

## RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK BERSKALA KECIL MODEL TURBIN VORTEX SEBAGAI APLIKASI TEKNOLOGI TEPAT GUNA DI NAGARI KURANJI HULU

### *DESIGN AND CONSTRUCTION OF SMALL-SCALE POWER PLANT VORTEX TURBINE MODEL AS AN APPROPRIATE TECHNOLOGY APPLICATION IN HULU KURANJI VILLAGE*

**Purwanton<sup>(1)</sup>, Dori Yuvenda<sup>(2)</sup>, Randi Purnama Putra<sup>(3)</sup>, Muhibbudin<sup>(4)</sup>, Muldi Yuhendri<sup>(5)</sup>**

<sup>(1), (2), (3)</sup>Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang  
Kampus Air Tawar, Padang 25131, Indonesia

<sup>(4)</sup>Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala  
Kampus Tengku Nyak Arief, Banda Aceh 23111, Indonesia

<sup>(5)</sup>Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang  
Kampus Air Tawar, Padang 25131, Indonesia

[purwantonoseto@ft.unp.ac.id](mailto:purwantonoseto@ft.unp.ac.id)

#### Abstrak

Pembangkit listrik berskala kecil masih banyak dibutuhkan dikalangan masyarakat, khususnya di daerah tertinggal yang tidak terjangkau aliran Listrik PLN. Kawasan hutan lindung merupakan sumber potensi air yang muaranya adalah aliran sungai-sungai baik kecil maupun besar. Nagari Kuranji Hulu memiliki sumber air sebagai energi kinetic yang dapat dikonversi menjadi energi listrik atau tenaga pikohidro, Masyarakat di sekitarnya hanya memanfaatkan sebagai irigasi untuk persawahan. Teknologi Tepat Guna sebagai alternatif yang dapat membuka wawasan bagi masyarakat desa. Aplikasi Teknologi Tepat Guna ini diantaranya adalah Turbin air vortex. Turbin Vortex ini mempunyai keuntungan yaitu jumlah alairan air yang dibutuhkan relatif kecil, ketinggian permukaan jatuh air juga kecil dan ini sangat sesuai dengan kondisi aliran air pada sungai kecil atau parit. Secara keseluruhan biaya pembuatan pembuatan Turbin Vortex ini menjadi lebih murah. Konstruksi Turbin Vortex dirancang dengan menggunakan komponen komponen yang relatif kecil dan ringan sehingga secara keseluruhannya juga menjadi lebih murah, disamping itu dengan komponen yang kecil dan ringan ini memudahkan untuk mobilitas pemasangan Vortex. Konstruksi pembuatan Vortex ini tidak membutuhkan bendungan besar, pipa saluran panjang, dan pintu air yang besar. Penggunaan konstruksi kincir model turbin vortex ini dapat digunakan pada daerah aliran sungai yang mempunyai kecepatan aliran air antara 1–5 m/s tanpa harus diletakan pada air terjun yang tinggi. Pengujian alat ini dilakukan di Kanagarian Kuranji Hulu dengan membuat sebuah konstruksi tenaga listrik berskala kecil. Rancang bangun turbin ini dimulai dari survei awal di lapangan, analisis kapasitas turbin tenaga air, perencanaan desain turbin, proses fabrikasi dan pengujian kinerja dari turbin vortex.

**Kata Kunci :** Tenaga Air, Turbin Vortex, Kuranji Hulu, Pikohidro

#### Abstract

*Small-scale electricity generation is still much needed among the community, especially in underdeveloped areas where PLN electricity cannot reach it. Protected forest areas are potential sources of water whose estuaries are rivers, both small and large. Nagari Kuranji Hulu has a water source as kinetic energy which can be converted into electrical energy or picohydro power. The surrounding community only uses it as irrigation for rice fields. Appropriate Technology as an alternative that can open up insight for village communities. Applications of Appropriate Technology include vortex water turbines. This Vortex turbine has the advantage that the amount of water flow required is relatively small, the height of the falling surface of the water is also small and this is very suitable for the water flow conditions in small rivers or ditches. Overall the manufacturing cost of making this Vortex Turbine is cheaper. The Vortex Turbine construction is designed using relatively small and light components so that overall it is also cheaper, besides that the small and light components make it easier for the mobility of the Vortex installation. The construction of this Vortex does not require large dams, long pipelines and large sluice gates. The use of this vortex turbine model wheel construction can be used in river basins that have a water flow speed of between 1-5 m/s without having to be placed at a high waterfall. Testing of this tool was carried out in the Kuranji Hulu Village by creating a small-scale electrical power construction. The turbine design starts from an initial survey in the field, hydropower turbine capacity analysis, turbine design planning, fabrication process and performance testing of the vortex turbine.*

**Keywords :** Hydropower, Vortex Turbine, Upper Kuranji, Pikohydro

## I. Pendahuluan

Tenaga elektrik untuk dewasa ini sudah merupakan kebutuhan primer di masyarakat, sekarang ini masih belum semua lokasi di pedesaan yang dapat terjangkau oleh aliran listrik. Kondisi ini mungkin dapat disebabkan karena suatu daerah mempunyai lokasi yang sulit diakses oleh sarana angkutan umum. Metode lain dapat digunakan untuk menghasilkan tenaga elektrik seperti menggunakan bahan bakar fosil, juga menggunakan elektrik dengan energi tenaga matahari dan juga penggunaan energi kinetic air. Dewasa ini sejalan dengan perkembangan teknologi di segala sektor, maka PLN (Perusahaan listrik Negara) sangat berpengaruh terhadap penyediaan energi Elektrik bagi layanan masyarakat. Distribusi daya utama Listrik yang berasal dari PLN tidak juga selamanya bersifat teratur dalam pendistribusiannya. Kemungkinan dapat terjadi pemadaman total aliran Listrik dapat disebabkan oleh kendala pada sistem tenaga pembangkit, atau kendala pada sistem aliran transmisi dan sistem pembagi aliran listrik. Nagari Kuranji Hulu mempunyai potensi sumber daya alam berupa aliran sungai yang dapat dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik tenaga *picohydropower* (Purwanton, 2018) seperti yang ditunjukkan Gambar 1, Sekarang ini masyarakat nagari di sekitar aliran sungai belum mempunyai wawasan bagaimana cara mengaplikasikan aliran sungai tersebut disisi lain masyarakat nagari sangat membutuhkan tenaga listrik.



**Gambar 1.1. Potensi Aliran Irigasi di Nagari Kuranji Hulu**

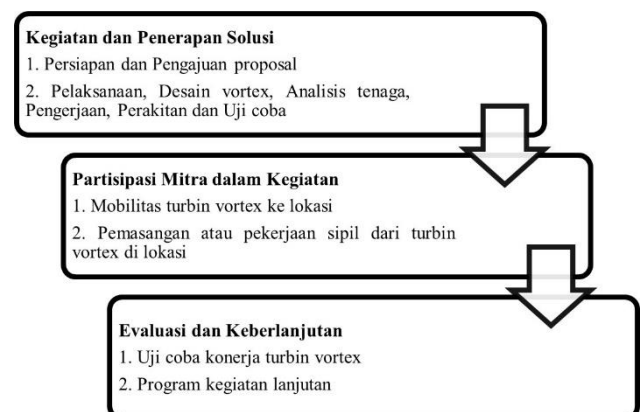
Kondisi saluran irigasi di Nagari Kuranji Hulu ini adalah cukup deras dan memiliki kecepatan aliran berkisar 1 – 5 m/detik. Perumahan penduduk umumnya berada pada daerah sepanjang aliran irigasi. Umumnya warga banyak yang tinggal di sepanjang saluran irigasi ini. Keberadaan warga yang tinggal ini masih ada yang belum terjangkau oleh jaringan PLN. Acuan dasar kegiatan ini direncanakan untuk Pembangunan pembangkit elektrik bersumber dari tenaga air dengan system turbin vortex yang bisa dimanfaatkan masyarakat dalam pemenuhan kebutuhan listrik (Arter, 1990), serta membuka wawasan bagi masyarakat tentang TTG.

Pertimbangkan latar belakang yang telah uraikan sebelumnya, tim pelaksana mengadakan program kegiatan untuk perencanaan dan pembuatan pembangkit listrik bertenaga air model turbin vortex (Nishi, et al. 2015). Pembangkit Listrik ini membutuhkan pekerjaan sipil (*civil work*) yang relatif murah. Pengerjaan pembangkit listrik dengan mengaplikasikan kincir air model turbin vortex ini jauh lebih murah jika dibandingkan dengan pembuatan turbin untuk head yang tinggi. Kincir air ini tidak membutuhkan bendungan yang besar serta saluran terbuka dan penstock yang panjang. Jenis kincir model turbin vortex ini khusus dipasang pada ketinggian air yang rendah (*low head*) (Herbhakti, 2020; Suwoto, 2018) dan yang sangat menguntungkan serta cocok untuk kontur aliran sungai/saluran irigasi yang ada di Nagari Kuranji Hulu. Selain itu, diharapkan dengan membangun Pembangkit listrik model turbin vortex ini masyarakat diajak untuk peduli dengan lingkungan hidup secara riil. Dengan menjaga kualitas hutan untuk menghasilkan air yang bermanfaat untuk memutar turbin pembangkit listrik skala *picohydropower*).

Adapun tujuan dari kegiatan ini adalah membangun sebuah pembangkit listrik pikohidro (PLTPH) berskala kecil sehingga listrik yang dihasilkan dapat dimanfaatkan oleh masyarakat untuk kebutuhan Nagari tersebut.

## II. Metode

Dalam rangka menyelesaikan kegiatan pembuatan pembangkit listrik berskala kecil yang dilakukan oleh tim pelaksana di bawah naungan dari LPPM UNP maka kegiatan ini dibagi dalam beberapa tahap seperti yang dijelaskan pada diagram alir di bawah ini:



**Gambar 2.1. Tahapan Pelaksanaan Kegiatan Rancang Bangun Turbin Vortex**

### 2.1 Tahap kegiatan untuk menerapkan solusi

Adapun tahapan kegiatan ini dibagi tiga tahap yaitu sebagai berikut:

#### A. Tahapan persiapan

- 1) Melakukan oservasi dan analisis kebutuhan kepada mitra di Nagari Kuranji Hulu Kecamatan Sungai Geringging Kabupaten Tanah Datar. Survei dan analisis kebutuhan dilakukan pada aliran sungai untuk mengetahui debit aliran, kecepatan air, ketinggian aliran dan bentuk saluran aliran sungai dan kondisi perumahan warga setempat. Dari hasil orservasi dan analisis kebutuhan disimpulkan bahwa perlu dilakukan pembuatan pembangkit listrik berskala kecil di Nagari Kuranji Hulu karena di daerah tersebut masih ada rumah yang belum terjangkau oleh listrik PLN dan ketersediaan potensi sumber tenaga air berupa aliran sungai yang dapat dibangun Pembangkit Listrik Tenaga Air skala *microhydropower*.
- 2) Pengajuan proposal kegiatan melalui Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Negeri Padang.

#### B. Tahap pelaksanaan

- 1) Pembuatan rancangan turbin vortex berupa diameter runner, poros, bentuk sudu (blade) dan sistem transmisi).
- 2) Proses manufaktur/pembuatan turbin vortex seperti gambar desain dan kerja, pemotongan, penyambungan, dan perakitan di Workshop Fabrikasi Teknik Mesin FT UNP.
- 3) Pemasangan dan uji coba pembangkit listrik tenaga air skala *picohydropower* seperti putaran turbin, putaran transmisi, tenaga output, tegangan dan arus listrik yang dihasilkan.

#### 2.2Partisipasi mitra dalam kegiatan

Dalam kegiatan ini mitra berperan dalam membantu pembuatan bangunan saluran aliran dan tempat pemasangan turbin serta sistem transmisi.

#### 2.3. Evaluasi program dan Keberlanjutan

- 1) Evaluasi kegiatan dilakukan setelah dilakukan uji coba peralatan sistem pembangkit listrik tenaga air skala *picohydropower* seperti performa dari putaran turbin, putaran transmisi, tenaga output yang dihasilkan, dan tegangan listrik serta arus listrik yang dihasilkan.
- 2) Keberlanjutan kegiatan ini akan tetap dilakukan pemantauan terhadap sistem yang sudah dibangun guna untuk mengetahui performa dari alat tersebut sehingga dapat dimanfaatkan oleh masyarakat.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan pembahasan dalam rangka rancang bangun pembangkit listrik berskala kecil membahas tentang pengujian kinerja turbin vortex yang di buat meliputi putaran runner, putaran generator, tegangan, kuat

arus, dan tenaga yang dihasilkan.

#### 3.1 Pembuatan Pembangkit Listrik Tenaga Picohidro Berskala Kecil Model Turbin Vortex

Untuk melakukan pembuatan pembangkit listrik tenaga picohidro berskala kecil maka dimulai dari beberapa tahapan sebagai berikut:

##### 3.1.1 Survei lapangan

Kegiatan survei lapangan bertujuan untuk menentukan lokasi penempatan turbin vortex, dan untuk menentukan kapasitas turbin vortex berdasarkan saluran air dan debit air. Adapun kegiatan survei lapangan telah dilakukan tim peneliti sebanyak 3 kali di Nagari Kuranji Hulu, Kabupaten Padang Pariaman pada bulan Juni 2023. Ada tiga tempat yang disurvei untuk menentukan Sungai atau saluran irigasi yang cocok untuk pemasangan PLTPH. Berikut dokumentasi survei lapangan yang dilakukan oleh Tim Pelaksana sebagai berikut:



**Gambar 3.1. Survei Lapangan Untuk Kelayakan Pemasangan Turbin Vortex**

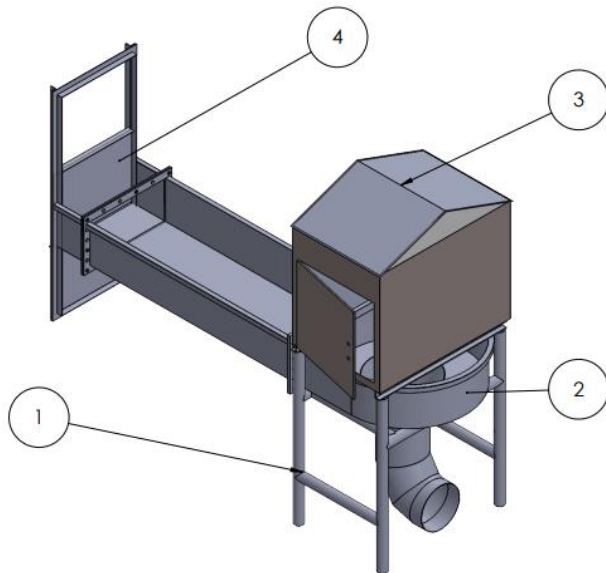
Setelah dapatkan Sungai atau saluran irigasi yang cocok untuk pemasangan PLTMH kemudian dilakukan perhitungan debit aliran yang digunakan untuk menentukan kapasitas turbin yang digunakan. Adapun jenis turbin yang digunakan untuk kegiatan ini adalah turbin air model vortex. Adapun keuntungan dari turbin adalah tidak memerlukan debit aliran yang besar, tidak membutuhkan ketinggian air yang tinggi (*low head*), pekerjaan sipil lebih sederhana (*low civil work*) dan lebih rendah biaya pembuatannya (*low cost*). Berikut dokumentasi perhitungan debit aliran saluran irigasi dalam rangka menentukan kapasitas turbin air:



### Gambar 3.2. Pengukuran Debit Aliran Saluran Irigasi

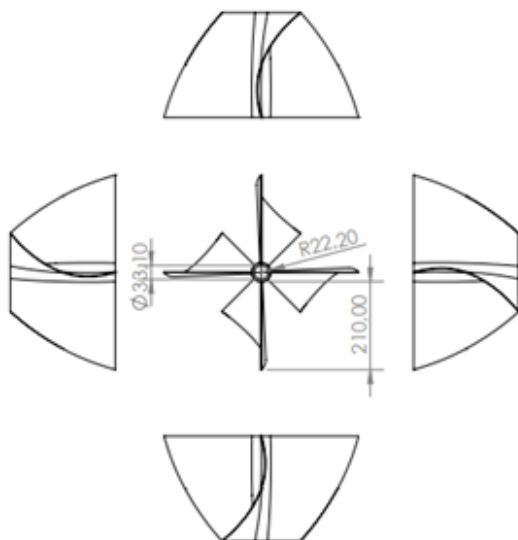
#### 3.2 Rancangan Turbin Air Model Vortex dan Model Saluran Air

Setelah dilakukan perhitungan debit aliran saluran irigasi kemudian dilanjutkan dengan pembuatan rancangan turbin air model vortex sebagai PLTPH. Pembuatan desain turbin air model vortex, rumah turbin dan saluran (*channel*) air masuk ke rumah siput menggunakan software solidwork. Berikut rancangan turbin air model vortex sebagai pembangkit listrik berskala kecil sebagai berikut:



**Gambar 3.3. Desain Pembangkit Listrik Berskala Kecil Menggunakan Turbin Vortex**

Adapun bentuk rancangan dari sudu (*blade*) pada turbin vortex yang dibuat adalah sebagai berikut:



**Gambar 3.4. Desain Sudu (*Blade*) dari Turbin Vortex**

#### 3.3 Manufacturing Pembangkit Listrik Berskala

#### Kecil Model Turbin Vortex

Proses pembuatan turbin air model vortex dikerjakan di Laboratorium Manufaktur Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang. Pekerjaan pembuatan saluran air dan turbin air melibatkan dosen peneliti, mahasiswa dan tenaga laboran. Adapun tahapan proses manufaktur adalah (1) Pembuatan rumah turbin air model vortex, (2) Pembuatan pintu air masuk, (3) Pembuatan saluran air (*Channel*), (4) Pembuatan rumah siput, (5) Pembuatan sudu turbin vortex dan poros runner, (6) Pembuatan dudukan PLTPH, (7) Finalisasi manufacturing. Gambar 3.5 menunjukkan hasil finalisasi pembuatan rancang bangun pembangkit listrik berskala kecil model vortex setelah dilakukan proses manufacturing. Adapun kegiatan finalisasi meliputi pengecekan hasil pengelasan, pengecatan dan pemasangan puli pada poros runner turbin dengan generator.



**Gambar 3.5. Rancang angun PLMTH Berskala Kecil Menggunakan Turbin Model Vortex**

Kemudian setelah dilakukan proses manufaktur dari pembangkit listrik berskala kecil model turbin listrik vortex maka selanjutnya dilakukan pemasangan konstruksi dilapangan dalam, dalam hal ini adalah pekerjaan civil dari bangun konstruksi dari turbin seperti yang terlihat pada Gambar 3.6 di bawah.

Adapun pembuatan konstruksi dari PLTPH ini menggunakan konsep *low cost*, dalam hal ini menggunakan biaya yang lebih rendah terutama pada pekerjaan civil-nya. Hal ini dikarenakan hampir semua material dari konstruksi PLTPH menggunakan plat baja sehingga mengurangi penggunaan material pasir dan semen.



**Gambar 3.6. Pemasangan konstruksi PLTPH pada Saluran Irigasi**

### 3.4 Hasil Uji Kapasitas PLTPH model Turbin Vortex

Adapun spesifikasi dari Pembangkit Listrik Tenaga Pichohydro (PLTPH) model turbin vortex yang dibangun dapat dilihat dari Tabel 3.1 di bawah ini:

**Tabel 3.1. Spesifikasi PLTPH Model Turbin Vortex**

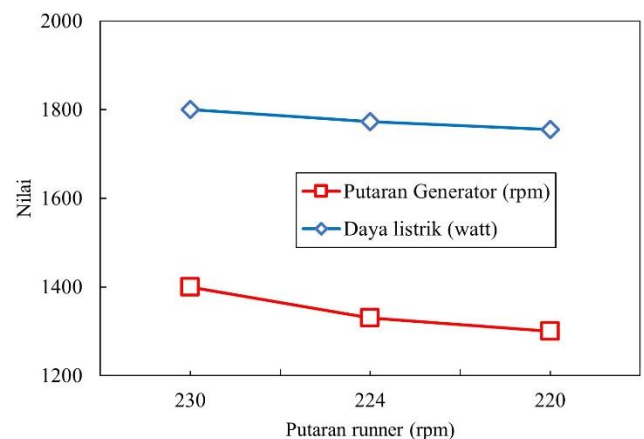
Item	Spesifikasi
Diameter chashing turbin (mm)	900
Diameter kerucut turbin atas (mm)	300
Diameter kerucut turbin bawah (mm)	200
Tinggi runner turbin vortex (mm)	300
Saluran penampang intake (mm)	600x300
Panjang saluran (channel)	2000
Tinggi pintu air masuk (mm)	1500
Water Gate (mm)	600x400
Diameter pipa elbow (mm)	300
Tinggi stand rumah siput (mm)	800
Kapasitas generator (watt)	1000
Tegangan (volt)	200
Kuat Arus (amper)	5
Putaran (rpm)	1400
Rasio transmisi pully jenis V-belt	1:6
Cupper plat sheet	ada

Pengujian kinerja dari turbin vortex dilakukan dengan variasi bukaan pintu masuk dari saluran air menuju turbin. Adapun hasil pengujian dengan bukaan pintu masuk (*water gate*) sebesar 50% adalah sebagai berikut:

**Tabel 3.2 Hasil Pengujian Turbin Vortex Dengan Bukaan *Water Gate* dengan 50%**

Beban	Putaran generator (rpm)	Tegangan (V)	Kuat arus (A)	Daya
Tanpa beban	1400	200	9	1800
Putaran normal	1330	197	9	1773
Dengan beban	1300	195	9	1755

Dari Tabel 3.2 menunjukkan bahwa daya listrik terbesar dihasilkan pada turbin tanpa beban pada putaran generator 1400 rpm. Kemudian dari hasil pengujian juga dapat dijelaskan hubungan putaran dengan daya listrik yang dihasilkan oleh generator seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.7 di bawah.



**Gambar 3.7. Hubungan Daya dengan Putaran Pada Bukaan *Water Gate* 50%**

Gambar 3.7 menunjukkan bahwa putaran runner dan putaran generator terbesar pada pengujian tanpa beban dengan daya listrik terbesar 1800 watt.

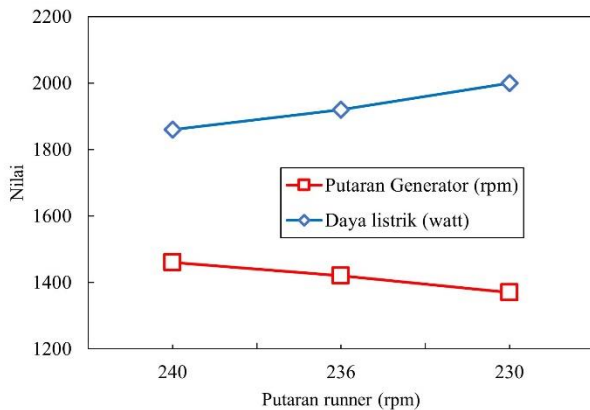
Adapun hasil pengujian dengan bukaan pintu masuk (*gate intake*) sebesar 100% adalah sebagai berikut:

**Tabel 3.3 Hasil Pengujian Turbin Vortex dengan Bukaan *Water Gate* dengan 100%**

Beban	Putaran generator (rpm)	Tegangan (V)	Kuat arus (A)	Daya
Tanpa beban	1400	200	9.3	1860
Putaran normal	1420	197	9.6	1920
Dengan beban	1370	200	10	2000

Dari Tabel 3.3 menunjukkan bahwa daya listrik

terbesar dihasilkan pada turbin dengan beban pada putaran generator 1370 rpm. Kemudian dari hasil pengujian juga dapat dijelaskan hubungan putaran dengan daya listrik yang dihasilkan oleh generator seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.8 di bawah.



**Gambar 3.8. Hubungan Daya dengan Putaran Pada Bukaannya *Water Gate* 100%**

Gambar 3.8 menunjukkan bahwa putaran runner dan putaran generator terbesar pada pengujian menggunakan beban dengan daya listrik terbesar 2250 watt.

#### IV. Pembahasan

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa pada bukaan gate intake 50% terjadi penurunan daya listrik dengan pemberian beban pada generator listrik. Hal ini dikarenakan dengan penurunan putaran runner akibat debit aliran yang masih rendah dan membutuhkan gaya yang besar untuk memutar sudu turbin sehingga mengakibatkan putaran pada generator juga turun dengan demikian tegangan listrik yang dihasilkan menjadi lebih rendah.

Berbeda dengan bukaan *water gate* 100% daya yang dihasilkan semakin besar karena laju debit aliran meningkat sehingga meningkatkan putaran runner dan putaran generator sehingga berpengaruh terhadap peningkatan tegangan. Ketika pengujian dengan menggunakan beban terjadi peningkatan daya listrik yang dihasilkan oleh generator meskipun putaran runner sedikit turun, hal ini dikarenakan dengan peningkatan beban makan menghasilkan kuat arus yang dihasilkan sehingga berkontribusi pada peningkatan daya listrik.

#### V. Kesimpulan

Kegiatan Aplikasi TTG dengan judul Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Air Berskala Kecil Model Turbin Air Vortex di Nagari Kuranji Hulu Kabupaten Padang Pariaman dapat disimpulkan bahwa dalam Pembangunan sebuah PLTPH dibutuhkan ketersediaan air yang sesuai dengan desain Vortex yang di desain. Rata-rata hasil pengujian menunjukkan pengujian ini dihasilkan dari Bukaannya pintu air (*water gate*) 100 % atau bukaan

penuh. Putaran Turbin Vortex sebesar 1370 Rpm, Tenaga yang dihasilkan sebesar 2000 Watt. Ketersediaan air ini harus diprediksi ketika pada musim hujan dan kemarau. Debit aliran air ini merupakan parameter yang penting untuk menentukan kapasitas turbin Vortex yang dibuat. Faktor pendukung yang lain juga desain gambar konstruksi dan dimensi yang jelas sesuai dengan kondisi di lapangan, sehingga proses manufacturing dapat selesai sesuai dengan jadwal yang ditentukan.

#### Referensi

- Arter A. 1990. *Hydraulics Engineering Manual*. Swiss: SKAT, Swiss Center for Appropriate Technology St.Gallen.
- Herbhakti, F. A. 2020. "Perancangan Dan Eksperimen Model Turbin Gravitasi Vortex Skala Laboratorium". Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Nishi Y, Inagaki T, Li Y, Hatano K. 2015. "Study on an Undershot Cross-Flow Water Turbine with Straight Blades". *Int J Rotating Mach*, 1-10.
- Purwantono. 2018. "Model Pengemangan Kincir Screw Aksial sebagai Penggerak Pembangkit Listrik Mini Hidro (PLTMH)". Padang: Universitas Negeri Padang.
- Suwoto, G. 2018. "Pembuatan Turbin Vortex dengan Sudu Pipa Belah Tiga", *Tek. Energi*, 14 (3), 72-77.