

**ANALISIS DAYA DAN EFISIENSI TURBIN TIPE
CROSS-FLOW AKIBAT PERUBAHAN PUTARAN RUNNER**

SKRIPSI

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana
Pendidikan Program Studi Pendidikan Teknik Mesin FT UNP*



Oleh:

LILIK DARWITO

NIM. 17067020

PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK MESIN

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS NEGERI PADANG

2022

HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI

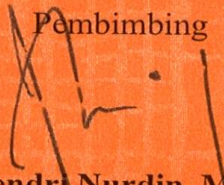
**ANALISIS DAYA DAN EFISIENSI TURBIN TIPE *CROSS-FLOW*
AKIBAT PERUBAHAN PUTARAN *RUNNER***

Nama : Lilik Darwito
NIM/TM : 17067020 / 2017
Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin
Jurusan : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik

Padang, 17 Februari 2022

Disetujui oleh

Pembimbing



Hendri Nurdin, M.T.

NIP. 19730228 200801 1 007

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Mesin



Drs. Purwantono, M.Pd.

NIP. 19630804 198603 1 002

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

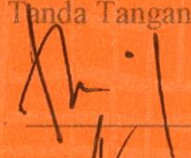
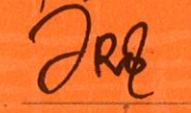
Dinyatakan Lulus setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Skripsi Program Studi
Pendidikan Teknik Mesin Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri
Padang

Judul : Analisis Daya dan Efisiensi Turbin Tipe *Cross-Flow* Akibat Perubahan
Putaran *Runner*

Nama : Lilik Darwito
NIM / TM : 17067020 / 2017
Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin
Jurusan : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik

Padang, 17 Februari 2022

Tim Penguji

	Nama	Tanda Tangan
1. Ketua	: Hendri Nurdin, M.T.	1. 
2. Penguji	: Drs. Purwantono, M.Pd.	2. 
3. Penguji	: Andre Kurniawan, S.T., M.T.	3. 

SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama	: Lilik Darwito
NIM/BP	: 17067020 / 2017
Program Studi	: Pendidikan Teknik Mesin
Jurusan	: Teknik Mesin
Fakultas	: Teknik

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi saya dengan judul, **“Analisis Daya dan Efisiensi Turbin Tipe *Cross-Flow* Akibat Perubahan Putaran *Runner*”** adalah benar merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan plagiat dari karya orang lain, kecuali bagian-bagian tertentu yang saya ambil sebagai acuan atau kutipan dengan mengikuti tata cara dan etika penulisan karya ilmiah yang lazim.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan rasa tanggung jawab sebagai anggota masyarakat ilmiah.

Padang, 17 Februari 2022

Saya yang menyatakan,



Lilik Darwito
NIM. 17067020

ABSTRAK

Lilik Darwito: Analisis Daya dan Efisiensi Turbin Tipe *Cross-flow* Akibat Perubahan Putaran *Runner*

Air merupakan salah satu bentuk sumber energi alternatif yang ramah lingkungan dan tenaganya dapat digunakan untuk memutar generator pada turbin serta mengubah energi potensial menjadi energi kinetik sehingga menghasilkan energi listrik. Salah satu jenis pembangkit listrik tenaga air yang sering digunakan adalah turbin tipe *Cross-flow*. Penelitian ini berupa penelitian eksperimen yang bertujuan untuk menganalisis daya dan efisiensi yang dihasilkan turbin akibat perubahan putaran *runner*. Variasi putaran *runner* yang digunakan yaitu 261 rpm, 300 rpm, 320 rpm, 340 rpm, 360 rpm, 380 rpm, 392 rpm, dan 423 rpm dengan *head* setinggi 5 meter serta debit air yang masuk $0,2 \text{ m}^3/\text{s}$. Hasil penelitian menunjukkan daya dan efisiensi maksimum didapatkan pada putaran *runner* 423 rpm yaitu 788,85 Watt dengan efisiensi 80,49%. Hubungan Daya dan efisiensi sebanding dengan nilai putaran *runner* yang digunakan, semakin besar putaran *runner* yang digunakan maka daya dan efisiensi yang dihasilkan juga semakin besar. Hal ini menunjukkan bahwa untuk mendapatkan kinerja turbin yang optimum yaitu dengan menggunakan putaran *runner* yang maksimal.

Kata kunci: turbin tipe *Cross-flow*, putaran *runner*, daya, dan efisiensi.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Tuhan Yang Esa, karena berkat rahmat dan karunia-Nya, penulis mampu menyelesaikan skripsi dengan judul **“ANALISIS DAYA DAN EFISIENSI TURBIN TIPE *CROSS-FLOW* AKIBAT PERUBAHAN PUTARAN *RUNNER*”**.

Penyusunan skripsi ini adalah untuk memenuhi salah satu persyaratan kelulusan di Universitas Negeri Padang Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin. Penyusunannya dapat terlaksana dengan baik berkat dukungan dari banyak pihak. Untuk itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Drs. Purwantono, M.Pd. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
2. Bapak Hendri Nurdin, M.T. selaku Dosen Pembimbing dan Dosen Penasehat Akademis yang telah membimbing dan mengarahkan penulis dalam penyusunan skripsi ini.
3. Bapak Drs. Purwanto, M.Pd. dan Andre Kurniawan, S.T., M.T. selaku dosen penguji yang telah banyak memberikan masukan dan saran dalam penyusunan skripsi ini.
4. Bapak dan Ibu Dosen beserta Staf Administrasi Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang yang telah membimbing penulis selama kuliah.
5. Kedua Orang tua, adik beserta keluarga yang selalu memberikan motivasi dan dukungan doa.

6. Orang terdekat dan sahabat (Oktaviani Syaputri, Muhammad Fadel Pratama, Arif Rahman Hakim) yang telah membantu penulis dari awal penyusunan skripsi sampai selesai.
7. Rekan-Rekan Penelitian TIM Turbin (Habib, Kaesarion, Haikal, Fadhlan dan Khai) yang telah bekerjasama dengan baik.
8. Rekan-rekan mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang.
9. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, yang telah memberikan bantuan dalam menyelesaikan skripsi ini.

Walaupun demikian, dalam skripsi ini penulis menyadari masih belum sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan kritik demi kesempurnaan penelitian ini.

Padang, Februari 2022

Lilik Darwito
NIM. 17067020

DAFTAR ISI

	halaman
HALAMAN PERSTUJUAN SKRIPSI	i
ABSTRAK	iii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Batasan Masalah	3
C. Rumusan Masalah	4
D. Tujuan Penelitian	4
E. Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
A. Pembangkit Listrik.....	6
B. Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA)	8
C. Pembangkit Listrik Tenaga <i>Pico Hydro</i> (PLTPH).....	9
D. Turbin Air	9
1. Pengertian dan Pinsip Kerja	9
2. Bagian Utama/Komponen Turbin Air	10
3. Jenis-Jenis Turbin Air	11

4. Turbin <i>Cross-flow</i>	13
5. Kelebihan Turbin <i>Cross-flow</i>	14
E. Faktor yang Mempengaruhi Daya Turbin.....	15
F. Penelitian Relevan	15
G. Perencanaan Perhitungan.....	16
BAB III METODE PENELITIAN.....	18
A. Jenis Penelitian	18
B. Waktu dan Tempat Penelitian	18
C. Objek Penelitian.....	18
D. Diagram Alir Penelitian	18
E. Perancangan Turbin <i>Cross-flow</i>	20
F. Pembuatan Turbin <i>Cross-flow</i>	21
1. Pembuatan Sudu <i>Runner</i>	21
2. Pembuatan Dinding <i>Runner</i>	21
3. Pembuatan Rumah Nozel.....	21
4. Pembuatan Poros <i>Runner</i>	22
5. Pembuatan <i>Guide Vane</i>	22
6. Pembuatan Bodi Turbin	22
G. Teknik Pengumpulan Data.....	22
H. Pengujian Turbin <i>Cross-flow</i>	23
1. Tahap Persiapan	23
2. Pengambilan Data	24

I. Analisis Data	24
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	26
A. Hasil Penelitian	26
B. Pembahasan.....	29
BAB V PENUTUP.....	31
A. Kesimpulan	31
B. Saran.....	31
DAFTAR PUSTAKA	32
LAMPIRAN.....	35
Lampiran 1. Gambar Desain Alat.....	35
Lampiran 2. Dokumentasi Penelitian	35

DAFTAR GAMBAR

	halaman
Gambar 1. Komponen Turbin Air.....	10
Gambar 2. Jenis-jenis Turbin Berdasarkan Ketinggian Jatuh Air.....	12
Gambar 3. Turbin <i>Cross-flow</i>	14
Gambar 4. Desain Alat Turbin <i>Cross-flow</i>	20
Gambar 5. Urutan Kerja Turbin.....	24
Gambar 6. Diagram Alir Penelitian	19
Gambar 7. Grafik Hubungan Perubahan Putaran <i>Runner</i> terhadap Daya Turbin.	27
Gambar 8. Grafik Hubungan Perubahan Putaran <i>Runner</i> Terhadap Efisiensi Turbin.....	28

DAFTAR TABEL

	halaman
Tabel 1. Instrumen Pengumpulan Data.....	23
Tabel 2. Data Hasil Pengukuran	26

DAFTAR LAMPIRAN

	halaman
Lampiran 1. Gambar Desain Alat	35
Lampiran 2. Dokumentasi Penelitian	35

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Air merupakan salah satu bentuk tenaga yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif untuk menggantikan bahan bakar fosil yang saat ini sudah semakin berkurang. Tenaga air saat ini banyak dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik pada daerah terpencil yang belum terjangkau listrik namun memiliki potensi aliran sungai yang cukup. Pembangkit listrik tenaga air saat ini menjadi salah satu pilihan dalam memanfaatkan sumber energi, namun pemanfaatan yang ada masih menggunakan teknologi yang sederhana.

Pembangkit listrik tenaga air sangat ekonomis dalam proses pembuatannya, tapi masih dalam skala yang kecil. Artinya pembangkit listrik ini hanya mampu mencukupi pemakaian energi listrik untuk sejumlah rumah saja. Jenis pembangkit listrik tenaga air ini sering disebut *micro hydro* atau sering disebut *pico hydro* tergantung keluaran daya listrik yang dihasilkan. Pembangkit listrik tenaga air khususnya *pico hydro* menjadi salah satu pilihan energi alternatif untuk menggantikan sumber energi konvensional dengan memanfaatkan sumber daya air sebagai sumber energinya.

Pembangkit listrik tenaga *pico hydro* ini cocok digunakan pada desa-desa terpencil yang belum terjangkau aliran listrik, namun memiliki aliran sungai atau air terjun, karena sumber energinya berasal dari aliran air mengalir.

Sumber daya air yang digunakan sebagai pembangkit listrik tenaga *pico hydro* yaitu aliran sungai yang berada di Tandikek Utara. Daerah ini merupakan salah satu daerah yang belum mendapatkan aliran listrik dari pemerintah, sehingga untuk membantu masyarakat penulis berinisiatif untuk memasang turbin tipe *Cross-flow* di daerah ini agar dapat membantu masyarakat setempat.

Turbin tipe *Cross-flow* ini terdiri dari 2 komponen utama yaitu rotor dan stator. Rotor adalah bagian yang berputar pada sistem seperti sudu, poros dan bantalan. Sedangkan stator adalah bagian diam yang ada pada sistem. Stator ini terdiri dari nozel dan rumah turbin. Pada rumah turbin diberi nozel sebagai tempat aliran air masuk untuk memutar turbin agar lebih maksimal, kemudian di dalam nozel diberi *guide vane* (katup) yang berfungsi untuk mengatur debit air yang masuk untuk memutar *runner* turbin. Untuk mendapatkan variasi putaran *runner* yaitu dengan cara melakukan variasi bukaan sudut *guide vane* yang digunakan. Hal yang juga mempengaruhi putaran *runner* ini yaitu debit air dan *head* (ketinggian jatuh air) untuk menghasilkan daya dan efisiensi pada turbin.

Penelitian mengenai turbin tipe *Cross-flow* dengan jenis *pico hydro* ini sudah banyak dilakukan, untuk melihat daya listrik dan efisiensi yang dihasilkan salah satunya dengan memvariasikan kecepatan *runner* yang digunakan. Untuk mendapatkan variasi putaran *runner* bisa dilakukan dengan memvariasikan sudut bukaan *guide vane* yang ada. Penelitian serupa yang membahas mengenai pengaruh putaran *runner* terhadap daya listrik pernah

dilakukan oleh Arif (2017). Penelitian menunjukkan bahwa daya yang dihasilkan oleh turbin tergantung pada kecepatan laju putaran *runner* yang dipakai, semakin cepat laju putaran *runner* maka semakin besar pula daya listrik yang dihasilkan. Dan sebaliknya, semakin lemah laju putaran *runner* maka semakin kecil daya listrik yang dihasilkan.

Penelitian sebelumnya menyebutkan bahwa daya turbin sangat tergantung pada besarnya torsi dan kecepatan anguler yang dipengaruhi oleh putaran turbin. Dari variasi putaran *runner* dihasilkan daya dan efisiensi maksimum yaitu 4,572 watt dengan efisiensi 28,342% pada kecepatan 70 rpm dan daya minimum pada kecepatan *runner* 90 rpm sebesar 3,674 watt (Muliawan, 2017).

Berdasarkan studi literatur yang digunakan dan penelitian yang pernah dilakukan maka dapat diketahui daya dan efisiensi yang dihasilkan turbin bergantung pada putaran *runner* yang digunakan. Oleh karena itu dalam penelitian ini penulis menggunakan variasi putaran *runner* pada turbin tipe *Cross-flow* skala *pico hydro*. Berdasarkan hal tersebut penulis mengangkat sebuah penelitian dengan judul “Analisis Daya Dan Efisiensi Turbin Tipe *Cross-flow* Akibat Perubahan Putaran *Runner*”.

B. Batasan Masalah

Agar penelitian yang dilakukan lebih terarah, maka diperlukan adanya pembatasan masalah dalam penelitian. Batasan masalah dalam penelitian ini yaitu:

1. Variasi putaran *runner* yang digunakan yaitu 261 rpm, 300 rpm, 320 rpm, 340 rpm, 360 rpm dan 380 rpm, 392 rpm dan 423 rpm.
2. Jumlah sudu yang digunakan dalam penelitian ini sebanyak 20 buah.
3. Debit air yang masuk yaitu $0,2 \text{ m}^3/\text{s}$ dan *head* yang digunakan yaitu 5 meter.

C. Rumusan Masalah

Berawal dari rumusan latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh putaran *runner* terhadap daya yang dihasilkan turbin tipe *Cross-flow* dengan cara memvariasikan bukaan sudut *guide vane*.
2. Bagaimana pengaruh putaran *runner* terhadap efisiensi yang dihasilkan turbin tipe *Cross-flow* dengan cara memvariasikan bukaan sudut *guide vane*.

D. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Membuktikan pengaruh putaran *runner* terhadap daya yang dihasilkan turbin tipe *Cross-flow* dengan cara memvariasikan bukaan sudut *guide vane*.
2. Membuktikan pengaruh putaran *runner* terhadap efisiensi yang dihasilkan turbin tipe *Cross-flow* dengan cara memvariasikan bukaan sudut *guide vane*.

E. Manfaat Penelitian

1. Bagi Mahasiswa

- a) Sebagai syarat untuk menyelesaikan S1 Program Studi Pendidikan Teknik Mesin dan pengembangan ilmu pengetahuan yang dimiliki dalam kajian bidang Teknik Mesin.

- b) Menambah pengetahuan dan wawasan mengenai sumber daya yang mampu menghasilkan energi alternatif.
- c) Menambah pengetahuan tentang konstruksi turbin khususnya turbin tipe *Cross-flow* yang menghasilkan performa maksimal.

2. Bagi Masyarakat

- a) Memberikan kontribusi dalam penanganan masalah listrik di wilayah yang belum terjangkau, namun memiliki potensi air yang cukup.
- b) Membantu masyarakat untuk meningkatkan efektifitas dan efisiensi dalam menyelesaikan pekerjaannya.

3. Bagi Dunia Pendidikan

- a) Meningkatkan pemahaman terhadap pengembangan dan pemberdayaan teknologi yang tepat guna.
- b.) Sebagai penemuan ide dan informasi baru mengenai energi alternatif pada teknologi yang berdaya guna.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Pembangkit Listrik

Pembangkit listrik merupakan bagian dari alat industri yang digunakan untuk membangkitkan dan memproduksi tenaga listrik dari berbagai sumber tenaga yang terhubung ke dalam sistem kelistrikan. Fungsi dari pembangkit listrik ini yaitu untuk menghasilkan energi listrik yang dimanfaatkan sebagai sumber energi bagi peralatan-peralatan yang menggunakan energi listrik (Mauboy, 2021). Bagian utama dari pembangkit listrik adalah generator, yaitu mesin yang berputar untuk mengubah energi mekanis menjadi energi listrik dengan prinsip medan magnet dan penghantar listrik. Mesin generator ini diaktifkan menggunakan berbagai sumber energi.

Jenis-jenis dari pembangkit listrik yang ada di Indonesia terdiri atas 7 macam yaitu:

1. Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU)

Pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) adalah pembangkit listrik yang memanfaatkan energi kinetik dari uap yang menghasilkan energi listrik, dengan bahan bakar dari batu bara, yang menggerakkan turbin generator mesin (Siswanto, 2021). Pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) yang ada di Indonesia yaitu seperti PLTU Cilacap, PLTU Priok, PLTU Paiton, PLTU Suralaya, dan masih banyak lagi.

2. Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG)

Pembangkit listrik tenaga gas (PLTG) memanfaatkan bahan bakar turbin generator berupa gas sebagai energi yang dapat menghasilkan listrik (Hendra et al., 2017). Contoh PLTG yang ada di Indonesia antara lain PLTG Cikarang, PLTG Sunyaragi, PLTG Batanghari, dan lain-lain.

3. Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD)

Bahan bakar yang digunakan untuk pembangkit listrik ini yaitu berasal dari mesin diesel, sehingga energi yang dihasilkannya hanya dalam skala kecil yang biasanya digunakan untuk mengaliri listrik di area yang kecil misalnya pedesaan, Contohnya PLTD yang ada berada di Karimunjawa, atau PLTD Banua Lima di Kalimantan Selatan.

4. Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP)

PLTP ini memanfaatkan panas bumi sebagai bahan bakar turbin generator adalah yang bersumber langsung dari perut bumi (Nasrillah et al., 2021). Di Indonesia terdapat beberapa PLTP contohnya yaitu PLTP Geo Dipa Unit Dieng, PLTP Gunung Salak, PLTP Kamojang, dan PLTP Wayang Windu.

5. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

Sumber energi yang digunakan untuk menghasilkan listrik pada PLTS ini berasal dari panas matahari (Artiningrum et al., 2019). PLTS ini banyak dijumpai di unit-unit rumah hunian ataupun bangunan, atau juga bisa area yang cukup terbatas. PLTS yang ada di Indonesia contohnya yaitu PLTS Cirata Purwakarta, atau PLTS Kayubihi di Bangli Bali.

6. Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA)

Pembangkit listrik tenaga air ini memanfaatkan air sebagai generator yang menghasilkan energi listrik (Astro et al., 2020), dan menjadi sumber energi yang paling berpotensi untuk menghasilkan listrik. Di Indonesia terdapat beberapa PLTA contohnya PLTA Jatiluhur, PLTA Gajah Mungkur, PLTA Asahan, dan masih banyak lagi.

7. Pembangkit Listrik Tenaga Angin atau Bayu (PLTB)

Hembusan angin adalah sumber energi yang dimanfaatkan oleh PLTB ini sebagai penghasil energi listrik (Mafruddin, 2018). Terdapat 2 jenis PLTB yang ada di Indonesia, yaitu PLTB yang berada di darat dan PLTB yang berada di lepas pantai, contohnya seperti PLTB Nusa Penida, PLTB Jeneponto, dan PLTB Sidrap.

B. Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA)

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, PLTA atau Pembangkit Listrik Tenaga Air memanfaatkan air sebagai generator dengan mengubah energi potensial dan energi kinetik air untuk menghasilkan energi listrik. Bentuk utama dari pembangkit listrik jenis ini yaitu generator yang dihubungkan ke turbin yang digerakkan oleh tenaga kinetik dari air. Berikut adalah kelebihan dan kekurangan dari pembangkit listrik tenaga air (PLTA).

Kelebihan dari PLTA ini yaitu mampu menyesuaikan dengan beban yang dibutuhkan dan memberikan respon yang cepat. Kedua pembangkit listrik ini menggunakan energi yang ramah lingkungan, bebas dari karbon emisi, serta tidak menyebabkan polusi. Kekurangan dari pembangkit listrik

ini membutuhkan investasi yang besar, lahan yang cukup luas untuk pusat listrik dengan kapasitas listrik yang besar. Serta dapat mengakibatkan ekosistem sungai atau danau pada tempat tersebut terganggu.

C. Pembangkit Listrik Tenaga *Pico Hydro* (PLTPH)

Pembangkit listrik tenaga *pico hydro* merupakan salah satu alternative pembangkit listrik skala kecil yang dapat diterapkan di daerah pedesaan dimana tersedia aliran sungai yang mempunyai debit air yang kontinu dan tinggi jatuh air yang relative rendah untuk menggerakkan turbin yang dapat menghasilkan daya listrik (Nakhoda et al., 2019). Untuk dapat menghasilkan listrik potensial diperlukan pembangkit listrik tenaga *pico hydro*.

Pico hydro adalah istilah yang digunakan untuk pembangkit listrik tenaga air di bawah 5 Kw (Anwar et al., 2021). Prinsip kerja dari PLTPH ini adalah memanfaatkan beda ketinggian dan jumlah debit air per detik yang ada pada aliran air saluran irigasi, sungai atau air terjun. Aliran air ini akan memutar poros turbin sehingga menghasilkan energi gerak yang selanjutnya energi gerak tersebut dikonversi menjadi energi listrik oleh generator (Alipan, 2018). Generator ini telah terbukti berguna di komunitas kecil dan terpencil yang hanya membutuhkan sedikit listrik misalnya, untuk menyalakan satu atau dua bola lampu fluorescent dan TV atau radio di sekitar 50 rumah.

D. Turbin Air

1. Pengertian dan Pinsip Kerja

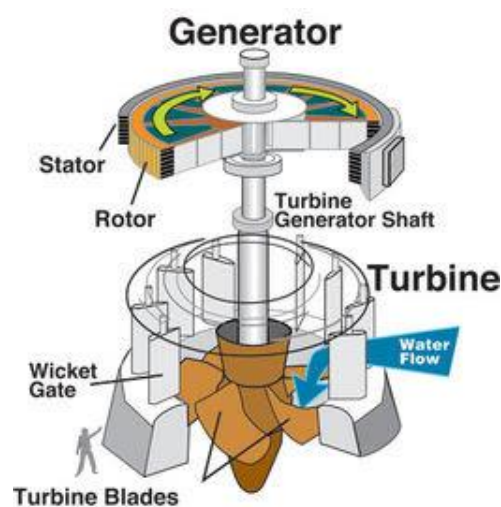
Turbin air dikembangkan pada awal abad ke-19 dan banyak digunakan untuk tenaga industri sebelum adanya jaringan listrik. Turbin air adalah

sebuah mesin berputar yang mengambil energi kinetik dari arus air. Turbin air yaitu merupakan sebuah alat yang digunakan untuk mengubah energi potensial air menjadi energi mekanik (Suswantoro et al., 2021). Selanjutnya energi mekanik ini akan diubah menjadi energi listrik oleh generator.

Prinsip kerja turbin ini yaitu mengubah energi potensial air menjadi energi mekanis. Aliran air yang mempunyai energi potensial akan disemprotkan ke sudu-sudu turbin oleh nozel. Putaran dari sudu-sudu akan mengakibatkan poros turbin ikut bergerak dan kemudian putaran poros turbin akan diteruskan ke generator listrik untuk diubah menjadi energi listrik.

2. Bagian Utama/Komponen Turbin Air

Pada suatu turbin air terdapat beberapa komponen utama untuk menghasilkan daya yang dapat dirubah menjadi energi listrik, komponen turbin yang paling utama dibagi menjadi 2 bagian, yaitu stator dan rotor (Suswantoro et al., 2021). Komponen utama turbin ditunjukkan oleh Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Komponen Turbin Air

1) Rotor

Rotor adalah bagian yang berputar pada sistem yang terdiri dari:

- a. Sudu-sudu adalah bagian yang berfungsi untuk menerima beban pancaran yang disemprotkan oleh nozel.
- b. Poros adalah bagian yang berfungsi untuk meneruskan aliran tenaga yang berupa gerak putar yang dihasilkan oleh sudu.
- c. Bantalan adalah bagian yang berfungsi sebagai perapat-perapat komponen-komponen dengan tujuan agar tidak mengalami kebocoran pada sistem.

2) Stator

Stator adalah bagian yang diam pada sistem yang terdiri dari:

- a. Pipa pengarah/nozel yang berfungsi untuk meneruskan aliran fluida sehingga tekanan dan kecepatan fluida yang digunakan didalam sistem besar
- b. Rumah turbin, berfungsi sebagai rumah kedudukan komponen komponen turbin.

3. Jenis-Jenis Turbin Air

Berdasarkan prinsip kerja turbin dalam mengubah energi potensial air menjadi energi mekanik, turbin air dibedakan menjadi dua yaitu turbin impuls dan turbin reaksi (Suswantoro et al., 2021).

- 1) Turbin impuls adalah turbin air yang bekerja dengan mengubah seluruh energi air (yang terdiri dari energi potensial, tekanan, kecepatan) menjadi energi kinetik untuk memutar turbin, sehingga menghasilkan

energi listrik. Energi potensial air diubah menjadi energi kinetik pada nozel. Contoh turbin impuls adalah turbin Pelton, Turgo dan *Cross-flow*.

- 2) Turbin Reaksi adalah turbin yang cara kerjanya mengubah seluruh energi air yang tersedia menjadi energi kinetik. Aliran air yang masuk kedalam rumah turbin dalam keadaan bertekanan akan mengalir masuk ke celah-celah bagian sudu, dimana air akan memutar baling-baling pada turbin. Sudu pada turbin reaksi mempunyai profil khusus yang menyebabkan terjadinya penurunan tekanan air selama melalui sudu. Untuk tipe turbin reaksi *runner* sepenuhnya tercelup dalam air dan berada dalam rumah turbin. Contoh turbin ini yaitu turbin Francis, dan Keplen Propeller.

Berikut merupakan tabel pengelompokkan jenis-jenis turbin berdasarkan ketinggian jatuh air (meter) yang digunakan ditunjukkan oleh Gambar 2.

Ketinggian Air Jatuh (m)	Jenis Turbin
Tinggi tekan sangat rendah (<2m)	Turbin Vortex
Tinggi tekan rendah (<15)	Turbin Baling-baling/Kaplan
Tinggi tekan menengah (16-70)	Turbin Kaplan/Francis
Tinggi tekan tinggi (71-500)	Turbin Francis/Pelton
Tinggi tekan sangat tinggi (>500)	Turbin Pelton

Gambar 2. Jenis-jenis Turbin Berdasarkan Ketinggian Jatuh Air

4. Turbin *Cross-flow*

Turbin *Cross-flow* adalah radial, turbin betekanan kecil dengan injeksi tangensial dari putaran turbin dengan poros horizontal. Turbin ini digolongkan sebagai turbin berkecepatan rendah, dimana aliran air mengalir melalui pintu masuk pipa, dan diatur oleh *guide vane* pemacu dan masuk keputaran sudu turbin (Purwantono et al., 2020). Turbin air *Cross-flow* adalah salah satu turbin air dari jenis turbin aksi/*impulse turbine* (Irawan & Iskendar, 2016). Turbin *Cross-flow* merupakan turbin impuls dengan tipe aliran radial. Turbin *Cross-flow* dapat dioperasikan pada debit air sebesar 20 liter/dt hingga 10.000 liter/dt dan head antara 1 m sampai 200 m. Turbin *Cross-flow* menggunakan nosel persegi panjang yang lebarnya sesuai dengan lebar *runner*. Pancaran air masuk turbin dan mengenai sudu sehingga terjadi konversi energi kinetik menjadi energi mekanik (Saleh et al., 2019). Air mengalir keluar membentur sudu dan memberikan energinya (lebih rendah dibanding saat masuk) kemudian meninggalkan turbin. *Runner* turbin dibuat dari beberapa sudu yang dipasang pada sepasang piringan parallel. Gambar 3 berikut menunjukkan bentuk dari turbin tipe *Cross-flow*.



Gambar 3. Turbin *Cross-flow*

5. Kelebihan Turbin *Cross-flow*

Adapun beberapa kelebihan dari penggunaan turbin *cross-flow* menurut (Purwantono et al., 2020), yaitu :

- a) Efisiensi puncak turbin *cross-flow* dari turbin kaplan, francis atau pelton.
- b) Biaya pembuatannya rendah, dan penyesuaian dengan kondisi air yang baik.
- c) Khususnya dengan instalasi *run of the river* yang kecil, kurva efisiensi merata menghasilkan kinerja tahunan yang lebih baik daripada sistem turbin lainnya.
- d) Karakteristik turbin ini sangat baik dengan muatan parsial, turbin *cross-flow* ini sangat cocok untuk produksi listrik tanpa pengawasan
- e) Dan keuntungan lain dari turbin *cross-flow* ini yaitu sering membersihkan sendiri karena air meninggalkan runner, dedauna, rumput, dll. Tidak akan tetap di dalam runner, mencegah kerugian.

E. Faktor yang Mempengaruhi Daya Turbin

Faktor-faktor yang mempengaruhi daya turbin yang dihasilkan, dimana daya turbin ini nantinya akan dikonversikan menjadi energi listrik (Hidayat & Adiwibowo, 2020). Energi listrik yang dihasilkan dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu:

1. Tinggi Jatuh Air merupakan faktor utama yang mempengaruhi pemilihan jenis turbin. Semakin tinggi jatuh air maka kecepatannya semakin tinggi.
2. Debit merupakan faktor selanjutnya yang mempengaruhi putaran turbin, dimana semakin banyak debit atau volume dari aliran air sungai tersebut maka daya yang dihasilkan akan besar. Dan konversi ke energi listrik pun semakin besar.

F. Penelitian Relevan

Penelitian sebelumnya menyebutkan bahwa daya turbin sangat tergantung pada besarnya torsi dan kecepatan angular yang dipengaruhi oleh putaran turbin. Kecepatan *runner* yang divariasikan yaitu 90 rpm, 70 rpm, 50 rpm, 30 rpm dan 10 rpm serta debit aliran yang digunakan $0,0078 \text{ m}^3/\text{s}$. Dari variasi putaran *runner* dihasilkan daya dan efisiensi maksimum yaitu 4,572Watt dengan efisiensi 28,342% pada kecepatan 70 rpm dan daya minimum pada kecepatan *runner* 90 rpm sebesar 3,674 Watt. Efisiensi turbin kemudian menurun pada putaran 50 rpm sebesar 24,477% dan terendah pada putaran 90 rpm sebesar 23,189% (Muliawan, 2017).

Penelitian serupa yang membahas mengenai pengaruh putaran *runner* terhadap daya listrik pernah dilakukan oleh Arif (2017). Penelitian

menunjukkan bahwa daya yang dihasilkan oleh turbin tergantung pada kecepatan laju putaran *runner* yang dipakai, semakin cepat laju putaran *runner* maka semakin besar pula daya listrik yang dihasilkan. Dan sebaliknya, semakin lemah laju putaran *runner* maka semakin kecil daya listrik yang dihasilkan.

G. Perencanaan Perhitungan

Setelah tahap pengukuran dilakukan, selanjutnya data yang telah didapatkan diolah menggunakan persamaan yang ada dan dilakukan analisis. Berikut adalah rumus perhitungan yang digunakan untuk menentukan debit air yang masuk (Riadi et al., 2021):

$$Q = v \times A \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan: Q= debit air yang masuk (m³/s)

v= kecepatan aliran air (m/s)

A= luas permukaan (m²)

Dimana untuk mencari debit terlebih dahulu menentukan kecepatan air dengan rumus (Astro et al., 2020):

$$v = \sqrt{2 \times g \times H} \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan: v= kecepatan air (m/s)

g= gravitasi (g= 9,8 m/s²)

H= head (m)

Setelah didapatkan nilai debit air selanjutnya yaitu menentukan nilai daya air (P_{air}) dengan persamaan sebagai berikut (Tirono, 2020):

$$P_{air} = \rho \times g \times H \times Q \dots \dots \dots (3)$$

Keterangan: P_{air} = daya air (Watt)

ρ = massa jenis air (Kg/m^3)

g = gravitasi ($g = 9,8 \text{ m/s}^2$)

H = head (m)

Q = debit air yang masuk (m^3/s)

Hasil pengukuran berupa tegangan dan arus digunakan untuk mencari nilai dan efisiensi turbin menggunakan persamaan berikut (Mafruddin & Irawan, 2018):

$$P_{out} = V \times I \dots \dots \dots (4)$$

Keterangan: P_{out} = daya keluaran (Watt)

V = tegangan (Volt)

I = arus (Ampere)

Daya listrik yang telah didapatkan digunakan untuk mencari nilai efisiensi turbin menggunakan rumus sebagai berikut (Astro et al., 2020):

$$\eta_t = \frac{P_{out}}{P_{air}} \dots \dots \dots (5)$$

Keterangan: η_t = efisiensi turbin (%)

P_{out} = daya keluaran (Watt)

P_{air} = daya air (Watt)

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Variasi putaran *runner* yang digunakan berpengaruh terhadap daya turbin yang dihasilkan. Dimana semakin besar nilai putaran *runner* yang digunakan maka daya yang dihasilkan juga akan semakin besar. Dari variasi putaran *runner* yang digunakan, daya optimum yang didapatkan yaitu 788,85 Watt pada putaran *runner* 423 rpm.
2. Variasi putaran *runner* yang digunakan berpengaruh terhadap efisiensi yang dihasilkan. Efisiensi juga dipengaruhi oleh daya yang dihasilkan. Dimana semakin besar nilai putaran *runner* maka daya yang dihasilkan semakin besar dan nilai efisiensi yang dihasilkan juga akan semakin besar. Dari variasi putaran *runner* yang digunakan, nilai efisiensi optimum yang didapatkan yaitu 80,49% pada putaran *runner* 423 rpm.

B. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, untuk penelitian selanjutnya peneliti menyarankan untuk:

1. Menambahkan corong pada *penstock* sebelum terhubung langsung ke *guide vane* agar lebih efisien dan aliran air yang masuk lebih maksimal.
2. Memastikan ketinggian head yang digunakan pada saat observasi agar pada saat pemasangan alat pipa air dapat terpasang dengan baik.
3. Mengatur aliran air sungai agar tetap stabil.

DAFTAR PUSTAKA

- Alipan, N., & Yuniarti, N. (2018). Pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Pico-Hydro. *Edukasi Elektro*, 2(2), 59–70. <http://journal.uny.ac.id/index.php/jee/>
- Anwar, S., Tamam, M. T., & Kurniawan, I. H. (2021). Rancang Bangun Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Air Menggunakan Konsep Hydrocat. *RESISTOR (Elektronika Kendali Telekomunikasi Tenaga Listrik Komputer)*, 4(1), 7. <https://doi.org/10.24853/resistor.4.1.7-10>
- Artiningrum, T., Havianto, J., Lingkungan, S. T., Teknik, F., Mukti, U. W., Matahari, S., Listrik, P., & Surya, T. (2019). Meningkatkan Peran Energi Bersih Lewat Pemanfaatan Sinar Matahari (Improve The Role of Clean Energy Through The Utilization). *Meningkatkan Peran Energi Bersih Lewat Pemanfaatan Sinar Matahari (Improve The Role of Clean Energy Through The Utilization)*, 2(2), 100–115.
- Astro, R. B., Doa, H., & Hendro, H. (2020). Fisika Kontekstual Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro. *ORBITA: Jurnal Kajian, Inovasi Dan Aplikasi Pendidikan Fisika*, 6(1), 142. <https://doi.org/10.31764/orbita.v6i1.1858>
- Hendra, J., Ekonomis, L.-A., Limbah, P., Sebagai, O., Listrik, P., Gas, T., & Pasar Tradisional, P. (2017). Analisa Ekonomis Pemanfaatan Limbah Organik Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) Pada Pasar Tradisional. *Jurnal Teknik Elektro Dan Komputer*, 6(1), 48–56. <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/elekdankom/article/view/15902>
- Hidayat, N., & Adiwibowo, P. H. (2020). Pengaruh Notch Kedua terhadap Daya dan Efisiensi Turbin Air Crossflow Poros Horizontal. *Jurnal Teknik Mesin UNESA*, 8(2), 111–122.
- Irawan, H. (2018). *Runner Turbin Air Corssflow Terhadap Unjuk Kerja*. 03(02), 80–85.
- Irawan, H., & Iskendar. (2016). Analisis Pengaruh Jumlah Sudu Roda Jalan Terhadap Unjuk Kerja Turbin Air Cross Flow Dengan Metode Taguchi. *Teknik Mesin UNISKA*, 02(01), 16.
- Mafruddin, M., & Irawan, D. (2018). Pengaruh Diameter Dan Jumlah Sudu

- Runner Terhadap Kinerja Turbin Cross-Flow. *Turbo : Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 7(2), 223–229. <https://doi.org/10.24127/trb.v7i2.766>
- Mauboy, E. R. (2021). Pengaruh Pertambahan Beban Terhadap Kestabilan Tegangan Dalam Pemodelan Pembangkit Listrik Tenaga Angin. *Jurnal Media Elektro*, X(1), 53–56. <https://doi.org/10.35508/jme.v0i0.3892>
- Muliawan, A., & Yani, A. (2017). Analisis Daya Dan Efisiensi Turbin Air Kinetis Akibat Perubahan Putaran Runner. *Sainstek : Jurnal Sains Dan Teknologi*, 8(1), 1. <https://doi.org/10.31958/js.v8i1.434>
- Nakhoda, Y. I., Sulistiawati, I. B., & Soetedjo, A. (2019). Penerapan Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro menggunakan Komponen Bekas dengan Pemanfaatan Potensi Energi Terbarukan di Desa Gelang Kecamatan Sumberbaru Kabupaten Jember. *Jurnal Aplikasi Dan Inovasi Ipteks "Soliditas" (J-Solid)*, 1(2), 100. <https://doi.org/10.31328/js.v1i2.903>
- Nasrillah, F., Teknik, F., & Surabaya, U. B. (2021). *Prototype Hybride Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Panas dan Angin Dengan Kompor Listrik dan Exhaust*. 1(2), 103–114.
- Purwantono, Lapisa, R., & Kurniawan, A. (2020). *Turbin Air Pengantar dan Aplikasinya di Lapangan*. UNP Press.
- Riadi, D., Lapisa, R., Nurdin, H., Mesin, J. T., Tawar, K. A., Cross-flow, T., & Air, K. (2021). Analisis Kecepatan Air Masuk Terhadap Bukaannya Guide Vane Turbin. *Analysis Of Water Investment Speed Against Pico Hydro Scale Pico Hydro*. 3(3), 94–101.
- Saleh, Z., Apriani, Y., Ardianto, F., Purwanto, R., Studi, P., Elektro, T., Teknik, F., Muhammadiyah, U., Pendahuluan, I., Pltmh, A., & Air, B. T. (2019). *Page 255*. 3(2), 255–261.
- Siswanto, J. E. (2021). *Analisa Pembangkit Listrik Tenaga Uap Skala Laboratorium Dengan Bahan Bakar LPG*. 4(1), 10–14. <https://doi.org/10.33087/jepca.v4i1.46>
- Sunardi, A., Hanun, Y., Teknik, D., Sekolah, M., & Teknologi, T. (n.d.). Pengaruh perbandingan runner terhadap performa turbin vertikal bertingkat dua. 2(2), 188–194.

- Suswantoro, E., Gani, U. A., Taufiqurrahman, M., Studi, P., Mesin, T., Tanjungpura, U., Studi, P., Kimia, T., & Tanjungpura, U. (2021). *Analisis Pengaruh Jumlah Sudu Turbin Air Tipe Crossflow Terhadap Output PLTMH Skala Laboratorium*. 2(1), 81–89.
- Tirono, M. (2020). Pemodelan Turbin Cross-Flow ntuk Diaplikasikan pada Sumber Air dengan Tinggi Jatuh dan Debit Kecil. *Jurnal Neutrino*, April 2012. <https://doi.org/10.18860/neu.v0i0.1939>