

ANALISA PENGUJIAN TURBIN AIR JENIS *CROSSFLOW* TERHADAP VARIASI DEBIT

Ihat Solihat¹, Edi Tri Astuti², Hardy Rudiat³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Mesin, Universitas Pamulang, Jl. Surya Kencana No. 1, Tangerang Selatan, Indonesia

E-mail : dosen00990@unpam.ac.id

Masuk : 7 Maret 2019

Direvisi : 27 Maret 2019

Disetujui : 6 April 2019

Abstrak:Isu krisis energi terus berkembang, dimana dibutuhkan energi terbarukan agar dapat menggantikan energi fosil yang menurut perkiraan akan segera habis, sehingga apabila tidak ada energi yang terbarukan maka manusia akan kekurangan energi, salah satu upaya pengembangan energi terbarukan adalah tenaga air. Tenaga air adalah tenaga yang diperoleh dari air yang mengalir. Energi yang dimiliki air dapat dimanfaatkan dan digunakan dalam bentuk energi mekanis maupun energi listrik. Turbin *crossflow* mempunyai konstruksi yang sederhana dan memberikan biaya operasional kecil. Penelitian ini dilakukan menggunakan instalasi penelitian yang tersusun atas beberapa peralatan utama. Diantaranya runner (piringan dan sudu), nozel, rotameter, *preassure gauge*, *tachometer* dan neraca pegas. penelitian ini menggunakan debit 0,000527 m³/s, 0,000611 m³/s dan 0,000694 m³/s dengan variasi volume air 0,05 m³, 0,1 m³, dan 0,2 m³, menggunakan sudu berjumlah 28 sudu. Unjuk kerja turbin *crossflow* ditunjukkan berdasarkan tekanan, torsi, dan daya turbin serta efisiensi turbin yang diperhitungkan dari hasil pengujian. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa debit air 0,000694 m³/s yang lebih baik dibandingkan dari debit air 0,000527 m³/s yaitu pada putaran (315,4 rpm) torsi (0,5886 Nm) daya turbin (15,475 watt), daya air (34,722 watt) dan efisiensi turbin (44,6%) terjadi pada debit air 0,000694 m³/s.

Kata kunci : Turbin *Crossflow*, Sudu, Volume, Efisiensi

PENDAHULUAN

Distribusi energi listrik di daerah belum merata, kebutuhan energi listrik yang semakin meningkat membutuhkan solusi pembangkit listrik yang mudah serta murah namun memiliki efisiensi dan menghasilkan daya yang tinggi. Sejumlah cara telah dilakukan untuk memenuhi kebutuhan listrik agar terpenuhi, misalnya dengan menggunakan berbagai alternatif sumber energi baik angin ataupun uap dalam bentuk pembangkit listrik tenaga angin (PLTA) ataupun pembangkit listrik tenaga Uap (PLTU). Namun Sumber energi alternatif tersebut membutuhkan biaya pembangunan dan perawatan yang cukup tinggi, sehingga masih sangat jarang dilakukan pembangunan instalasi PLTA ataupun PLTU tersebut.

Air merupakan sumber energi yang berada di wilayah permukiman. Pemanfaatan air sebagai sumber energi listrik berupa penggunaannya dalam pembangkit Listrik tenaga Air dengan menggerakkan turbin air. Turbin air jenis *crossflow* paling banyak diaplikasikan di masyarakat sebagai sebuah bagian dari pembangkit listrik tenaga air skala kecil (mikrohidro). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui variasi volume air debit, torsi turbin, dan daya turbin. turbin air jenis *crossflow*. Turbin *crossflow* merupakan turbin aksi (*impulse turbine*).^[8] Keuntungan penggunaan turbin *crossflow* yaitu dapat menghemat biaya namun menghasilkan daya yang besar. Hal ini karena turbin *crossflow* memiliki ukuran lebih kecil dan kompak dibandingkan jenis turbin yang ada di Pembangkit Listrik tenaga angin. Diameter kincir pada turbin pembangkit tenaga angin biasanya 2 meter ke atas, tetapi diameter turbin *crossflow* dapat dibuat hanya 20 cm saja sehingga bahan-bahan yang dibutuhkan jauh lebih sedikit, itulah sebabnya bisa lebih murah. Hasil lain yang menyatakan keunggulan turbin *crossflow* yaitu telah dilakukan pengujian oleh *ossberger* yang merupakan pabrik turbin di Jerman yaitu daya efisiensi pada turbin *crossflow* lebih tinggi 82% dibandingkan dengan daya yang dihasilkan dengan turbin jenis lain meskipun jenis terbaik^[8]. Penyebab efisiensi turbin *crossflow* sangat tinggi dikarenakan terjadinya dua kali pemanfaatan energi air. Pertama terjadi pada sudu-sudu saat air mulai masuk sehingga energy air akan muncul ketikasaling berumbukan di putaran sudu sudu tersebut. Faktor kedua munculnya gaya dorong air yang terjadi

di sudu-sudu ketika air meninggalkan roda gerak. Sistem yang sederhana dan bertingkatnya kerja air inilah yang menyebabkan turbin *crossflow* dapat menghasilkan daya yang tinggi namun tetpa mudah dan efisien .^[2]Tujuan dari penelitian ini mengetahui berapa daya turbin yang dihasilkan serta evisiensi turbin jenis *crossflow*nya. Batasan penelitian ini hanya pada volume sebanyak 3 variasi, ketinggian pipa dibuat tetap dan Headloss yang terjadi diabaikan.

METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan di di Kp. Cilenggang 2 No 89 Desa Cilenggang kecamatan Serpong Kota Tangerang Selatan,Banten.

Teknik pengambilan data :

Dalam desain alat uji ini mula – mula air dalam bak penampung di pompa menggunakan pompa sentrifugal agar dapat memenuhi toren penampung dengan ketinggian 510 cm dan mempunyai volume 200 ltr , dirancang pula pipa – pipa dengan diameter yang sama di dalam rancangan pipa ini kami meletakkan alat ukur tekanan (*pressure gauge*) dan alat ukur rotameter untuk mengukur laju aliran air tersebut, lalu pada ujung pipa akan dipasang sebuah *nozzle* agar laju aliran ini dapat bertambah kencang sehingga dapat memutar sudu – sudu pada turbin *crossflow*.

Setelah semprotan air pada pipa mengenai sudu – sudu maka turbin akan berputar ,putaran turbin ini sangat dipengaruhi dengan kecil dan besarnya tekanan dan debit yang ada didalam pipa tersebut. Selain dari rancangan dan alat berikut saya juga memasang sebuah neraca pegas untuk menghitung laju putaran turbin, hal ini bertujuan untuk mendapatkan hasil analisa dan perhitungan alat uji turbin *crossflow* ini. Berikut tahapan pengambilan data yang dilakukan:

1. Mengisi air pada toren/bak penampungan hingga benar-benar penuh sesuai kapasitasnya.
2. Instalasi pipa, Pipa pada instalasi bantu harus kuat dan rapat dalam pemasangan karena dapat mempengaruhi hasil saat pengujian, hal ini isebabkan oleh adanya penurunan tekan air karena kebocoran pada pipa.
3. Pemeriksaan turbin terkait kebocoran maupun gangguan yang dapat mempengaruhi hasil pengujian.
4. Pemasangan alat ukur seperti ; *preassure gauge*, *rotameter*, *liquid flow*, *stopwatch*, dan *tachometer* Katup, Pemasangan dan kondisi pada *Stop valve*, *Preassure gauge* dan *Rotameter*.
5. Aliran air dialirkan dengan cara membuka valve pada toren.
6. Tekanan diukur dengan menggunakan preassure gauge yang sebelumnya telah dipasang, dan dipastikan valve yg menuju turbin di tutup dahulu sampai angka pada alat ukur ini benar-benar menunjukkan angka yang stabil.
7. debit diukur dengan menggunakan Rotameter, untuk mengukur debit ini harus membuka valve yang terletak sejalur dengan rota meter.
8. diukur kecepatan putar pada turbin dengan menggunakan tachometer, untuk mengukur kecepatan putar ini harus menutup *valve* yg sejalur dengan rotameter dan membuka *valve* yang ke arah turbinnya. Dan catat semua data hasil pengujian.
9. Ulangi kembali langkah 5-8 tetapi dengan menggunakan volume air yang berbeda.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji kinerja dilakukan pada mesin turbin air jenis *crossflow* dengan menggunakan variasi volume air 0,05 m^3 , 0,1 m^3 , dan 0,2 m^3 , dengan ketinggian 5,1 m dibuat tetap. Kegiatan yang dilakukan meliputi pengambilan data untuk mengetahui debit air, putaran turbin, torsi dan daya turbin pada mesin turbin *crossflow*.

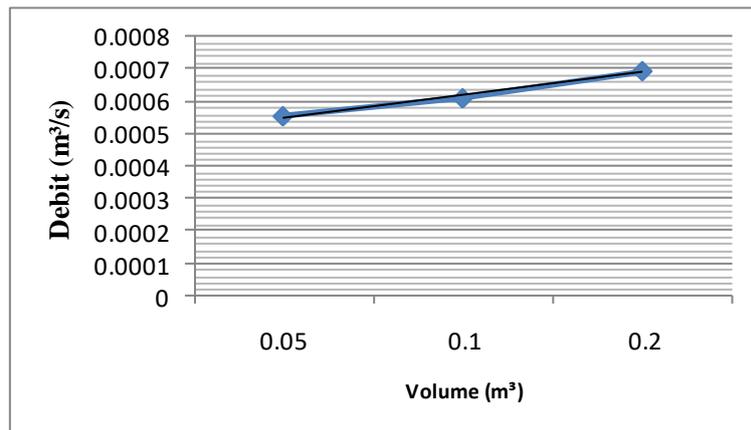
Tabel 1. Data pengukuran.

No	Volume (m^3)	Debit (m^3/s)	Putaran Turbin (Rpm)	Torsi (Nm)	Daya Turbin (Watt)
1	0,05	0,000556	263,7	0,368	10,157
2	0,1	0,000611	280,9	0,441	11,456
3	0,2	0,000694	315,4	0,589	15,475

1.Volume Terhadap Debit

Volume aliran pada turbin air untuk mengetahui seberapa besar debit suatu aliran dalam turbin air pada keadaan volume air yang berbeda. Semakin tinggi volume air maka semakin tinggi pula debitnya.

Dari tabel 1 diketahui volume dapat mempengaruhi Debit yang diterima. Semakin banyak volume airnya, maka semakin besar debit yang diterima. Berdasarkan tabel di atas, maka dapat dibuat sebuah grafik di gambar 1 untuk mengetahui pengaruh kecepatan volume air terhadap debit. Berdasarkan gambar di atas , debit tertinggi didapat ketika volume air sebanyak 0,2 m^3 , sedangkan yang terendah pada saat volume air sebesar 0,05 m^3 . Semakin banyak volume airnya, maka semakin tinggi pula debit yang dihasilkan.



Gambar 1. Grafik Pengukuran Debit Dengan Volume

2. Debit Terhadap daya turbin

Untuk menghitung daya turbin dibutuhkan perhitungan torsi dan kecepatan angulernya. Data yang diambil dari pengujian debit air ini didapat hasil nilai massa bebannya, dan disetiap variasi debit air maka akan berbeda hasil massanya, dalam pengujian ini didapat massa pada turbin. diketahui debit air dapat mempengaruhi massa beban yang diterima. Semakin besar debit airnya, maka semakin besar massa beban yang diterima. Dari data hasil pengujian didapat perhitungan torsi. Untuk mendapatkan nilai torsinya maka diperlukan persamaan sebagai berikut :

$$\tau = m \cdot g \cdot r$$

Dengan : τ = torsi (N.m)

m = massa (kg) $m_1 = 2,5$ kg, $m_2 = 3$ kg dan $m_3 = 4$ kg

g = gaya gravitasi (m/s) 9,81 m/s

r = jari-jari poros turbin (m) 0,015 m

3. Perhitungan Torsi

1. Perhitungan ke-1 dengan beban 2,5 kg

$$\begin{aligned} \tau &= m \cdot g \cdot r \\ &= 2,5 \times 9,81 \times 0,015 \\ &= 0,368 \text{ N.m} \end{aligned}$$

2. Perhitungan ke-2 dengan beban 3 kg

$$\begin{aligned} \tau &= m \cdot g \cdot r \\ &= 3 \times 9,81 \times 0,015 \\ &= 0,441 \text{ N.m} \end{aligned}$$

3. Perhitungan ke-3 dengan beban 4 kg

$$\begin{aligned} \tau &= m \cdot g \cdot r \\ &= 4 \times 9,81 \times 0,015 \\ &= 0,5886 \text{ N.m} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas, torsi tertinggi didapat ketika massa pembebanan sebesar 4 kg, sedangkan yang terendah pada saat massa pembebanan sebesar 2,5 kg. Selain torsi, untuk mengetahui daya turbin adalah kecepatan anguler, dan dari pengujian volume ini didapat nilai putaran turbinnya, dimana nilai putaran turbin ini untuk mengetahui nilai kecepatan angulernya. Seperti yang terlihat pada tabel 4.1

Dari tabel tersebut kita dapat mengetahui nilai kecepatan Anguler dengan menggunakan persamaan:

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60}$$

Dengan : ω = kecepatan anguler (rad/s)

n = Putaran Turbin (Rpm)

4. Perhitungan Kecepatan Anguler

1. Perhitungan ke-1 dengan $n_1 = 263,7$ Rpm

$$\begin{aligned}\omega &= \frac{2\pi \cdot n}{60} \\ &= \frac{2 \times 3,14 \times 263,7}{60} \\ &= 27,60 \text{ rad/s}\end{aligned}$$

2. Perhitungan ke-2 dengan $n_2 = 280,9$ Rpm

$$\begin{aligned}\omega &= \frac{2\pi \cdot n}{60} \\ &= \frac{2 \times 3,14 \times 280,9}{60} \\ &= 29,40 \text{ rad/s}\end{aligned}$$

3. Perhitungan ke-3 dengan $n_3=315,4$ Rpm

$$\begin{aligned}\omega &= \frac{2\pi \cdot n}{60} \\ &= \frac{2 \times 3,14 \times 315,4}{60} \\ &= 33,012 \text{ rad/s}\end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, kecepatan angular tertinggi didapat ketika debit air sebanyak 0,000694 m³/s, sedangkan yang terendah pada saat debit air sebanyak 0,000556 m³/s. Semakin banyak volume airnya, maka semakin tinggi kecepatan angular yang didapat. Setelah mendapatkan nilai torsi dan nilai kecepatan angularnya maka dibutuhkan perhitungan daya turbinnya. Untuk mengetahui nilai daya turbin maka menggunakan persamaan:

$$P_t = \tau \cdot \omega$$

Dengan : P_t = Daya turbin (watt)

$$\tau = \text{Torsi (N.m)} = \tau_1 = 0,386 \text{ Nm}, \tau_2 = 0,441 \text{ Nm}, \tau_3 = 0,5886 \text{ Nm}$$

$$\omega = \text{Kecepatan angular (rad/s)} = \omega_1 = 27,60 \text{ rad/s}, \omega_2 = 25,978 \text{ rad/s}, \omega_3 = 26,292 \text{ rad/s}$$

5. Perhitungan Daya Turbin

4.4 Perhitungan ke-1 dengan $\tau_1 = 0,386$ Nm dan $\omega_1 = 27,60$ rad/s

$$\begin{aligned}P_t &= \tau \cdot \omega \\ &= 0,368 \times 27,60 \\ &= 10,157 \text{ watt}\end{aligned}$$

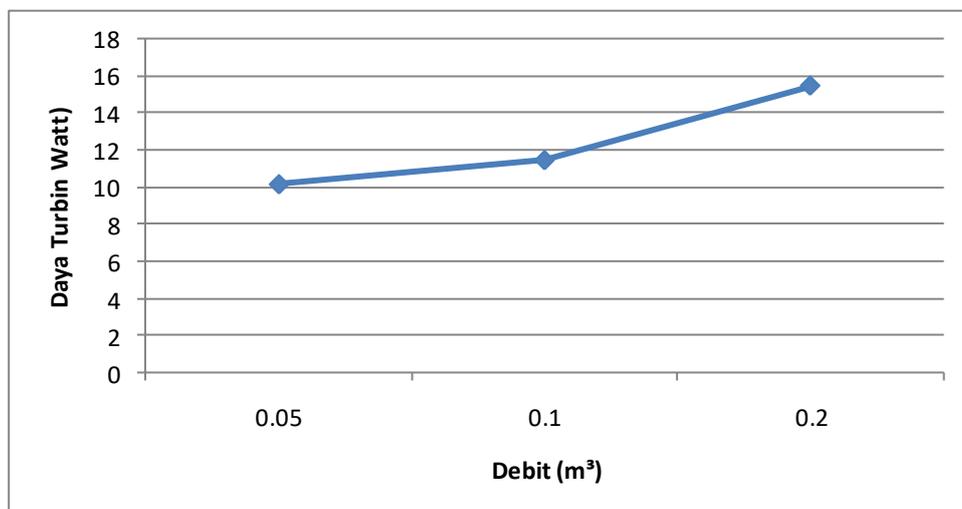
Perhitungan ke-2 dengan $\tau_2 = 0,441$ Nm dan $\omega_2 = 25,978$ rad/s

$$\begin{aligned}P_t &= \tau \cdot \omega \\ &= 0,441 \times 25,978 \\ &= 11,456 \text{ watt}\end{aligned}$$

Perhitungan ke-3 dengan $\tau_3 = 0,5886$ Nm dan $\omega_3 = 26,292$ rad/s

$$\begin{aligned}P_t &= \tau \cdot \omega \\ &= 0,5886 \times 26,292 \\ &= 15,475 \text{ watt}\end{aligned}$$

Hasil perhitungan daya kemudian dibuatkan grafik, seperti yang terlihat pada gambar 2



Gambar 2 Grafik Debit Terhadap Daya Turbin

Berdasarkan grafik di atas, daya turbin tertinggi didapat ketika volume air sebanyak 0,2 m³, sedangkan yang terendah pada saat torsi sebesar 0,05 m³. Semakin banyak volume airnya, maka semakin tinggi pula Daya turbinnya.

6. Debit Terhadap Daya Air

Untuk mengetahui nilai daya air dengan ketinggian tetap 5,1 meter dengan menggunakan persamaan :

$$P_a = Q \cdot \rho \cdot g \cdot H$$

Dengan : Q = debit air (m³/s) = Q₁ = 0,000556, Q₂ = 0,000611, Q₃ = 0,000694

ρ = massa jenis air (kg/m³) = 1000 kg/m³

g = gaya gravitasi (m/s²) = 9,81 m/s²

H = ketinggian (m) = 5,1 m

Perhitungan Pengujian

Perhitungan ke-1 dengan Q₁ = 0,000556 m³/s

$$\begin{aligned} P_a &= Q \cdot \rho \cdot g \cdot H \\ &= 0,000556 \times 1000 \times 9,81 \times 5,1 \\ &= 27,817 \text{ watt} \end{aligned}$$

Perhitungan ke-2 dengan Q₂ = 0,000611 m³/s

$$\begin{aligned} P_a &= Q \cdot \rho \cdot g \cdot H \\ &= 0,000611 \times 1000 \times 9,81 \times 5,1 \\ &= 30,569 \text{ watt} \end{aligned}$$

Perhitungan ke-3 dengan Q₃ = 0,000694 m³/s

$$\begin{aligned} P_a &= Q \cdot \rho \cdot g \cdot H \\ &= 0,000694 \times 1000 \times 9,81 \times 5,1 \\ &= 34,722 \text{ watt} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan daya air kemudian dibuatkan tabel, seperti yang terlihat pada tabel 4.5.

Tabel 2 Data Hasil Perhitungan Daya Air Pada Ketinggian Tetap 5,1 m

No	Debit (m ³ /s)	Daya Air (watt)
1	0,000556	27,817
2	0,000611	30,569
3	0,000694	34,722

Berdasarkan tabel di atas, daya air tertinggi didapat ketika debit air sebesar 0,000694 m³/s, sedangkan yang terendah pada saat debit air sebesar 0,000527 m³/s. Semakin tinggi debit airnya, maka semakin tinggi pula daya air yang didapat.

7. Efisiensi turbin (n_t)

Untuk mengetahui nilai efisiensi pada turbin dengan daya turbin dan daya air yang telah diketahui (lihat table 3)

Tabel 3 Data Hasil Perhitungan Daya Turbin Dan Daya Air

No	Daya Turbin (Watt)	Daya Air (Watt)
1	10,157	26,366
2	11,456	30,569
3	15,475	34,722

Berdasarkan Tabel diatas, maka untuk mengetahui efisiensi turbin dengan menggunakan persamaan :

$$n_t = \frac{P_t}{P_a} \times 100\%$$

Perhitungan Pengujian

1. Perhitungan ke-1 dengan $P_{t1} = 10,157$ watt dan $P_{a1} = 26,366$ watt

$$n_t = \frac{P_{t1}}{P_{a1}} \times 100\% \\ = \frac{10,157}{27,817} \times 100\% = 36,5 \%$$

2. Perhitungan ke-2 dengan $P_{t2} = 11,456$ watt dan $P_{a2} = 30,569$ watt

$$n_t = \frac{P_{t1}}{P_{a1}} \times 100\% \\ = \frac{11,456}{30,569} \times 100\% = 37,5 \%$$

3. Perhitungan ke-3 dengan $P_{t3} = 15,475$ watt dan $P_{a3} = 34,722$ watt

$$n_t = \frac{P_{t1}}{P_{a1}} \times 100\% \\ = \frac{15,475}{34,722} \times 100\% = 44,6 \%$$

Hasil perhitungan efisiensi turbin kemudian dibuatkan tabel, seperti yang terlihat pada tabel 4.4 .

Tabel 4 Data Hasil Perhitungan Efisiensi Turbin

No	P_t/P_a (watt)	Efisiensi turbin (%)
1	0,365	36,5
2	0,375	37,5
3	0,446	44,6

Berdasarkan tabel 4. nilai efisiensi turbin tertinggi yaitu 44,6% didapat ketika debit air sebesar 0,000694 m³/s, sedangkan yang terendah yaitu 36,5% pada saat debit air sebesar 0,000556 m³/s. Dalam perhitungan ini, maka bisa disimpulkan semakin besar debit air yang keluar, maka semakin tinggi pula efisiensi turbin yang didapat.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan perancangan turbin air jenis *crossflow* , maka dapat disimpulkan yaitu daya turbin tertinggi yaitu 15,475 Watt didapat ketika debit air sebanyak 0,000694 m³/s, sedangkan yang terendah yaitu 10,157 Watt didapat ketika debit air 0,000556 m³/s. Nilai efisiensi turbin tertinggi yaitu 44,6% didapat ketika debit air sebesar 0,000694 m³/s, sedangkan yang terendah yaitu 36,5% pada saat debit air sebesar 0,000556 m³/s.

DAFTAR PUSTAKA

1. Kuehuan, V.A. dan Agustinus , S. “ Analisis Desain Turbin Air Tipe Aliran Silang (Crossflow) Dan Aplikasinya di Desa Were I Kabupaten Ngada-NTT ”, Kupang-NTT, 2015
2. Direktorat Jendral Energi Baru Terbarukan Dan Konversi Energi Republik Indonesia, “PLTMH Project In Indonesia”, November 2011.
3. Ridwan. “Mekanika Fluida Dasar”. Jakarta Pusat : GUNADARMA, 2000
4. Lisa Y.F dan R. Faisal “Analisa Aliran Fluida Pengaruh Elbow, Fitting, Valve Dan Perubahan Luas Permukaan Dalam Sistem Perpipaan”. Banten
5. Novie . R. J. “Pengaruh Material Plastik Terhadap Laju Alir Debit Pada Aliran Saluran Terbuka”, 2013
6. Ongga, P. dkk “Konsepsi Mahasiswa Tentang Tekanan Hidrostatik” Yogyakarta, 2009
7. Jati, B. M. E dan Tri, K. P. “ Fisika Dasar Untuk Mahasiswa Ilmu-Ilmu Eksakta, Teknik Dan Kedokteran Edisi 2”, 2013
8. Himran, S. “ Turbin Air Teori dan Dasar Perencanaan Turbin Air, Cara Kerja Turbin Air, Pipa Isap, Turbin Bangki, Roda Air”, 2017
9. Rosmiati dan Ahmad, Y. “Pengaruh Variasi Diameter Nozel Terhadap Torsi Dan Daya Turbin Air”. Bontang-Kalimantan Timur, 2017