sedangkan pada turbin hanya memanfaatkan gaya jatuh air yang akan memutar turbin, sehingga tidak akan mempengaruhi pasokan air ke lahan persawahan.

V. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada :

1. Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten TTS, NTT
2. Dinas Pertambangan Kabupaten TTS, NTT
3. Pemerintah Desa Polo dan Desa Linamnutu

VI. DAFTAR RUJUKAN

- (1) Arismundar, W. (2004). *Penggerak Mula Turbin*, edisi ketiga, Bandung:ITB
- (2) Bono dan Indarto. (2008). *Karakterisasi daya turbin Pelton mikro dengan variasi bentuk sudu*. Seminar Nasional Aplikasi Sains dan Teknologi 2008 – IST AKPRIND Yogyakarta
- (3) Triono M. (2012). *Pemodelan Turbin Cross-Flow Untuk Diaplikasikan Pada Sumber Air Dengan Tinggi Jatuh dan Debit Kecil*. (Jurnal Nutrino, Vol. 4 No.

2. Malang: Fakultas Saintek, UIN Maliki).

- (4) Raharjo T. (2008). *Pengaruh variasi profil sudu pada runner terhadap efisiensi yang dihasilkan oleh turbin air pelton*. Seminar Nasional Aplikasi Sains dan Teknologi 2008-Semarang.
- (5) Soenoko R. (2012). *Dual Kinetic Turbine Optimization as A Rural Electricity Power Generation*. Prosiding Seminar Nasional Science, Engineering and Technology. Brawijaya Malang.
- (6) Zahri KM dan Bambang. (2010). *Pengaruh tinggi sudu kincir air terhadap daya dan efisiensi yang dihasilkan*. Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) ke-9 Palembang. 13-15.