

**KAJIAN EKSPERIMENTAL PENGARUH JUMLAH SUDU
TERHADAP UNJUK KERJA TURBIN HELIK UNTUK
MODEL SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA
MIKROHIDRO (PLTMH)**

(Skripsi)

Oleh

DWI SUPRATMANTO



**JURUSAN TEKNIK MESINFAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2016**

ABSTRAK

KAJIAN EKSPERIMENTAL PENGARUH JUMLAH SUDU TERHADAP UNJUK KERJA TURBIN HELIK UNTUK MODEL SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKRO HIDRO (PLTMH)

Oleh

DWI SUPRATMANTO

Pemanfaatan energi air sebagai pembangkit listrik merupakan salah satu cara penggunaan sumber energi terbarukan. Di Indonesia telah banyak dikembangkan pembangkit listrik dengan menggunakan turbin, namun kebanyakan turbin tersebut memanfaatkan tinggi jatuh air (*head*) sebagai penggerakannya, seperti air terjun dan air yang dibendung. Namun tidak semua daerah di Indonesia memiliki potensi energi air dengan tinggi jatuh yang tinggi, tetapi hanya memiliki potensi energi air yang memiliki tinggi jatuh rendah atau memiliki energi kinetik aliran. Turbin yang dapat digunakan untuk memanfaatkan potensi energi air yang tinggi jatuhnya rendah atau hanya memiliki energi kinetik aliran ini yaitu turbin helik. Salah satu parameter yang mempengaruhi unjuk kerja pengoprasian turbin helik adalah jumlah sudu.

Pada penelitian ini dilakukan pengkajian pengaruh jumlah sudu terhadap unjuk kerja turbin helik untuk model sistem pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH). Pengujian dilakukan di saluran irigasi Way Tebu 1 dan 2 di Desa Banjaragung Udik, Kecamatan Pugung, Kabupaten Tanggamus, dimana variasi jumlah sudu yang digunakan: 2, 3 dan 4 buah, dengan dimensi turbin yang digunakan: diameter 1 m dan tinggi 1,2 m. Hasil pengujian turbin helik dengan menggunakan jumlah sudu 3 buah menunjukkan unjuk kerja yang optimal dimana efisiensi yang dihasilkan mencapai 35,99 % bila dibandingkan dengan menggunakan jumlah sudu 2 dan 4 buah. Daya yang dibangkitkan sebesar 130 Watt dengan kecepatan aliran 0,8 m/s dan debit aliran 0,96 m³/s

Kata kunci: Turbin helik, jumlah sudu, unjukkerja.

ABSTRACT

STUDY EXPERIMENTAL ON AMOUNT OF BLADE EFFECT ON HELICAL TURBINE MODEL SYSTEM PERFORMANCE FOR MICRO HYDRO POWER PLANT (MHPP)

By

DWI SUPRATMANTO

Utilization of water energy as power plant is one of method how to use a renewable energy resource. In Indonesia, power plant turbine has been developed, but more of it exploiter water elevate as activator. Like as water fall and dam. But not all Indonesian area have potential for that, but only have low elevate potential or have low energy kinetic. The turbine can be used for low elevate water potential is helical turbine One of the parameter which can affect performance this turbine is number of vanes.

This research was conducted assessment influence the number vanes of helical turbine performance for system model micro hydro power plant. The testing has been held at irrigation way cane 1 and 2 in the Banjaragung udik village, Tanggamus regency, where variation the number of vanes was used : 2, 3 and 4. The result of this research with 3 vanes shows the optimum performance where the efficiency reach hill 35,99%, if we compare with 2 or 4 vane. Power generated reach 130 watt with speed of flow 0.8m/s and discharge flow 0.96m³/s.

Keyword : helical turbine, number of vanes, performance.

**KAJIAN EKSPERIMENTAL PENGARUH JUMLAH SUDU
TERHADAP UNJUK KERJA TURBIN HELIK UNTUK
MODEL SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA
MIKROHIDRO (PLTMH)**

Oleh

DWI SUPRATMANTO

Skripsi

Sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar

SARJANA TEKNIK

Pada

Jurusan Teknik Mesin

Fakultas Teknik Universitas Lampung



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2016**

Judul Skripsi

: **KAJIAN EKSPERIMENTAL PENGARUH
JUMLAH SUDU TERHADAP UNJUK
KERJA TURBIN HELIK UNTUK MODEL
SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK
TENAGA MIKROHIDRO (PLTMH)**

Nama Mahasiswa

: **Dwi Supratmanto**

Nomor Pokok Mahasiswa : 0855021008

Jurusan

: Teknik Mesin

Fakultas

: Teknik

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing


Jorfri B. Sinaga, S.T., M.T.
NIP 19710127 199803 1 004


Agus Sugiri, S.T., M.Eng.
NIP 19700804 199803 1 003

2. Ketua Jurusan Teknik Mesin


Ahmad Su'udi, S.T., M.T.
NIP 19740816 200012 1 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua Penguji : **Jorfri B. Sinaga, S.T., M.T.**



Anggota Penguji : **Agus Sugiri, S.T., M.Eng.**



Penguji Utama : **M. Dyan Susila ES, S.T., M.Eng.**



2. Dekan Fakultas Teknik



Prof. Drs. Suharno, M.Sc., Ph.D.
NIP 19620717 198703 1 002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **14 Januari 2016**

PERNYATAAN PENULIS

TUGAS AKHIR INI DIBUAT SENDIRI OLEH PENULIS DAN BUKAN
HASIL PLAGIAT SEBAGAIMANA DIATUR DALAM PASAL 27
PERATURAN AKADEMIK UNIVERSITAS LAMPUNG DENGAN SURAT
KEPUTUSAN REKTOR No. 3187/H26/DT/2010

YANG MEMBUAT PERNYATAAN



DWI SUPRATMANTO
NPM: 0855021008

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Gunung Raya, Sumatera Selatan pada tanggal 30 April tahun 1989, sebagai anak kedua dari tiga bersaudara dari pasangan Parjilan dan Rugini.

Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar di SD Negeri 1 Talang Pohon, Ogan Komering Ulu Selatan pada tahun 2002, SLTP di SLTP PGRI 1 Raman Utara pada tahun 2005, SMK KP GAJAH MADA 1 METRO pada tahun 2008, dan pada tahun 2008 penulis terdaftar sebagai Mahasiswa Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.

Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif dalam Lembaga Kemahasiswaan diantaranya ditingkat jurusan penulis sebagai anggota divisi kerohanian dalam Himpunan Mahasiswa Teknikmesin (HIMATEM) Universitas Lampung periode 2010–2011. Ditingkat fakultas penulis diamanahkan sebagai kepala departemen mushola dan kesekretariaan dalam Forum Silaturahmi dan Studi Islam (FOSSI FT) Universitas Lampung periode 2010-2011. Kemudian pada bidang akademik, penulis mendapat amanah sebagai tutor bimbingan belajar Al-Qur'an (BBQ) mata kuliah agama islam periode 2011-2012. penulis melaksanakan Kerja Praktek

di PTPN VII UU Rejosari Natar Lampung Selatan pada tahun 2012. Penulis sempat mendapat kepercayaan asisten praktikum prestasi mesin-mesin fluida dilaboratorium terpadu Jurusan teknik Mesin Universitas Lampung 2013-2014. Pada skripsi ini penulis melakukan penelitian pada bidang konsentrasi konversi energi dengan judul “ Kajian Eksperimental Pengaruh Jumlah Sudu Terhadap Unjuk Kerja Turbin Helik Untuk Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH)” di bawah bimbingan Bapak Jorfri Boike Sinaga, S.T.,M.T. dan Bapak Agus Sugiri, S.T.,M.Eng.

KARYA INI KUPERSEMBAHKAN UNTUK

Kedua Orang Tuaku Tercinta

Ayahanda (Parjilan) Ibunda (Rugini)

Saudaraku

Kang Mas Ari Iswanto, Dimas Suyudi dan

Sahabat-sahabat Seperjuangan Penulis

Teknik Mesin 2008

Solidarity Forever

Almamater Tercinta

Teknik Mesin Universitas Lampung

MOTO

Gunakanlah ilmu bermanfaat bagi diri sendiri dan orang lain

Allah akan meninggikan derajat orang-orang yang beriman diantara

kamu dan orang-orang yang memiliki ilmu pengetahuan. (Al-

Mujadillah:11)

Dan, Allah menyertai orang-orang yang sabar (Al-Anfal: 66)

Melibatkan Allah dalam braktivitas semata-mata hanya untuk

mendapatkan ridho-Nya

SANWACANA

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakaatuh

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas berkat rahmat, hidayah dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul “*Kajian Eksperimental Pengaruh Jumlah Sudu Terhadap Unjuk Kerja Turbin Helik Untuk System Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH)*” shalawat teriring salam penulis sanjung agungkan kepada suri tauladan umat Nabi besar, Muhammad SAW kepada para sahabat, keluarga, serta kepada para pengikutnya yang sampai detik ini masih istiqomah menjalankan sunnah-sunah-Nya.

Penulis dapat menyelesaikan skripsi ini tidak terlepas dari banyak dukungan dan motivasi dari berbagai pihak. Oleh sebab itu, pada kesempatan ini penulis sampaikan rasa terimakasih kepada:

1. Ayahada (Parjilan) serta Ibunda (Rugini) tercinta yang selalu memberikan kasih sayang, semangat, kesabaran dan mendo'akan untuk kelancaran penulis hingga sukses untuk mewujudkan sebuah harapan dapat menyelesaikan studi S-1 Di universitas lampung.
2. Prof. Drs. Suharno, M.Sc., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.

3. Ahmad Suudi, S.T.,M.Met selaku ketua jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.
4. Bapak Jorfri Boike Sinaga, S.T, M.Eng selaku pembimbing utama tugas akhir, yang telah banyak meluangkan waktu, ide, perhatian dan sabar untuk membimbing penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Agus Sugiri, S.T., M.T., selaku pembimbing kedua tugas akhir ini, yang telah banyak mencurahkan waktu dan fikirannya bagi penulis serta motivasi yang diberikan
6. Bapak M. Dyan Susila ES, S.T., M.Eng. selaku pembahas tugas akhir ini, yang telah banyak meberikan kritik dan saran yang sangat bermanfaat bagi penulis.
7. Seluruh Dosen pengajar Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.
8. Mas marta selaku admin yang telah banyak membantu penulis dalam mengurus adminitrasi di jurusan.
9. Mas Giman selaku teknisi Lab, yang telah banyak membantu penulis dalam pembuatan alat tugas akhir dilab maupun pemasangan dilapangan.
10. Mas Dadang, mas Nanang yang telah banyak membantu penulis dalam menyiapkan ruang untuk seminar.
11. Kang mas Ariswanto dan dimas yudi yang menjadi motivasi penulis sehingga dapat menyelesaikan studi.
12. Tim PPT. Andareas wijaya sitepu, Iwan Priatama, Ahmad Rapa'i, Mardi, Agung, Windra.

13. Afri puspitasari, yang telah memberikan semangat penulis agar segera menyelesaikan studi.
14. Sahabat-sahabat seperjuangan Yoga Pratama, Jaya Sukmana, Muchamad Aprilliansyah, Maulana Yusuf, Muhammad Ihsan Yusuf, Yusuf Abdullah, Amar Ma'ruf, Putu Darma Wijaya, Andi Winarto, Anton Indra Wijaya, Sohadi, Eko Hermawan, Koko Pujiyanto. Dan semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, terima kasih penulis ucapkan atas bantuan yang diberikan sehingga terselesaikanya skripsi ini.

Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Bandar Lampung, 14 Januari 2016

Dwi Supratmanto

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	i
HALAMAN JUDUL	iii
MENGESAHKAN.....	iv
PERNYATAAN PENULIS	Error! Bookmark not defined.
RIWAYAT HIDUP	vi
PERSEMBAHAN.....	ix
MOTTO	x
SANWACANA.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiv
DAFTAR TABEL.....	xvi
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Tujuan Penelitian	2
C. Batasan Masalah	3
D. Sistematikan Penulisan Laporan	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	4
A. Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH).....	4
B. Turbin Air	5
1. Turbin impuls.....	5

2. Turbin Reaksi.....	8
III. METODOLOGI PENELITIAN.....	24
A. Waktu dan Tempat Penelitian.....	24
B. Metode Penelitian	24
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	33
A. Hasil.....	33
B. Pembahasan.....	36
V. SIMPULAN DAN SARAN.....	52
A. Simpulan	52
B. Saran	53
DAFTAR PUSTAKA	54

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Contoh tabel untuk pengambilan data.	30
2. Variasi beban lampu untuk jumlah sudu 2	35
3. Variasi beban lampu untuk jumlah hsudu 3	35
4. Variasi beban lampu untuk jumlah sudu 4	36
5. Hasil perhitungan untuk variasi jumlah sudu 2	38
6. Hasil perhitungan untuk jumlah sudu 3	39
7. Hasil perhitungan untuk jumlah sudu 4	40

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1 Cara kerja turbin impuls	5
2 Turbin Pelton (Rahmanta, 2011).	6
3 Turbin turgo (Al-jauza, 2014).	7
4 Turbin <i>crossflow</i> (Bachtiar, 2009).....	8
5 Cara kerja turbin Reaksi.	9
6 Turbin Francis (Ernandi, 2012).	11
7 Turbin Kaplan (Idrus, 2011).	12
8 Turbin helik dengan dua sudu (Gorlov, 1998).	15
9 Gaya-gaya yang timbul pada <i>airfoil</i> (Wikipedia. 2007).....	19
10 Bagian – bagian <i>airfoil</i> . (Wikipedia. 2011).....	20
11 Perhitungan <i>airfoil</i> . (Digilib, 2015).....	22
12 Mesin las listrik dan elektroda.....	24
13. Gunting besi cor dan meteran.	25
14 Palu dan mesin gerinda.	25
15 Tabung mal dan mal sudu turbin.	25
16 Mistar siku, busur, spidol, dan jangka	26
17 Pelat 1,2 mm dan besi cor.....	26
18 Besi siku 55 dan pelat 3 mm.....	26
19 (a). <i>Tachometer</i> , (b). <i>Multimeter</i> dan (c). Tang amper.....	27

20 Sketsa turbin helik.	29
21 Sistem pengujian turbin helik.	29
22 Diagram Alir Proses Penelitian	32
23 Sistem pengujian turbin helik.	33
24 Grafik hubungan antara torsi terhadap <i>tip speed ratio</i> untuk kecepatan aliran air 0,52 m/s.	41
25 Grafik hubungan antara torsi terhadap <i>tip speed ratio</i> untuk kecepatan aliran air 0,68 m/s.	41
26 Grafik hubungan antara torsi terhadap <i>tip speed ratio</i> untuk kecepatan aliran air 0,8 m/s.	42
27 Grafik hubungan antara daya poros terhadap <i>tip speed ratio</i> untuk kecepatan aliran air 0,52 m/s.	44
28 Grafik hubungan antara daya poros terhadap <i>tip speed ratio</i>	44
29 Grafik hubungan antara daya poros terhadap <i>tip speed ratio</i> untuk kecepatan aliran air 0,8 m/s.	45
30 Grafik hubungan antara efisiensi terhadap <i>tip speed ratio</i> untuk kecepatan aliran air 0,52 m/s.	47
31 Grafik hubungan antara efisiensi terhadap <i>tip speed ratio</i> untuk kecepatan aliran air 0,68 m/s.	48
32 Grafik hubungan antara efisiensi terhadap <i>tip speed ratio</i> untuk kecepatan aliran air 0,8 m/s.	48

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Seiring dengan perkembangan zaman kebutuhan energi listrik di Indonesia semakin meningkat dan masih didominasi oleh energi dari bahan bakar fosil, seperti minyak bumi dan batu bara. Kita mengetahui bahwa bahan bakar fosil tidak ramah lingkungan, karena hasil pembakaran bahan bakar fosil adalah CO₂ yang merupakan gas rumah kaca. Bahan bakar fosil merupakan energi yang tak terbarukan, sehingga apabila diambil secara terus menerus maka lama-lama cadangan bahan bakar fosil akan habis. maka perlu dicari sumber energi alternatif terbarukan. Pemanfaatan energi air sebagai pembangkit listrik merupakan salah satu cara penggunaan sumber energi terbarukan. Di Indonesia telah banyak dikembangkan pembangkit listrik dengan menggunakan turbin, namun kebanyakan turbin tersebut memanfaatkan tinggi jatuh air (*head*) sebagai penggeraknya, seperti air terjun dan air yang dibendung. Namun tidak semua daerah di Indonesia memiliki potensi energi air dengan tinggi jatuh besar yang tinggi, tetapi hanya memiliki potensi energi air yang memiliki tinggi jatuh rendah atau memiliki energi kinetik aliran. Maka perlu dilakukan suatu upaya untuk memanfaatkan potensi sumber energi aliran air untuk pembangkit listrik yaitu dengan menggunakan turbin

helik. Turbin helik adalah turbin yang bekerja tanpa memerlukan ketinggian jatuh air, sehingga turbin helik ini dapat digunakan untuk aliran sungai atau gelombang air laut yang belum banyak dikembangkan, dimana energi ini sangat besar sebagai sumber energi untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH). Penelitian ini merupakan rangkain dari penelitian yang dilakukan oleh Sitepu (2014), Rapa'i (2014) dan Priatama (2015). Dimana Sitepu melakukan pengkajian mengenai bentuk sudu NACA 0020, 0025, dan 0030 Rapa'i dengan panjang sudu 15 cm, 20 cm, dan 25 cm dan Priatama mengkaji pengaruh pembebanan roda gila (*flywheel*) 10 kg, 15 kg, 20 kg 25 kg dan 30 kg. Pada penelitian ini peneliti melakukan pengkajian eksperimental dengan memvariasikan jumlah sudu, untuk mengetahui unjuk kerja turbin helik sebagai model sistem PLTMH

B. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan umum dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh jumlah sudu terhadap unjuk kerja turbin helik sebagai model pembangkit listrik tenaga mikro hidro, dimana untuk mengetahui unjuk kerja turbin helik diperoleh dengan:

1. Mengetahui hubungan antara Torsi (Nm) terhadap *Tip Speed Ratio* (TSR) untuk masing –masing jumlah sudu.
2. Mengetahui hubungan antara Daya Poros (Watt) terhadap *Tip Speed Ratio* (TSR) untuk masing-masing jumlah sudu.
3. Mengetahui hubungan antara Efisiensi (%) terhadap *Tip Speed Ratio* (TSR) untuk masing-masing jumlah sudu.

C. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bentuk sudu yang digunakan *airfoil* profil *NACA 0030*.
2. Jumlah sudu turbin helik yang akan diuji yaitu 2, 3, dan 4 sudu.
3. Pengujian dilakukan pada saluran irigasi Way Tebu 1 dan 2 Desa Banjaragung Udik, Kecamatan Pugung, Kabupaten Tanggamus.

D. Sistematikan Penulisan Laporan

Laporan penelitian ini disusun menjadi lima bab, adapun sistematika penulisannya adalah sebagai berikut:

BAB I : PENDAHULUAN

Berisikan tentang latar belakang masalah yang diambil, tujuan, batasan masalah, dan sistematika penulisan laporan.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Berisikan tentang teori – teori yang berhubungan dengan perihal yang akan diangkat pada laporan ini.

BAB III : METODE PENELITIAN

Berisikan tentang alat dan bahan, serta prosedur yang digunakan dalam penulisan laporan ini.

BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

Berisikan tentang hasil dan pembahasan dari penelitian yang dilakukan.

BAB V : PENUTUP

Berisikan simpulan dari data yang diperoleh dan pembahasan, serta saran yang dapat diberikan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

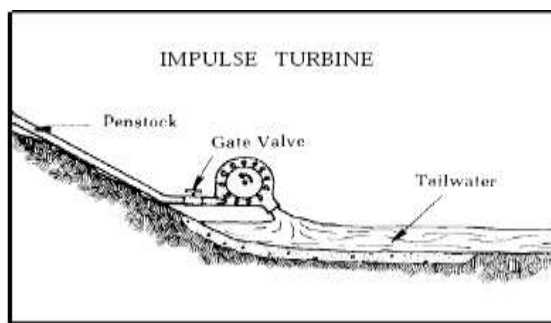
A. Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH)

Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) adalah suatu instalasi pembangkit listrik tenaga air dengan kapasitas pembangkitan rendah. Pada prakteknya dengan kapasitas 5 sampai dengan 100 kW. Beberapa klasifikasi lainnya secara umum mendefinisikan mikro untuk daya kurang dari 100 kW dan minihidro untuk daya antara 100 kW sampai dengan 5000 kW. Umumnya PLTMH adalah pembangkit listrik tenaga air jenis *run-off* di mana head diperoleh tidak dengan cara membangun bendungan besar, tetapi dengan mengalihkan sebagian aliran air sungai ke salah satu sisi sungai dan menjatuhkannya lagi ke sungai yang sama pada suatu tempat di mana yang diperlukan sudah diperoleh. Dengan melalui pipa pesat air diterjunkan untuk memutar turbin yang berada di dalam rumah pembangkit. Pembangkit listrik Tenaga Mini Hidro pada prinsipnya 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 mekanik. Energi ini selanjutnya menggerakkan generator dan menghasilkan listrik.

B. Turbin Air

Turbin air adalah turbin yang menggunakan air sebagai fluida kerja. Air mengalir dari tempat yang lebih tinggi menuju tempat yang lebih rendah. Dalam hal tersebut air memiliki energi potensial. Dalam proses aliran di dalam pipa, energi potensial berangsur-angsur berubah menjadi energi kinetik. Di dalam turbin, energi kinetik air diubah menjadi energi mekanis, dimana air memutar roda turbin. Dilihat dari segi pengubahan momentum fluida kerjanya turbin air dibedakan dalam dua golongan utama yaitu:

1. Turbin impuls



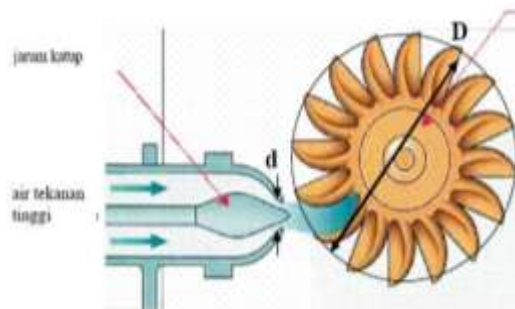
Gambar 1 Cara kerja turbin impuls

Turbin Impuls merupakan turbin air yang memiliki tekanan sama pada setiap sudu gerakanya (*runner*). Energi potensial air diubah menjadi energi kinetik pada nosel. Air keluar nosel yang mempunyai kecepatan tinggi membentur sudu turbin. Setelah membentur sudu arah kecepatan aliran berubah sehingga terjadi perubahan momentum (impuls). Akibatnya roda turbin akan berputar. Turbin impuls adalah turbin tekanan sama karena aliran air yang keluar dari nosel tekanannya adalah sama dengan tekanan atmosfer sekitarnya. Semua energi, tinggi tempat dan tekanan ketika masuk

ke sudu jalan turbin dirubah menjadi energi kecepatan. Contoh turbin Impuls adalah turbin Pelton, turbin turgo dan turbin *crossflow*.

a. Turbin Pelton

Turbin Pelton merupakan turbin Impuls. Turbin Pelton terdiri dari satu set sudu jalan yang diputar oleh pancaran air yang disemprotkan dari satu atau lebih alat yang disebut nosel. Turbin Pelton adalah salah satu dari jenis turbin air yang paling efisien. Turbin Pelton adalah turbin yang cocok digunakan untuk *head* tinggi.



Gambar 2 Turbin Pelton (Rahmanta, 2011).

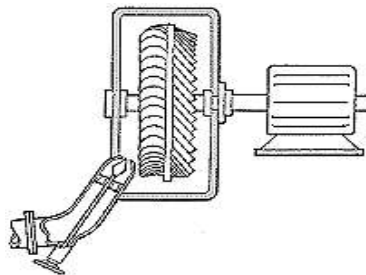
Bentuk sudu turbin terdiri dari dua bagian yang simetris. Sudu dibentuk sedemikian sehingga pancaran air akan mengenai tengah-tengah sudu dan pancaran air tersebut akan berbelok ke kedua arah sehingga bisa membalikkan pancaran air dengan baik dan membebaskan sudu dari gaya-gaya samping. Untuk turbin dengan daya yang besar, sistem penyemprotan airnya dibagi lewat beberapa nosel. Dengan demikian diameter pancaran air bisa diperkecil dan sudu lebih kecil.

Semburan air dari nosel akan menumbuk sudu ditengah-tengahnya dan sesuai dengan perimbangan tempatnya, air pancar tersebut akan belok

ke dua arah supaya ada kemungkinan membaliknya air bisa diarahkan tegak lurus, untuk itu penampang sudu sebelah luar harus ditinjau. Supaya mendapatkan efisiensi yang baik turbin Pelton harus mempunyai hubungan antara kecepatan tangensial dan kecepatan pancaran air. Kecepatan pancaran dan kecepatan tangensial turbin Pelton mempunyai arah yang sama untuk aliran masuk. Dengan adanya *head* yang telah ditentukan mengakibatkan adanya pancaran air yang menggerakkan roda turbin Pelton dengan kecepatan tangensial. Karena tinggi jatuh sudah pasti tidak dapat dirubah lagi, maka dalam penyelesaian turbin selanjutnya ada dua alternatif pilihan yaitu kecepatan putar roda dan jumlah nosel.

b. Turbin turgo

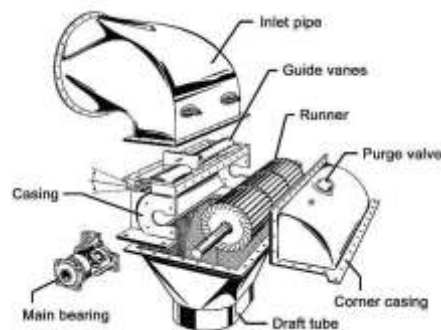
Turbin turgo dapat beroperasi pada *head* 30 m sampai 300 m. Seperti turbin Pelton, turbin turgo merupakan turbin impuls, tetapi sudunya berbeda. Pancaran air dari nosel membentur sudu pada sudut 20° . Kecepatan putar turbin turgo lebih besar dari turbin Pelton, hal ini memungkinkan transmisi langsung dari turbin ke generator sehingga menaikkan efisiensi total sekaligus menurunkan biaya perawatan.



Gambar 3 Turbin turgo (Al-jauza, 2014).

c. Turbin crossflow

Salah satu jenis turbin Impuls ini juga dikenal dengan nama turbin *Michell-Banki* yang merupakan penemunya. Selain itu juga disebut turbin *Osberger* yang merupakan perusahaan yang memproduksi turbin *Crossflow*. Turbin *crossflow* dapat dioperasikan pada debit 20 liter/s hingga $10 \text{ m}^3/\text{s}$ dengan ketinggian jatuh air antara 1 m sampai 200 m.



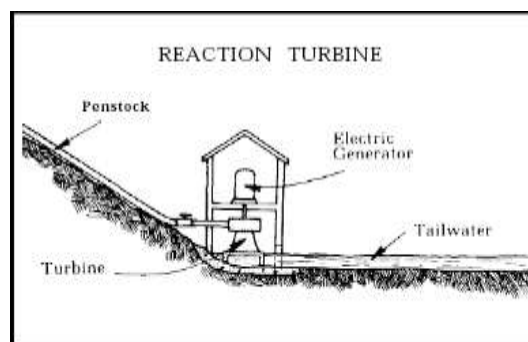
Gambar 4 Turbin *crossflow* (Bachtar, 2009).

Turbin *crossflow* menggunakan nosel persegi panjang yang lebarnya sesuai dengan lebar *runner*. Pancaran air masuk turbin dan mengenai sudu sehingga terjadi konversi energi kinetik menjadi energi mekanis. 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 paralel.

2. Turbin Reaksi

Sudu pada turbin reaksi mempunyai profil khusus yang menyebabkan terjadinya penurunan tekanan air selama melalui sudu. Perbedaan tekanan

ini memberikan gaya pada sudu sehingga *runner* (bagian turbin yang berputar) dapat berputar. Turbin yang bekerja berdasarkan prinsip ini dikelompokkan sebagai turbin reaksi. *Runner* turbin reaksi sepenuhnya tercelup dalam air dan berada dalam rumah turbin. Turbin reaksi bekerja dengan cara penggerak turbin air secara langsung mengubah energi kinetik juga energi tekanan secara bersamaan menjadi energi mekanik, contohnya adalah turbin Francis dan turbin Kaplan



Gambar 5 Cara kerja turbin Reaksi.

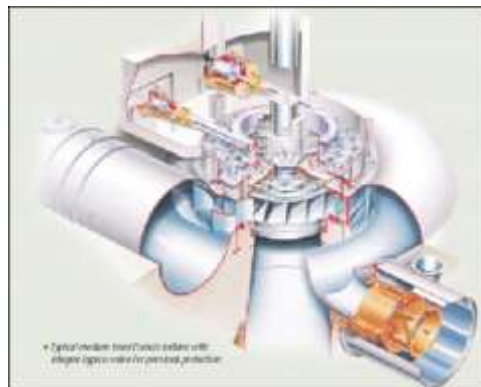
a. Turbin Francis

Turbin Francis merupakan salah satu turbin reaksi. Turbin dipasang diantara sumber air tekanan tinggi di bagian masuk dan air bertekanan rendah di bagian keluar. Turbin Francis menggunakan sudu pengarah. Sudu pengarah mengarahkan air masuk secara tangensial. Sudu pengarah pada turbin Francis dapat merupakan suatu sudu pengarah yang tetap ataupun sudu pengarah yang dapat diatur sudutnya. Untuk penggunaan pada berbagai kondisi aliran air penggunaan sudu pengarah yang dapat diatur merupakan pilihan yang tepat. Turbin Francis bekerja dengan memakai proses tekanan lebih. Pada waktu air masuk ke roda jalan, sebagian dari energi tinggi jatuh telah bekerja di

dalam sudu pengarah diubah sebagai kecepatan arus masuk. Sisa energi tinggi jatuh dimanfaatkan di dalam sudu jalan, dengan adanya pipa isap memungkinkan energi tinggi jatuh bekerja di sudu jalan dengan semaksimal mungkin. Pada sisi keluar roda jalan terjadi tekanan yang rendah (kurang dari 1 atmosfer) dan kecepatan aliran air yang tinggi. Di dalam pipa isap kecepatan aliran akan berkurang dan tekanannya akan kembali naik, sehingga air dapat dialirkan keluar lewat saluran air bawah dengan tekanan seperti keadaan sekitarnya.

Turbin Francis yang dikelilingi dengan sudu pengarah semuanya terbenam di dalam air. Air yang dimasukkan ke dalam turbin air bisa dialirkan melalui pengisian air dari atas atau melalui rumah yang berbentuk spiral. Roda jalan semuanya selalu bekerja. Daya yang dihasilkan turbin air dapat diatur dengan cara mengubah posisi pembukaan sudu pengarah, dengan demikian kapasitas air yang masuk ke dalam roda turbin air bisa diperbesar atau diperkecil. Turbin Francis diletakan dengan posisi poros vertikal atau horizontal. Turbin Francis pertama kali di temukan sekitar tahun 1950 oleh orang Amerika yang bernama *Howk* dan *Francis*. Sekarang turbin Francis adalah turbin yang paling banyak digunakan. Karena tinggi jatuh air dan kapasitas yang paling sering sesuai dengan kebutuhannya. Dari hasil penggunaan dan penelitian terus menerus turbin Francis sekarang dapat digunakan untuk tinggi jatuh air sampai 700 m dengan kapasitas air dan kecepatan roda putar yang sudah memenuhi harapan. Kesukaran akan timbul jika air mengandung pasir karena akan

merusak roda jalan dan packingnya, bila sampai bagian tersebut aus maka harus dicari penggantinya agar turbin tidak terlalu lama berhenti. Turbin Francis dapat dibuat dengan kecepatan putar yang sama tingginya, dimana kecepatan putar yang tinggi tersebut menghasilkan keuntungan terhadap berat turbin air dan generatornya. Tidak ada kerugian tinggi jatuh air akibat adanya ruang bebas. Penentuan turbin Francis di dalam bangunan bawah tanah yang baik dan menguntungkan untuk turbin air ini adalah bila tinggi permukaan air bawah sangat berubah-ubah. Efisiensi untuk turbin Francis dengan beban penuh cukup baik, tetapi akan memburuk jika bebannya tidak penuh.

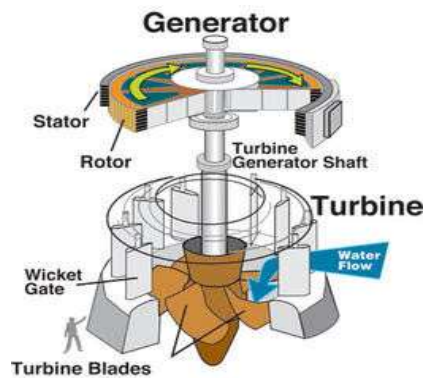


Gambar 6 Turbin Francis (Ernandi, 2012).

b. Turbin Kaplan

Saat pengembangan pusat tenaga sungai, turbin air menggunakan roda baling-baling dengan sudu-sudu tetap yang dituang. Untuk pembangkit listrik, tenaga sungai harus dihitung terlebih dahulu besarnya perubahan tinggi air jatuh sepanjang tahun dan aliran sungai

tersebut bisa diatur pada saat air tinggi, akan makin tinggi air jatuh yang bisa dimanfaatkan, karena tinggi permukaan air atas adalah konstan sedangkan air kelebihan pada permukaan air bawah akan naik.



Gambar 7 Turbin Kaplan (Idrus, 2011).

Turbin air yang bekerja pada kondisi tinggi air jatuh yang berubah-ubah mempunyai kerugian, karena dalam perancangan sudu turbin telah disesuaikan bahwa perpindahan energi yang baik hanya terjadi pada titik normal yaitu pada kondisi perbandingan kecepatan dan tekanan yang tertentu. Bila terjadi penyimpangan yang besar baik keatas maupun kebawah, seperti yang terdapat pada pusat tenaga listrik sungai, maka efisiensi roda baling-baling turbin akan turun.

Keuntungan turbin air baling-baling bila dibandingkan dengan turbin Francis adalah kecepatan putarnya bisa dipilih lebih tinggi, dengan demikian roda turbin bisa dikopel langsung dengan generator dan ukurannya lebih kecil. Turbin Kaplan dikembangkan oleh Kaplan pada tahun 1876 sampai 1934 sedemikian rupa sehingga sudu jalan turbin air tersebut dapat diputar di dalam leher poros. Jadi dengan demikian sudut-sudut dapat diatur sesuai dengan kondisi operasi turbin air saat

ini. Kontruksi turbin Kaplan dapat dibedakan dengan turbin Francis, tetapi alat pengarah untuk kedua turbin ini sama. Pada leher poros turbin Kaplan terdapat kipas sudu (4 sampai 8 buah yang dapat diputar). Kipas sudu ini fungsinya sama seperti baling-baling atau sayap pesawat terbang yaitu membawa aliran air dengan belokan yang sedikit. Bila pada pesawat terbang tujuannya adalah supaya dari gaya dorong yang ada bisa didapatkan gaya ke atas dengan tahanan yang sedikit, jadi bentuk profilnya memang harus demikian. Tapi dalam turbin Kaplan dimaksudkan untuk mendapatkan gaya tangensial atau gaya putar yang dapat menghasilkan torsi pada poros turbin air. Turbin Kaplan dipakai di pusat listrik tenaga air dengan tinggi air jatuh 80 m. Daya yang dihasilkan turbin bisa lebih dari 100.000 kW. Karena sudu pengarah dan sudu jalan dapat diatur, maka turbin Kaplan pada perubahan tinggi jatuh dan kapasitas air besar efisiensinya juga tinggi. Turbin Kaplan mempunyai keuntungan yang lebih murah, bila dipakai pada pusat tenaga listrik yang besar yang terdiri dari beberapa buah turbin air dan secara sendiri-sendiri mesin dioperasikan untuk kapasitas air yang konstan.

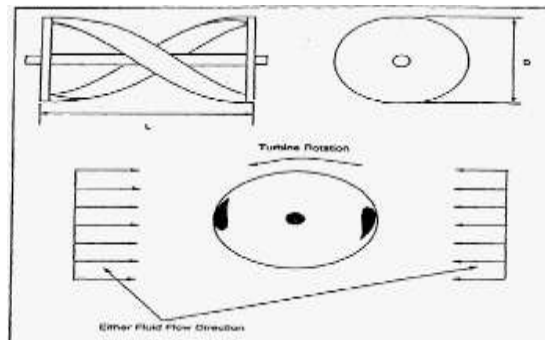
Pada tinggi air jatuh sampai dengan kira-kira 20 m, rumah turbin air yang berbentuk spiral (rumah keong) dibuat dari beton, lebih dari 20 m rumah keong tersebut dibuat dari besi pelat. Turbin air pada Gambar 2.7 terdiri dari roda jalan dan pada poros yang sama dipasang generator listrik. Air dialirkan masuk dengan melewati rumah keong yang dibuat dari beton, sudu penyangga (untuk kekuatan rumah keong)

dan sudu pengarah yang dapat diatur. Sesudah melewati sudu pengarah selanjutnya masuk ke ruang tanpa sudu, dimana dalam ruang ini aliran air dibelokan 90° . Sudu dari roda jalan dipasang pada leher porosnya sendiri di dihubungkan dengan poros menggunakan flens. Pada poros bagian ujung, di atasnya generator, terdapat roda jalan servomotor, yang terdiri dari torak, rumah dan tuas yang melalui lubang poros bisa sampai ke leher poros. Sudut sudu jalan diatur dari regulator dengan melalui minyak yang bertekanan dan sesuai dengan besarnya langkah torak. Pengaturan sudu pengarah dihubungkan dengan pengaturan sudu jalan, dengan demikian pada waktu bekerja posisi sudu pengarah dan posisi sudu jalan dapat sebanding dan selaras, sehingga mendapatkan hasil yang seoptimal mungkin. Fungsi bantalan tekan dalam turbin ini adalah untuk mendukung beban dari generator, poros, roda jalan, dan gaya geser aksial. Selain itu generator dan turbin masing-masing mempunyai sebuah bantalan radial.

c. Turbin Helik

Turbin helik adalah turbin yang digunakan untuk memanfaatkan energi kinetik dan tenaga air pada *head* yang rendah ditunjukkan pada Gambar 2.8. Turbin ini tidak memerlukan air yang dalam untuk instalasi horisontal, hal ini memungkinkan penggunaan di lokasi dangkal. Turbin pada helik memiliki sudu yang terletak dipinggiran rotasi berbeda dengan baling-baling. Turbin helik bekerja dengan memanfaatkan aliran air yang akan melewati *airfoil* (sudu turbin

helik) karena bentuk sudu *airfoil* terpilin memungkinkan jika dilewati aliran air akan mengakibatkan putaran.



Gambar 8 Turbin helik dengan dua sudu (Gorlov, 1998).

Turbin helik terdiri dari sudu di sepanjang permukaan silinder seperti ulir. Sudu dapat memberikan reaksi dorong dari arus yang baik tanpa getaran yang signifikan, memberikan manfaat penting dalam desain proyek hidro.

d. Model matematik untuk perhitungan daya turbin helik

Putaran suatu turbin tergantung pada geometri dari turbin itu sendiri seperti diameter, panjang turbin, dan jenis sudu. Karakteristik geometris yang paling umum digunakan pada putaran turbin adalah soliditas relatif yang didefinisikan sebagai $\sigma = nb / D$, dimana n adalah jumlah sudu, b adalah *chord* dari masing-masing sudu, dan D adalah diameter turbin. Soliditas relatif dapat digunakan untuk perhitungan *drag*. Namun, untuk perhitungan *drag* yang lebih tepat, yang menunjukkan soliditas dari turbin helik oleh S (proyeksi sudu pada poros turbin), dapat dihitung dengan persamaan dibawah ini (Gorlov, 2010) :

$$S = \frac{2nHr}{\pi} \left(d + \sum_{k=1}^n \sin\left(\frac{\pi k}{n} - d\right) - \sin \frac{\pi k}{n} \right) \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana :

S adalah proyeksi sudu pada poros turbin

n adalah jumlah sudu

H adalah tinggi turbin (m)

r adalah jari-jari (m)

d adalah setengah *chord* per jari-jari terhadap sumbu rotasi
(radian)

$\sigma = S/2Hr$ adalah soliditas relatif dari turbin. Dengan demikian, dapat
dihitung sebagai:

$$\sigma = \frac{n}{\pi} \left[d + \sum_{k=1}^n \sin\left(\frac{\pi k}{n} - d\right) - \sin \frac{\pi k}{n} \right] \dots\dots\dots (2.2)$$

Untuk turbin dua sudu soliditas relatif dapat dihitung dengan:

$$\sigma = \frac{2}{\pi} [d - 1 + \sin d + \cos d] \dots\dots\dots (2.3)$$

Untuk turbin tiga sudu soliditas relatif dapat dihitung dengan :

$$\sigma = \frac{3}{\pi} [d - \sqrt{3} + \sin d + \sqrt{3} \cos d] \dots\dots\dots (2.4)$$

Untuk turbin empat sudu soliditas relatif dapat dihitung dengan :

$$\sigma = \frac{4}{\pi} [d - (1 + \sqrt{2}) + \sin d + (1 + \sqrt{2}) \cos d] \dots\dots\dots (2.5)$$

Gaya *drag* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$D = \frac{1}{2} C_d \rho \sigma A V^2 \text{ (N)} \dots\dots\dots (2.6)$$

Gaya *lift* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$l = \frac{1}{2} C_l \rho \sigma A V^2 \text{ (N)} \dots\dots\dots (2.7)$$

Dimana:

C_d adalah koefisien *drag* (N)

C_l adalah koefesien *lift* (N)

ρ adalah densitas fluida (kg/m³)

A adalah luas permukaan turbin (m²)

V adalah kecepatan air (m/s)

Perhitungan Torsi yang dihasilkan turbin dengan menggunakan persamaan:

$$T = F \cdot R \text{ (N.m)} \dots\dots\dots (2.8)$$

Dimana:

T adalah torsi (N.m)

F adalah gaya air pada turbin (N)

R adalah jari-jari turbin (m)

Daya air atau daya hidro dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan:

$$P_w = \frac{1}{2} \rho \cdot Q \cdot V^2 \dots\dots\dots (2.9)$$

Dimana:

P_w adalah daya air / daya hidro (Watt)

ρ adalah kerapatan massa fluida (1000 kg/m^3)

Q adalah debit air (m^3/s)

V adalah kecepatan aliran air (m/s)

Daya turbin atau daya poros dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan:

$$P_t = T \cdot \omega \text{ (Watt)} \dots \dots \dots (2.10)$$

Dimana :

P_t adalah daya poros (Watt)

T adalah torsi (Nm)

ω adalah kecepatan sudut turbin, (rad / sec)

Dengan mensubstitusikan putaran turbin n (rpm) kedalam Persamaan 2.10,

maka persamaannya menjadi:

$$P_t = 0,105 T n \dots \dots \dots (2.11)$$

Efisiensi turbin diperoleh dengan menggunakan persamaan:

$$\eta = (P_t / P_w) \times 100\% \dots \dots \dots (2.12)$$

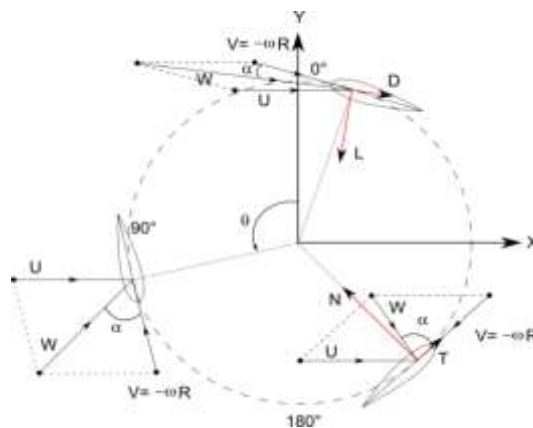
Dimana:

P_t adalah daya poros (Watt)

P_w adalah daya hidro (Watt)

e. *Airfoil*

Airfoil adalah salah satu bentuk bodi aerodinamika sederhana yang berguna untuk dapat memberikan gaya angkat tertentu terhadap suatu bodi lainnya dan dengan bantuan penyelesaian matematis sangat memungkinkan untuk memprediksi berapa besarnya gaya angkat yang dihasilkan oleh suatu bodi *airfoil*. Berdasarkan standar data *NACA*, *airfoil* tersebut mempunyai data-data teknis tiap bentuknya.



Gambar 9 Gaya-gaya yang timbul pada *airfoil* (Wikipedia. 2007).

Dimana:

D adalah gaya *drag*

L adalah gaya *lift*

W adalah resultan kecepatan

V adalah kecepatan keliling

U adalah kecepatan aliran

α adalah sudut serang

Dari gambar aliran gaya pada Gambar 2.9 tersebut dihasilkan kecepatan yang bervariasi, begitu juga dengan α (sudut serang). Sudut serang adalah sudut yang terbentuk antara resultan kecepatan (W) dengan kecepatan keliling sudu (V). Vektor resultan kecepatan (W) dan sudut serang (α) dapat dihitung dengan cara:

$$w = U\sqrt{1 + 2\lambda\cos\theta + \lambda^2} \dots\dots\dots(2.13)$$

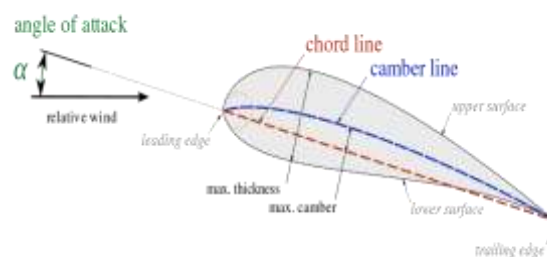
$$\alpha = \tan^{-1}\left(\frac{\sin\theta}{\cos\theta + \lambda}\right) \dots\dots\dots(2.14)$$

$$\lambda = \frac{\omega R}{v} \dots\dots\dots(2.15)$$

Dimana:

λ adalah *tip speed ratio*

R adalah jari-jari turbin



Gambar 10 Bagian – bagian *airfoil*. (Wikipedia. 2011)

Untuk *airfoil NACA*, telah dikeluarkan standar data beserta karakteristik aerodinamiknya yang dinyatakan dalam bentuk serial number yang terdiri dari 4 digit, yang mana setiap digitnya mempunyai arti sebagai berikut:

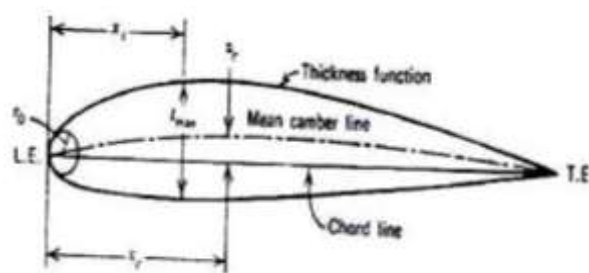
- Angka pertama menunjukkan harga maksimum *chamber* dalam persentase terhadap *chord*.
- Angka kedua menunjukkan lokasi dari maksimum *chamber* dalam persepuluh *chord*.
- Dua angka terakhir menunjukkan maksimum *thickness* dalam persentase *chord*.

Dengan pengertian variabel geometris *airfoil* sebagai berikut :

- *Leading edge* (LE) adalah ujung depan dari *airfoil*
- *Trailing edge* (TE) adalah ujung belakang *airfoil*
- *Chord* (c) adalah jarak antara *leading edge* dengan *trailing edge*
- *Chord line* adalah garis lurus yang menghubungkan *leading edge* dengan *trailing edge*
- *Chamber line* adalah garis yang membagi sama besar antara permukaan atas dan permukaan bawah dari *airfoil*.
- Maksimum *chamber* (zc) adalah jarak maksimum antara *mean chamber line* dan *chord line*. Posisi maksimum *chamber* diukur dari *leading edge* dalam bentuk persentase *chord*.
- Maksimum *thickness* (t) adalah jarak maksimum antara permukaan atas dan permukaan bawah *airfoil* yang juga diukur tegak lurus terhadap *chord line*.

Kebanyakan turbin memakai *sudu* (sirip) yang berbentuk penampang sayap pesawat (*airfoil*), karena efisiensinya tinggi dan menghasilkan beda tekanan yang besar di antara kedua sisi *sudu* atau *blade* untuk berputar dengan momen gaya yang cukup besar. *Airfoil* adalah suatu

sudu berpenampang lengkung parabolik dengan bagian depan cukup halus dan bagian ujung runcing. Pada penampang sayap pesawat angin yang melewati *airfoil* lebih cepat di bagian atas daripada bagian bawahnya. Hal ini akan menimbulkan tekanan yang lebih besar pada bagian bawah sehingga terjadi gaya angkat. Bila sudut *airfoil* terhadap horisontal (*pitch*) melebihi sudut kritis (10° - 16°) maka lapisan batas akan terbentuk di ujung *airfoil*. Hal ini akan menimbulkan olakan (turbulen) yang dapat menurunkan *lift* dan menaikkan *drag*, kejadian ini dinamakan *stall*. *Stall* ini dapat juga terjadi bila kecepatan angin terlalu besar. Untuk itu kebanyakan disain turbin dilengkapi dengan pengontrol sudut (*pitch*) pada *blade*. Pada saat kecepatan angin turun, *blade* bergerak memutar menghadap arah angin, tetapi pada saat kecepatan angin sangat besar maka bergerak memutar menjauhi arah angin. Hal ini dibuat agar desain turbin dapat menghasilkan daya yang optimal dan konstan.



Gambar 11 Perhitungan *airfoil*. (Digilib, 2015)

$$y = \frac{t}{0.2} c \left[0.2969 \sqrt{\frac{x}{c}} - 0.1260 \left(\frac{x}{c} \right) - 0.3516 \left(\frac{x}{c} \right)^2 + 0.2843 \left(\frac{x}{c} \right)^3 - 0.1015 \left(\frac{x}{c} \right)^4 \right] \dots\dots\dots(2.16)$$

Dimana:

x adalah posisi sepanjang *chord* dari 0 sampai c

y adalah setengah ketebalan pada nilai tertentu x

t adalah tebal maksimum sebagai sebagian kecil dari *chord*
(persentase dari *chord* yang diambil dari dua digit terakhir
dalam *NACA* 4 digit).

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian

Pembuatan turbin helik dilakukan di Laboratorium Mekanika Fluida Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Lampung, serta pengujian turbin helik dilakukan di saluran irigasi Way Tebu 1 dan 2 di Desa Banjaragung Udik Kecamatan Pugung Kabupaten Tanggamus.

B. Metode Penelitian

1. Alat

Alat yang digunakan dalam pembuatan turbin helik adalah mesin las, elektroda, gerinda, gunting besi cor, palu, meteran, tabung mal, mal sudu turbin, mistar siku, busur, spidol, dan jangka. Alat-alat ini dapat dilihat pada Gambar 3.1 sampai dengan Gambar 3.5.



Gambar 12 Mesin las listrik dan elektroda



Gambar 13 Gunting besi cor dan meteran.



Gambar 14 Palu dan mesin gerinda.



Gambar 15 Tabung mal dan mal sudu turbin.



Gambar 16 Mistar siku, busur, spidol, dan jangka

2. Bahan

Bahan yang digunakan untuk pembuatan turbin helik adalah pelat 1,2 mm, besi cor, besi siku 55 mm, dan pelat lingkaran 3 mm. Bahan-bahan ini dapat diliha pada Gambar 3.6 sampai dengan Gambar 3.7.



Gambar 17 Pelat 1,2 mm dan besi cor.



Gambar 18 Besi siku 55 dan pelat 3 mm.

3. Alat yang digunakan untuk pengujian

Alat yang digunakan untuk pengujian model sistem pembangkit listrik tenaga mikro hidro (PLTMH) dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. *Tachometer* untuk mengukur putaran (rpm)
2. *Multimeter* untuk mengukur tegangan listrik(V)
3. *Clamp Ampere* atau tang amper untuk mengukur arus listrik (A)

Alat-alat tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.8.



(a)

(b)

(c)

Gambar 19 (a). *Tachometer*, (b). *Multimeter* dan(c). Tang amper.

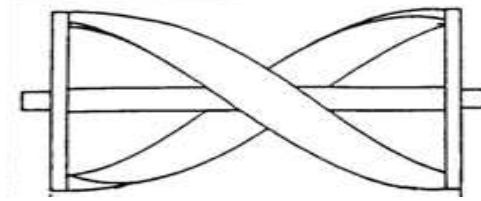
4. Proses pembuatan turbin helik

Pembuatan turbin helik ini dimulai dengan melakukan survei untuk menentukan panjang dan diameter turbin helik agar tidak melebihi dimensi dari saluran irigasi Way Tebu 1 dan 2 dalam proses pengujian nanti.

Tahapan pengerjaan pembuatan turbin helik adalah sebagai berikut:

1. Menyiapkan alat dan bahan
2. Sketsa turbin helik yang akan dibuat seperti pada Gambar 3.9.

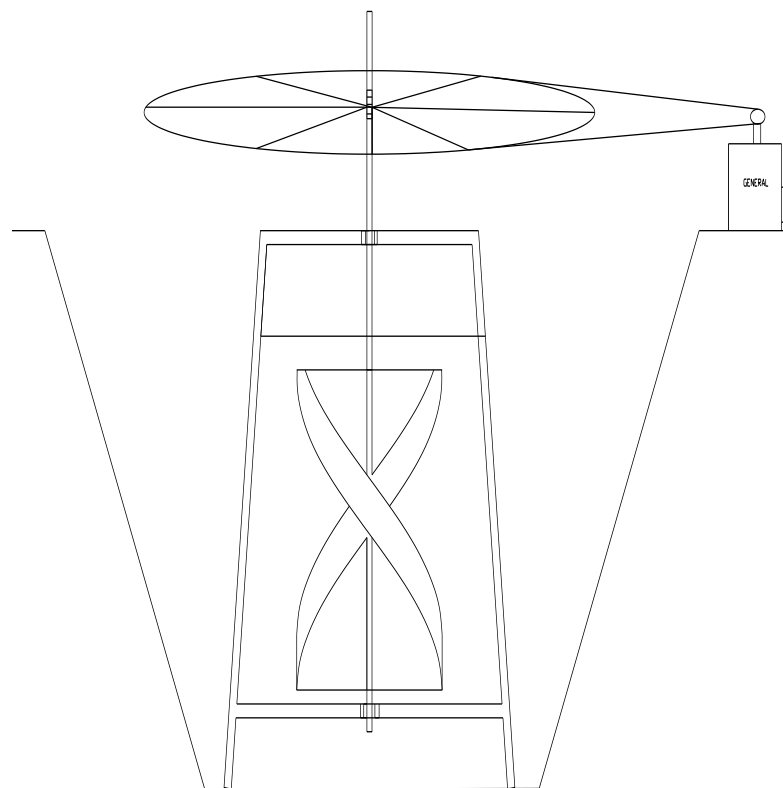
3. Pelat dipotong dengan panjang dan lebar yang telah ditentukan dimana dimensi turbin helik yang akan dibuat yaitu dengan tinggi turbin 1,2 m, diameter turbin 1 m, dan panjang *chord* 25 cm.
4. Besi cor dipotong dengan panjang yang telah di tentukan.
5. Besi cor dibentuk dengan mal yang berbentuk *airfoil* dengan bentuk sudu yaitu *NACA 0030* panjang *chord* 25 cm.
6. Besi cor dilas pada tabung mal sesuai dengan panjang dan kemiringan yang telah di tentukan.
7. Besi cor dilas pelat pada yang telah dibentuk dan dilas pada tabung mal.
8. Pelat dilas pada besi cor yang telah dibentuk pada tabung mal.
9. Besi cor dan pelat dilas dengan ukuran yang sama pada sisi sebaliknya.
10. kedua sisi sudu digerinda untuk merapikan hasil lasan.
11. Kedua sisi sudu diampelas kemudian di bersihkan.
12. Kedua sisi sudu yang telah diampelas kemudian didempul untuk menyempurnakan bentuk sudu (*NACA*) yang dibuat dan kemudian mengeringkannya.
13. Sudu yang telah didempul dicat agar dempulan tidak terlepas dan kemudian mengeringkannya.
14. Sudu yang telah kering kemudian dipasang pada pelat lingkaran yang telah ditentukan ukurannya.
15. Poros dipasang pada pelat lingkaran sehingga membentuk turbin helik seperti pada Gambar 3.9.



Gambar 20 Sketsa turbin helik.

5. Metode Pengambilan Data

Adapun data yang akan diambil dalam penelitian turbin helik di saluran irigasi Way Tebu 1 dan 2 di Desa Banjaragung Udik, Kecamatan Pugung Kabupaten Tanggamus adalah putaran yang dihasilkan oleh turbin helik (rpm), tegangan dan arus yang dihasilkan dari turbin helik. Dalam penelitian ini, dilakukan pembuatan sistem pengujian turbin helik, seperti terlihat pada Gambar 3.10.



Gambar 21 Sistem pengujian turbin helik.

Adapun langkah-langkah dalam pengujian turbin helik pada sistem pengujian adalah sebagai berikut:

1. Rangka dipasang pada saluran.
2. Turbin helik serta kelengkapannya dipasang pada rangka.
3. Pintu air dibuka sesuai dengan tinggi aliran air yang akan diuji.
4. Pengambilan data dilakukan dengan cara membuka pintu air mengukur kecepatan air dimana kecepatan air yang digunakan adalah 0,52 m/s, 0,68 m/s, dan 0,8 m/s dengan jumlah sudu 2. Mengulangi langkah ini sampai variasi jumlah sudu 3, dan 4.
5. Putaran turbin dan putaran generator dicatat.
6. Data diambil dengan menggunakan *multimeter* dan tang amper.
7. Data yang diperoleh dicatat kedalam tabel seperti contoh Tabel 3.1.

Tabel 1 Contoh tabel untuk pengambilan data.

No	Jumlah Sudu	Kecepatan Air (m/s)	Beban (Watt)	Putaran (rpm)	Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)	Daya (Watt)
1							
2							
3							
4							
5							
6							

6. Analisis hasil pengujian

Untuk mendapatkan hasil unjuk kerja dari turbin helik, dapat diperoleh

dengan menghitung daya poros (P_t), daya hidro atau daya air (P_w) dan efisiensi dari turbin helik.

Daya hidro dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$P_w = \frac{1}{2} \rho \cdot Q \cdot V^2 \dots\dots\dots(3.1)$$

Dimana:

P_w adalah daya hidro (Watt)

ρ adalah kerapatan massa fluida (1000 kg/m³)

Q adalah debit air (m³/s)

V adalah kecepatan aliran air (m/s)

Daya poros dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$P_t = T\omega \dots\dots\dots(3.2)$$

Dimana:

P_t adalah daya poros (Watt)

T adalah torsi (Nm)

ω adalah kecepatan sudut turbin(rad / s)

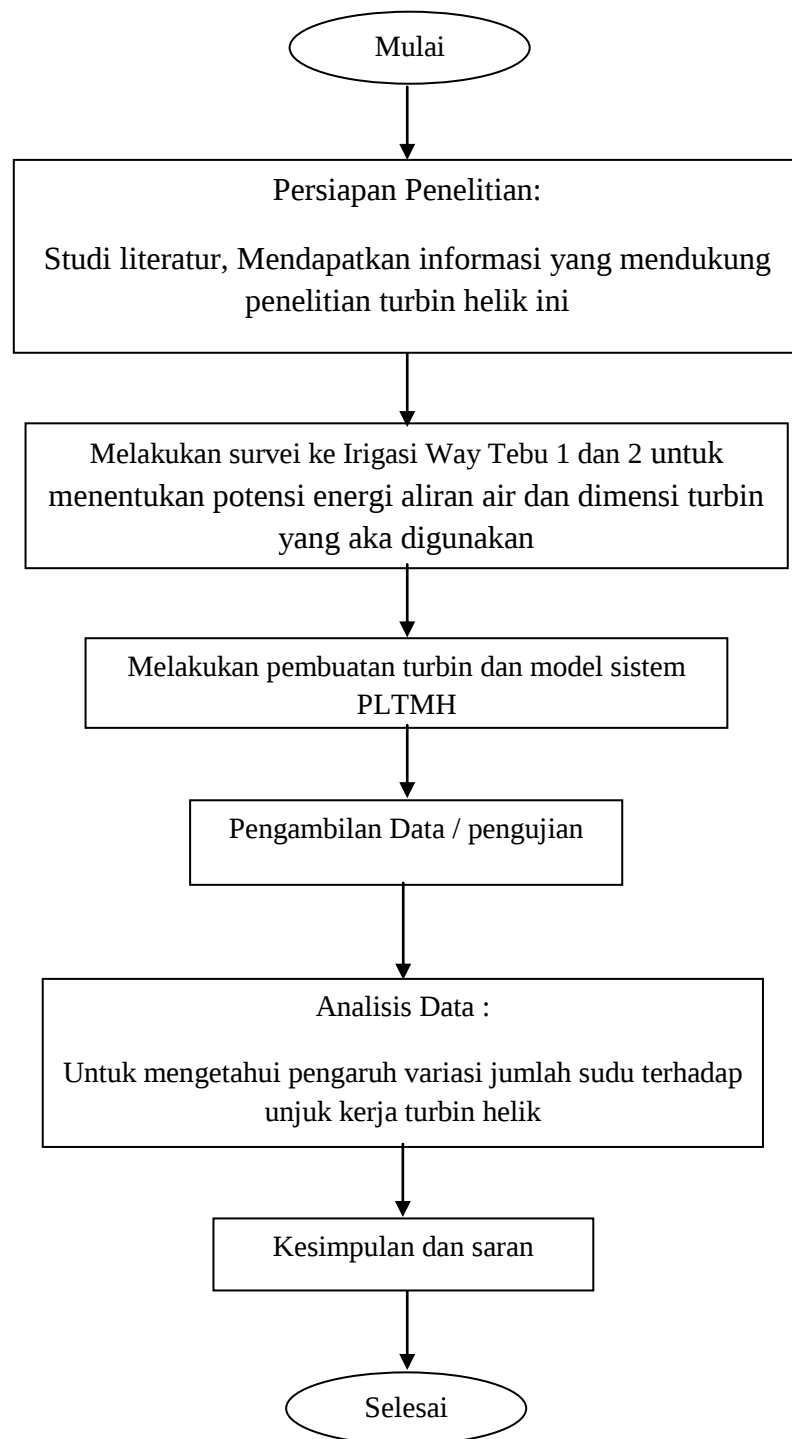
Efisiensi turbin helik dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$\eta = (P_t / P_w) \times 100\% \dots\dots\dots(3.3)$$

Dimana:

P_t adalah daya poros (Watt)

P_w adalah daya hidro (Watt)



Gambar 22 Diagram Alir Proses Penelitian

V. SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan pada turbin helik dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Jumlah sudu mempengaruhi unjuk kerja turbin helik dimana dari hasil pengujian untuk sudu NACA 0030 panjang *chord* 25 cm dengan variasi jumlah sudu 2, 3 dan 4 yang telah dilakukan jumlah sudu 3 menghasilkan unjuk kerja turbin helik yang lebih baik dibandingkan dengan jumlah sudu 2 dan 4 dimana daya listrik maksimum yang dapat dibangkitkan sebesar 130 Watt pada kecepatan air 0,8 m/s.
2. Efisiensi maksimum yang dapat dihasilkan oleh turbin helik untuk kecepatan aliran air 0,5 m/s, 0,68 m/s dan 0,8 m/s dengan jumlah sudu 3 buah yaitu: 33,23% , 10,75% dan 35,99%
3. Torsi terbesar yang dapat dihasilkan oleh turbin helik berdasarkan tingkat kecepatan aliran air 0,5 m/s, 0,68 m/s dan 0,8 m/s dengan jumlah sudu 3 yaitu: 4,79 Nm 26,90 Nm dan 39,61 Nm
4. Daya poros maksimum yang dapat dihasilkan oleh turbin helik berdasarkan tingkat kecepatan aliran air 0,5 m/s, 0,68 m/s, 0,8 dengan jumlah sudu 3 yaitu: 9,07 Watt, 62,69 Watt dan 110.57 Watt

B. Saran

Untuk mendukung penelitian dan pengujian selanjutnya, maka penulis memberikan saran sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan menggunakan perbandingan tinggi turbin (H) terhadap jari-jari turbin (r) sehingga diperoleh korelasi yang menyeluruh antara rasio tinggi turbin dan jari-jari turbin (H/r) terhadap unjuk kerja suatu sistem PLTMH
2. Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan memvariasikan jumlah sudu dengan bentuk sudu yang tidak simetri untuk mengetahui perbandingan unjuk kerja secara menyeluruh untuk suatu PLTMH.
3. Hendaknya dalam penelitian selanjutnya perlu digunakan alat ukur torsi meter yang mampu mengukur torsi yang dihasilkan turbin helik.

DAFTAR PUSTAKA

- Gorlov, A.M. 1998. *Development Of The Helical Reaction Hydraulic Turbin*. PI
MIME Department Northeastern University Boston, MA 02115. Diunduh
dari <http://www.osti.gov/scitech/servlets/purl/666280> pada tanggal 06
November 2014
- Gorlov, A.M. 2010. *Helical Turbin and Fish Safety*. Mechanical Engineering
Department Northeastern University, Boston, MA 02115. Diunduh dari
<http://www.mainetidalpower.com/files/gorlovrevised.pdf> pada tanggal 17
November 2014
- Priatama, I. 2015. Kajian Eksperimental Pengaruh Berat Roda Gila (*flywheel*)
Terhadap Unjuk Kerja Turbin Helik Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikro
Hidro (PLTMH). Sekripsi Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.
Bandar lampung
- Rapa'i, A. 2014. Kajian Eksperimental Pengaruh Panjang *Chord* Sudu Terhadap
Unjuk Kerja Turbin Helik Untuk Sistem Pembangkit Listrik Tenaga
Mikrohidro (PLTMH). Sekripsi Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung
Bandar lampung. Diunduh dari
<http://journal.eng.unila.ac.id/index.php/fema/article/download/250/241> pada
tanggal 03 November 2014

Sitepu, A.W. 2014. Kajian Eksperimental Pengaruh Bentuk Sudu Terhadap Unjuk Kerja Turbin Helik Untuk Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH). Skripsi Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung. Bandar lampung. Diunduh dari

<http://journal.eng.unila.ac.id/index.php/fema/article/view/251/242> pada tanggal 03 November 2014

Wijaya W. 2012. *Analisa Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mini Hidro Di Sungai Logawa Kecamatan Kedungbanteng Kabupaten Banyumas*. Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro. Diunduh dari www.ejournals1.undip.ac.id/index.php/transient/article/download/13/1798 pada tanggal 05 November 2014

<https://aseppadang.wordpress.com/> diunduh 13 Februari 2016

<http://digilib.unila.ac.id/7543/15/BAB%20II.pdf> diunduh 25 Februari 2016

https://en.wikipedia.org/wiki/Blade_solidity#/media/File:Wing_profile_nomenclature.svg diunduh 24 Januari 2016

https://en.wikipedia.org/wiki/Vertical_axis_wind_turbine#/media/File:Forces_and_velocities.png diunduh 24 Januari 2016

<http://idrusmunthe.blogspot.co.id/2011/10/turbin-air.html> diunduh 13 Februari 2016

<https://rahmanta13.wordpress.com/2011/05/20/turbin-air/> diunduh 13 Februari 2016

<http://ridhoernandi.blogspot.co.id/2012/05/sejarah-turbin-air.html> diunduh 15

Februari 2016

<https://yokealjauza.wordpress.com/2014/02/28/water-turbine/> diunduh 15

Februari 2016