

SKRIPSI

PERANCANGAN KINCIR AIR UNDERSIDE
SEBAGAI PEMBANGKIT LISTRIK
TENAGA MIKROHIDRO



ASEP IRWANTO
03111005069

JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SERANG RAYA

2016

S.
621. 210 7

Ase

P

2016

SKRIPSI

PERANCANGAN KINCIR AIR *UNDERSHOT* SEBAGAI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO

Dizjukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya



ASEP IRWANTO
03111005059

JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2016

UNIVERSITAS SRIWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN

Agenda
Diterima Tgl.
Paraf

: 017 / TM / AK / 2016
: 11 / 11 / 2016
:

SKRIPSI

NAMA : ASEP IRWANTO

NIM : 03111005059

JURUSAN : TEKNIK MESIN

JUDUL SKRIPSI : PERANCANGAN KINCIR AIR *UNDERSHOT*
SEBAGAI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA
MIKROHIDRO

DIBUAT : 31 Agustus 2015

SELESAI : 26 Oktober 2016



Indralaya, Oktober 2016
Ketua Jurusan Teknik Mesin,

Qomarul Hadi, S.T, M.T
NIP. 19690213 1995031001

RINGKASAN

PERANCANGAN KINCIR AIR *UNDERSHOT* SEBAGAI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO

Karya ilmiah berupa skripsi, 26 Oktober 2016

Asep Irwanto; Dibimbing Oleh Prof. Dr.Ir. H. Kaprawi, DEA

The Design of Undershot Waterwheel as Micro Hydro Power Plant

xxi + 62 halaman, 6 tabel, 17 gambar, 12 lampiran

Di Indonesia khususnya Sumatera Selatan memiliki banyak potensi energi air yang dapat dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik tenaga mikrohidro. Kincir air *undershot* merupakan salah satu jenis kincir air skala mikrohidro yang dapat digunakan sebagai pembangkit listrik mandiri pada daerah-daerah yang memiliki potensi energi air karena pembuatannya yang sederhana dan perawatan yang murah. Pada penelitian ini difokuskan untuk merancang kincir air *undershot* dengan beda permukaan air 2 m. Perancangan ini dilakukan untuk mendapatkan suatu desain kincir air *undershot* yang baik dengan kinerja yang maksimal. Ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi dari kinerja kincir air, misalnya dimensi kincir air dan jumlah sudu. Pada proses perancangan akan ditentukan dimensi dan jumlah sudu agar mendapatkan kinerja yang maksimal. Kincir air dapat didefinisikan sebagai peralatan mekanis yang berbentuk roda dengan sudu berada pada sekeliling tepinya, yang diletakkan pada poros horizontal. Kincir air berfungsi mengubah energi air menjadi energi mekanik berupa torsi dan putaran pada poros kincir. Kincir air *undershot* merupakan jenis yang paling umum digunakan karena sederhana, jenis termurah dan jenis termudah untuk proses membangunnya.

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode perancangan dimana kincir air dirancang dengan mempertimbangkan parameter awal yang telah ditentukan. Beberapa parameter-parameter yang ditentukan sebagai acuan awal yaitu beda ketinggian permukaan air (H) 2 m, lebar saluran air 0,8 m, kedalaman saluran air setelah melewati pintu saluran 0,5 m, koefisien debit yang digunakan 0,5 dan koefisien drag 1,9. Proses perancangan diawali dengan menentukan dimensi kincir air kemudian dihitung secara teoritis daya dan efisiensi yang dihasilkan. Selain merancang kincir air, juga akan dirancang sistem pendukung yang terdiri atas beberapa elemen mesin diantaranya perancangan poros, pemilihan bantalan, sistem transmisi, dan pemilihan generator. Pada perancangan poros ditentukan diameter poros dan bahan yang akan digunakan. Pada pemilihan bantalan akan dipilih jenis bantalan dan ukuran bantalan yang digunakan. Untuk perancangan sistem transmisi yang digunakan ditentukan sistem transmisi apa yang cocok digunakan untuk meneruskan daya dari kincir air ke generator. Setelah itu hasil rancangan digambarkan dalam bentuk 2D maupun 3D dengan bantuan software Solidwork 2016.

Berdasarkan proses perancangan secara analitis dengan ditentukan dimensi awal kincir air sebagai rancangan awal dimana debit aliran dan kecepatan aliran yang

diketahui berturut-turut $1,17 \text{ m}^3/\text{s}$ dan $2,93 \text{ m/s}$, dihasilkan suatu rancangan kincir air *undershot* yang memiliki daya $1,157 \text{ kW}$ dan efisiensi yang dihasilkan 23% dengan diameter kincir 2 m , lebar kincir $0,7 \text{ m}$, jumlah sudu 8 dan putaran kincir air $9,33 \text{ rpm}$. Untuk desain kincir air *undershot* dengan rancangan yang baik memiliki efisiensi maksimal sekitar 35 sampai 45% . Maka desain awal dari kincir *undershot* ini perlu dilakukan modifikasi untuk meningkatkan kinerjanya agar lebih efisien. Modifikasi yang dilakukan bisa dengan mengubah dimensi kincir air dan jumlah sudu yang digunakan. Setelah dilakukan modifikasi didapat rancangan akhir yang dipilih pada rancangan ke 10 dimana daya yang dihasilkan kincir $2,228 \text{ kW}$ dengan efisiensi mencapai 44% dengan diameter kincir $2,6 \text{ m}$, jumlah sudu yang digunakan 14 dan putaran yang dihasilkan $7,18 \text{ rpm}$. Berdasarkan hasil dari perhitungan maka dipilih poros dengan bahan batang baja karbon difinis dingin S45C-D standar jepang (JIS) dan ukuran poros yang digunakan 60 mm . Jenis bantalan yang digunakan adalah bantalan tipe UCP 212. Sistem transmisi yang digunakan untuk memindahkan daya dari kincir air ke generator adalah sistem puli dan sabuk.

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan banyak faktor yang dapat mempengaruhi kinerja dari kincir air *undershot* diantaranya adalah jumlah sudu, diameter kincir, lebar kincir air, dan lain-lain. Jumlah sudu berpengaruh besar terhadap kinerja kincir air *undershot*. Semakin banyak jumlah sudu yang digunakan semakin besar daya yang dihasilkan kincir air. Tetapi jumlah sudu yang terlalu banyak akan menyebabkan air tidak mengalir bebas disekitar sudu dan akan mengurangi tenaga yang dihasilkan.

Saran dari penelitian ini jika ada potensi sumber energi air seperti yang telah dijelaskan dengan beda ketinggian permukaan air 2 m di daerah yang memiliki aliran air maka perancangan kincir air *undershot* ini perlu direalisasikan.

Kata Kunci : kincir air, kincir air undershot, mikrohidro
Kepustakaan : 17 (1978 – 2014)

SUMMARY

THE DESIGN OF UNDERSHOT WATERWHEEL AS MICRO HYDRO POWER PLANT

Scientific Paper in the Form of Skripsi, 26 October 2016

Asep Irwanto; Supervised by Prof. Dr.Ir. H. Kaprawi, DEA

Perancangan Kincir Air Undershot Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro

xxi + 62 pages, 6 tables, 17 pictures, 12 attachment

In Indonesian, especially South Sumatra has a lot of potential energy of water that can be used as a micro hydro power plant. Undershot waterwheel is one type of micro-scale water wheel that can be used as an independent power plants in areas that have the potential energy of water for making a simple and cheap maintenance. In this research is focused on designing undershot waterwheel with different surface of the water is 2 m. The design is done to get an undershot waterwheel was good design with maximum performance. There are some factors that can affect the performance of the waterwheel, for example number of blades and dimensions of water wheel. At the design process will be determined the dimensions and the number of blades to get the maximum performance of water wheel. Water wheel can be defined as mechanical equipment in the form of wheel with blades that are in the perimeter, which is placed on a horizontal axis. Waterwheel function to convert water energy into mechanical energy in the form of torque and shaft rotation of waterwheel. Undershot waterwheel is the type most often used because it is simple, cheap and easy to building process.

In this research using a design method which the water wheel was designed by considering the initial parameters have been determined. Some parameters are determined as a starting point are different the water surface is 2 m, wide channel of water is 0.8 m, depth channel of water after passing sluice gate is 0.5 m, coefficient discharge is 0.5 and the coefficient drag is 1.9. Design process starts with determining the dimensions of the water wheel and then calculated the power and efficiency theoretically. In addition to designing the waterwheel, also was designed a support system that consists of some elements machines including the design of shaft, the selection of bearings, transmission system, and the selection of generator. In the design of the shaft had determined diameters of shaft and materials to be used. At the selection of bearings have selected types of bearings and bearing size are used. To design a transmission system are used determined what the appropriate transmission system is used to pass on power from the waterwheel to a generator. After that the design illustrated in 2D and 3D with the help of the software Solidwork 2016.

Based on the analytical design process with specified initial dimensions of waterwheel as the initial of design which the flow rate and flow velocity were known respectively are $1.17 \text{ m}^3 / \text{s}$ and $2.93 \text{ m} / \text{s}$, it's generated an undershot

water wheel design that has a 1,157 kW and efficiency generated is 23% with a diameter of wheel 2 m, wide of wheel is 0.7 m, number of blade is 8 and a rotation of waterwheel is 9.33 rpm. For the design of undershot water wheel with good design to have a maximum efficiency of about 35 to 45%. Then the initial design of undershot waterwheel is necessary modifications to improve its performance in order to be more efficient. Modifications were made to changing the dimensions of waterwheel and number of blades it's used. After modification obtained a final design is selected the design of no.10 which the generated power of wheel is 2,228 kW with an efficiency is 44% with diameter of a wheel is 2.6 m, number of blades are used 14 and rotations the resulting is 7.18 rpm. Based on the results of the calculation, the selected of shaft material is carbon steel S45C-D standard of Japan (JIS), and the size of the shaft are used 60 mm. This type of bearing used is the type bearing UCP 212. The transmission system that used to move power from waterwheel to the generator is a system of pulleys and belts. From the result in this research, can be concluded any factor that can affect its performance. Among these is the number of blades, diameter of wheel , the width of the waterwheel, and etc. The number of blades have major influence on the performance undershot waterwheel. The greater number of blades are used then the greater the generated power by waterwheel But the number of the blades was too much will cause the water does not to flow freely around the blade and will reduce the power generated..

Suggestions from this research, if there are potential energy source water as described with different of the water surface elevation is 2 m in areas that have water flow, these design of undershot waterwheel have to be realized.

Keywords : waterwheels , undershot waterwheel, micro hydro
Citations : 17 (1978 – 2014)

HALAMAN PENGESAHAN

PERANCANGAN KINCIR AIR *UNDERSHOT* SEBAGAI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO

SKRIPSI

Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Di Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

Oleh :

Asep Irwanto
03111005059

Mengetahui :

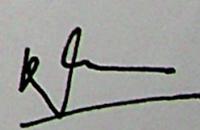
Ketua Jurusan Teknik Mesin,


Qomarul Hadi, S.T, M.T
NIP. 19690213 1995031001

Indralaya, Oktober 2016

Menyetujui :

Pembimbing,


Prof. Dr. Ir. H. Kaprawi, Dea
NIP. 195701181985031004

HALAMAN PERSETUJUAN

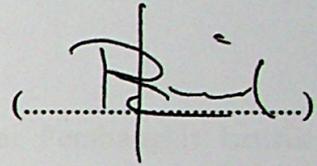
Karya tulis ilmiah berupa Laporan Skripsi ini dengan judul "Perancangan Kincir Air *Undershot* sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Air" telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada Tanggal 26 Oktober 2016.

Indralaya, 26 Oktober 2016

Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Berupa Laporan Sripsi

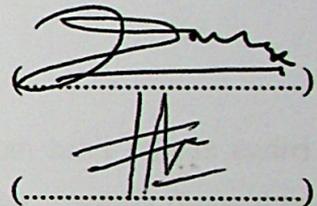
Ketua :

1. Prof. Ir. Riman Sipahutar, M.Sc, Ph.D
NIP. 19591015 198703 1 006



Anggota :

2. Ir. H. M. Zahri Kadir, M.T
NIP. 19590823 198903 1 001
3. Dr. Fajri Vidian, S.T., M.T
NIP. 19720716 200604 1 002



Mengetahui :

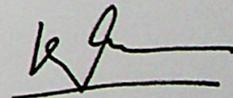
Ketua Jurusan Teknik Mesin,

Menyetujui :

Pembimbing,



Oमारul Hadi, S.T, M.T
NIP. 19690213 199503 1 001



Prof. Dr. Ir. H. Kaprawi, DEA
NIP. 19570118 198503 1 004

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertandatangan dibawah ini :

Nama : Asep Irwanto

NIM : 03111005059

Judul : Perancangan Kincir Air *Undershot* Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro

Menyatakan bahwa Laporan Skripsi saya merupakan hasil karya sendiri didampingi pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/*plagiat*. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/*plagiat* dalam Laporan Skripsi, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.



Indralaya, Oktober 2016



Asep Irwanto

RIWAYAT PENULIS

Penulis dilahirkan di kabupaten Kulon Progo pada tanggal 26 september 1993. Anak dari pasangan Bapak Ngadirin dan Ponirah ini menyelesaikan pendidikan di SD Negeri 194/IX Matramanunggal Muaro Jambi. Setelah tamat dari SD Negeri 194/IX Matramanunggal Muaro Jambi, penulis melanjutkan sekolah di SMP Negeri 12 Muaro Jambi.

Setelah penulis menamatkan pendidikan sekolah menengah pertama pada tahun 2008, penulis memilih melanjutkan pendidikannya di SMA Titian Teras Jambi jurusan IPA. Selama menempuh pendidikan di SMA, penulis pernah mengikuti Festival dan Lomba Seni Siswa Nasional (FLS2N) tingkat Provinsi Jambi bidang lomba band pada tahun 2009.

Setelah menamatkan pendidikan di sekolah menengah atas pada tahun 2011, penulis akhirnya memilih melanjutkan pendidikannya di jurusan Teknik Mesin, Universitas Sriwijaya, Angkatan 2011. Selama pendidiakan perkuliahan penulis pernah mengikuti Kompetisi Mobil Listrik Indonesia ke-VI (KMLI-VI) tingkat nasional di Politeknik Negeri Bandung pada tahun 2014.

Orang tua penulis sangat berperan penting dalam kehidupan penulis, termasuk dibidang pendidikan. Tanpa do'a, nasihat, dan dukungan orang tua, penulis tidak mungkin bias seperti saat ini. Penulis sangat bersyukur kepada Allah SWT karena telah memberikan orang tua terbaik bagi penulis, dan penulis akan selalu berusaha melakukan yang terbaik untuk kedua orang tua penulis.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat, karunia dan kebaikannya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dalam rangka Tugas Akhir (Skripsi) yang dibuat untuk memenuhi syarat mengikuti Seminar dan Sidang sarjana pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya dengan judul *“Perancangan Kincir Air Undershot sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro”*.

Pada kesempatan ini dengan setulus hati penulis menyampaikan rasa hormat dan terima kasih yang sebesar-besarnya atas segala bimbingan dan bantuan yang telah diberikan dalam penyusunan tugas akhir ini kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa .
2. Kedua Orang Tua ku Ngadirin dan Ponirah , adik ku Azis, seluruh keluarga yang telah memberikan semangat, motivasi dan dukungan doa kepada penulis.
3. Bapak Qomarul Hadi, S.T., M.T, selaku ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.
4. Bapak Ir. Dyos Santoso, M.T selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.
5. Ellyanie, S.T., M.T, selaku dosen Pembimbing Akademik selama kuliah di Jurusan Teknik Mesin.
6. Prof. Dr. Ir. H. Kaprawi, DEA selaku dosen pembimbing skripsi yang telah membimbing, mengarahkan dan membantu selama proses penyelesaian skripsi.
7. Seluruh staf pengajar Teknik Mesin Universitas Sriwijaya, untuk semua ilmunya selama penulis menimba ilmu di Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.
8. Para Karyawan dan staff Jurusan Teknik Mesin, Bu Tetra, Ventri, Kak Yan, Kak Sapril, Kak iwan, Pak Yatno, Pak Yahya, yang sangat membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
9. Sahabat-sahabat ku Soldier Mesin 2011 beni, dio, Mak ruli, mang sandi, mang miki, firthon, abror, gin-gin, rasid, akbar, sonny, reno, agik, bagus, faisal mo, faisal fikri, wak bayu, ilham, dimas gembul, dian, taufik, hamzah, cesar, hafid,

afif, duo imam, alif, abdi, ebol, reza, habibi, arsyah, Jourdan, heno, Irfan, hafiz, rido, afif, lae brema, lae baren, lae waluyo, lae poltak, lae erik, lae toga, putra, gohok, redi black, firman achsanu, ian, dll. Trimakasih buat segala canda tawa yang kalian semua berikan.

10. Teman-teman di Teknik Mesin dan griya: wahyu santoso, kunci alias viki, akmal, akbar ketok magic, yope, pulo, bemi, yasir, faisal, oncom, anhari, ezif, boadi, rikona, dll.
11. Sriwijaya Eco Team dan Rajawali Team serta seluruh kerabat yang bertugas, Gassss!!!!
12. Teman-teman Kosan panti toni, bang olan, bang ryan, bang kiting, bang cipluk, bang catur, bang santo, bang gusti, fajri.
13. Dan semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun agar penelitian ini menjadi lebih baik. Semoga penulisan skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan semua pihak yang berkepentingan.

Indralaya, Oktober 2016

Penulis

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Asep Irwanto

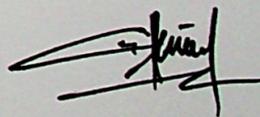
NIM : 0311100505059

Judul : Perancangan Kincir Air *Undershot* sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro

Memberikan izin kepada Pembimbing dan Universitas Sriwijaya untuk mempublikasikan hasil penelitian saya untuk kepentingan akademik apabila dalam waktu 1 (satu) tahun tidak mempublikasikan karya penelitian saya. Dalam kasus ini saya setuju untuk menempatkan Pembimbing sebagai penulis korespondensi (*Corresponding author*)

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Inderalaya, Oktober 2016



Asep Irwanto
03111005059

DAFTAR ISI

NO. DAFTAR : 170815

TANGGAL 17 III 2017

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN AGENDA	ii
RINGKASAN	iii
SUMARRY	v
HALAMAN PENGESAHAN	vii
HALAMAN PERSETUJUAN	viii
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS	ix
RIWAYAT PENULIS	x
KATA PENGANTAR	xi
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	xiii
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR GAMBAR	xviii
DAFTAR TABEL	xix
DAFTAR SIMBOL	xx
MOTTO DAN HALAMAN PERSEMBAHAN	xxi
BAB 1. PENDAHULUAN	
1.1. LatarBelakang	1
1.2. Rumusan Masalah	6
1.3. Batasan Masalah	7
1.4. Tujuan	7
1.5. Manfaat	7
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Potensi Tenaga Air	8
2.2. Pembangkit Listrik Tenaga Air	9
2.3. Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH)	11
2.4. Kincir Air (<i>Water Wheels</i>)	12
2.4.1. Jenis-Jenis Kincir Air	13

2.4.1.1 Kincir Air <i>Overshot</i>	13
2.4.1.2 Kincir Air <i>Undershot</i>	15
2.4.1.3 Kincir Air <i>Breastshot</i>	17
2.4.1.4 Kincir Air <i>Tube</i>	18
2.4.2. Jenis-Jenis Kincir Air <i>Undershot</i>	18
2.4.2.1 Kincir Air <i>Zuppinger</i>	19
2.4.2.2 <i>Stream Wheel</i>	19
2.4.2.3 Kincir Air Pada Kanal Persegi	20
2.4.3. Pemilihan Jenis Kincir Air	20
2.4.4. Perancangan Kincir Air <i>Undershot</i>	21
2.4.4.1 Gaya Pada Tiap Sudu	21
2.4.4.2 Menentukan Luas Sudu	21
2.4.4.3 Menentukan Kecepatan Relatif	22
2.4.4.4 Torsi Pada Poros Kincir	23
2.4.4.5 Daya Kincir Air	23
2.4.4.6 Efisiensi Kincir Air	24
2.5. Peralatan Mekanik	24
2.5.1. Poros	24
2.5.1.1 Daya Rencana	25
2.5.1.2 Momen Rencana	25
2.5.1.3 Bahan dan Spesifikasi	25
2.5.1.4 Tegangan Geser Yang Diizinkan	25
2.5.1.5 Diameter Poros	26
2.5.2. Bantalan	26
2.5.3. Sistem Transmisi	27
BAB 3. METODOLOGI PERANCANGAN	
3.1. Diagram Alir Perancangan	30
3.2. Studi Literatur	31
3.3. Penentuan Parameter-Parameter Awal	32
3.3.1. Kecepatan Air	32
3.3.2. Debit Air	33
3.3.3. Daya Teoritis Air	33
3.4. Perancangan Kincir Air <i>Undershot</i>	34

3.4.1. Menentukan Dimensi Kincir	34
3.4.2. Analisis Daya dan Efisiensi	34
3.4.3. Modifikasi Kincir Air	35
3.5. Perancangan Poros	35
3.6. Pemilihan Bantalan	35
3.7. Perancangan Sistem Transmisi	35
3.8. Pemilihan Generator	35
3.9. Hasil Perancangan	36
3.10. Kesimpulan dan Saran	36

BAB 4. ANALISA PERHITUNGAN DAN HASIL PERANCANGAN

4.1. Perancangan Kincir Air <i>Undershot</i>	37
4.1.1. Dimensi Kincir	37
4.1.2. Perhitungan Daya dan Efisiensi	38
4.1.2.1. Kecepatan Rotasi Sudu	38
4.1.2.2. Jumlah Putaran Kincir	39
4.1.2.3. Menentukan sudut x dan xL	39
4.1.2.4. Menentukan Luas Area Sudu	40
4.1.2.5. Menentukan <i>Lever Arm</i> (L_{arm})	42
4.1.2.6. Menentukan Kecepatan Relatif (v_r)	43
4.1.2.7. Menentukan Gaya Pada Satu Sudu	44
4.1.2.8. Torsi Pada Pusat Kincir Air	45
4.1.2.9. Menentukan <i>Work Done</i>	46
4.1.2.10. Menghitung Daya Kincir Air	47
4.1.2.11. Efisiensi Kincir Air	47
4.1.3. Modifikasi Desain Kincir Air <i>Undershot</i>	48
4.1.4. Desain Akhir Kincir Air <i>Undershot</i>	50
4.1.5. Perancangan Poros	51
4.1.5.1. Daya Rencana (P_d)	51
4.1.5.2. Momen Rencana (T)	51
4.1.5.3. Bahan dan Spesifikasinya	51
4.1.5.4. Tegangan Geser Izin	52
4.1.5.5. Diameter Poros	52
4.1.6. Pemilihan Bantalan (<i>Bearing</i>)	52

4.1.7. Sistem Transmisi	53
4.1.8. Generator	56
4.2. Hasil Rancangan	57
BAB 5. PENUTUP	
5.1. Kesimpulan	59
5.2. Saran	59
DAFTAR PUSTAKA	61
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
1.1. Grafik Kapasitas Terpasang Pembangkit Listrik Menurut Jenis Energi	2
1.2. Potensi Energi Air di Indonesia	5
2.1. Kincir Air <i>Overshot</i>	14
2.2. Kincir Air <i>Undershot</i>	15
2.3. Kincir Air <i>Poncelet</i>	16
2.4. Kincir Air <i>Breastshot</i>	17
2.5. Kincir Air <i>Zuppinger</i>	19
2.6. Kincir Air Impuls (<i>Stream Wheel</i>)	19
2.7. Kincir Air pada Kanal Persegi	20
2.8. Skematik Sudu Saat Melintasi Air	22
2.9. Jenis-Jenis Bantalan Gelinding	27
2.10. Keterangan Rumus Perhitungan Sabuk	28
3.1. Diagram Alir Perancangan Kincir Air <i>Undershot</i>	31
3.2. Skematik Kincir Air <i>Undershot</i>	32
4.1. Sketsa Jumlah Sudu Kincir Air untuk $D = 1\text{ m}$	38
4.2. Skema sistem transmisi	53
4.3. Hasil Rancangan Kincir Air <i>Undershot</i>	57

DAFTAR TABEL

	Halaman
1.1. Perkembangan Rasio Elektrifikasi di Indonesia (%)	3
2.1. Data Kincir Air Jenis <i>Overshot Wheel</i>	15
2.2. Data Kincir Air Jenis <i>Undershot Wheel</i>	16
2.3. Data Kincir Air <i>Poncelet</i>	17
2.4. Data Kincir Air Jenis <i>Breastshot Wheel</i>	18
4.1. Hasil Rancangan Kincir Air Undershot Setelah Dilakukan Modifikasi	49

DAFTAR SIMBOL

v	=	kecepatan aliran air (m/s)
Q	=	Debil aliran (m^3/s)
g	=	Gaya grafitasi (m^2/s)
C_D	=	Koefisien debit aliran
D	=	Diameter kincir air (m)
F	=	Gaya yang diterima oleh setiap sudu (N)
ρ	=	Massa jenis air
C_d	=	Koefisien drag
A	=	Luas permukaan sudu (m^2)
x	=	Sudut sudu pada pusat kincir terhadap garis vertical ($^\circ$)
x_L	=	sudut sudu pada pusat kincir air pada saat kincir air meninggalkan permukaan air terhadap sumbu vertical ($^\circ$)
v_r	=	Kecepatan relative (m/s)
L	=	Radius kincir air (m)
f	=	Lebar kincir air (m)
d	=	Kedalaman sudu didalam air
N	=	Jumlah sudu
n	=	jumlah putaran yang dihasilkan kincir air (rpm)
T	=	Torsi (Nm)
L_{arm}	=	jarak dari pusat kincir sampai titik pusat sudu yang terendam di dalam air (m)
WorkDone	=	kerja akhir yang dilakukan satu sudu mulai dari masuk kedalam air hingga keluar dari dalam air
P_{out}	=	Daya yang dihasilkan kincir air (kW)
P_{in}	=	Daya air yang tersedia (kW)
η	=	Efisiensi kincir air

Motto dan Halaman Persembahan

Motto:

"Harga kebaikan manusia adalah diukur menurut apa yang telah dilaksanakan atau diperbuatnya"

(Ali bin Abi Thalib)

"Tidak ada orang bijak ataupun orang yang dapat dipercaya kecuali mereka yang berkata jujur."

(Sir Walter Raleigh)

Karya tulis ini ku persembahkan untuk :

- Atas rasa syukur ku kepada Tuhan yang Maha Esa
- Orang tua ku yang selalu menyayangi dan mendoakan ku.
- Dosen Pembimbingku
- Keluarga besarku
- Teman-teman seperjuangan (Soldier Mesin 2011)
- Almamaterku (Universitas Sriwijaya)

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Energi listrik merupakan salah satu kebutuhan pokok sebagian besar umat manusia. Dibalik seluruh peran besarnya dalam rangka mendukung peradaban manusia, energi listrik juga menyebabkan timbulnya beberapa masalah baru. Salah satu permasalahan yang sering terjadi adalah tidak meratanya ketersediaan energi listrik bagi masyarakat. Pada sebagian negara yang telah dikategorikan negara maju hal ini bukanlah suatu masalah tetapi untuk beberapa negara yang belum termasuk dalam kategori tersebut, hal ini merupakan masalah yang terus menerus menjadi perhatian, tidak terkecuali untuk negara Indonesia.

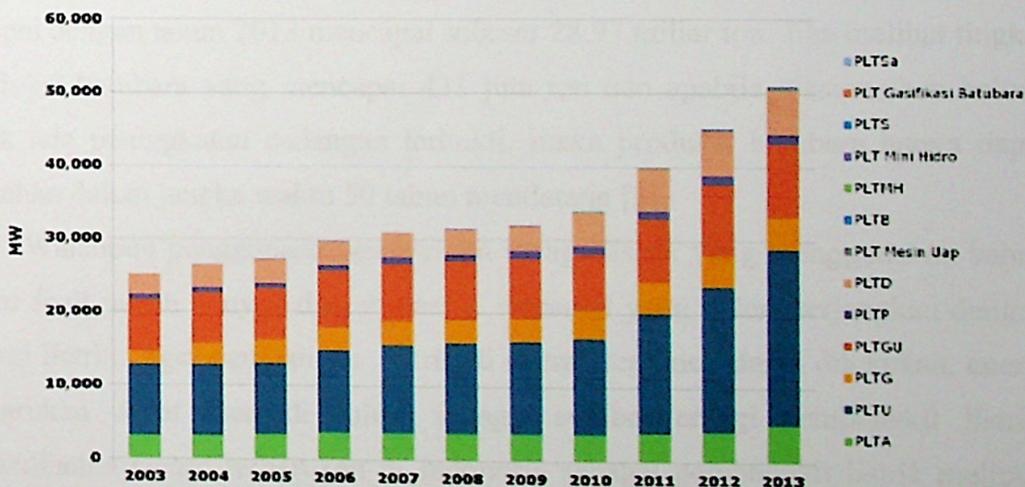
Ada banyak tantangan yang terkait dengan energi, dan salah satu hal yang menjadi perhatian pemerintahan Indonesia adalah bagaimana memperluas jaringan listrik, terutama dengan membangun infrastruktur pasokan listrik kedaerah perdesaan. Banyak tempat yang tidak memiliki akses terhadap infrastruktur listrik, sehingga masyarakat menggunakan energi yang mahal dan tidak efisien, seperti lampu minyak tanah dan genset, atau kayu untuk memasak.

Daerah terisolir atau daerah terpencil merupakan suatu daerah yang sangat tidak terkoneksi dan terdukung oleh infrastruktur yang memadai seperti sarana transportasi, penyediaan listrik atau energi, informasi dan teknologi serta pendidikan, serta pelayanan kesehatan dan lain-lain yang melemahkan peningkatan pembangunan dengan potensi yang ada baik sumber daya manusia maupun sumber daya alam [1]. Berdasarkan definisi daerah terisolir atau daerah terpencil di atas maka dapat diasumsikan bahwa sebagian besar rakyat Indonesia yang belum menikmati listrik bermukim di daerah terpencil. Definisi daerah terpencil itu juga dapat menjadi acuan asumsi bahwa sebagian besar rakyat yang hidup pada daerah terpencil memiliki tingkat pendidikan yang rendah.

Penyediaan energi listrik di Indonesia sebagian besar dilakukan oleh PLN dan non PLN (IPP) atau *captive power* yang biasanya dimiliki oleh industri-industri besar dan menengah yang belum tersambung dengan jaringan listrik PLN. Bahan bakar fosil seperti batu bara, minyak bumi dan gas alam merupakan

sumber energi utama pembangkit-pembangkit listrik tersebut. Selain menggunakan bahan bakar fosil pembangkit di Indonesia juga menggunakan energi terbarukan namun masih dalam jumlah yang terbatas . Berdasarkan data KESDM pada tahun 2010 rasio pembangkit berbahan bakar fosil mencapai sekitar 84% [2].

Perkembangan kapasitas pembangkit listrik di Indonesia mulai tahun 2003 sampai dengan tahun 2013 ditunjukkan seperti pada Grafik 1.1. Secara keseluruhan, dalam kurun waktu tersebut, total pembangkit listrik di Indonesia mengalami kenaikan rata-rata sebesar 7,3 % per tahun. PLTG memiliki laju pertumbuhan tertinggi sebesar 10 % per tahun, dan laju pertumbuhan PLTU rata-rata sebesar 9,3 % per tahun. Jika dilihat pangsa pada tahun terakhir, PLTU merupakan yang terbesar yaitu 46,7 disusul PLTGU. PLTD masing-masing sebesar 19,3 % dan 11,6 %. Sementara pangsa pembangkit listrik berbasis energi baru dan terbarukan masih cukup rendah, yaitu PLTA sebesar 9,9 %, PLTP sebesar 2,6 % dan EBT lainnya masih dibawah 0,5 % [3].



Gambar 1.1 Grafik Kapasitas Terpasang Pembangkit Listrik Menurut Jenis Energi [3]

Rasio elektrifikasi dapat didefinisikan sebagai jumlah rumah tangga yang sudah berlistrik dibagi dengan jumlah rumah tangga yang ada. Perkembangan rasio elektrifikasi secara nasional dari tahun ketahun mengalami kenaikan, yaitu dari 65 % pada tahun 2009 menjadi 80,4 % pada tahun 2013. Namun dapat dilihat

pada Tabel 1.1 dibawah terlihat bahwa terjadi pertumbuhan rasio elektrifikasi yang tidak merata pada masing-masing daerah [4].

Tabel 1.1 Perkembangan Rasio Elektrifikasi di Indonesia (%)

Wilayah	2009	2010	2011	2012	2013	2014
RE Sumatera	62,7	65,0	71,4	76,2	81,0	84,5
RE Jawa-Bali	67,6	70,5	73,6	78,2	83,2	87,0
RE Indonesia Timur	50,6	52,6	59,0	64,6	70,5	73,9
RE Indonesia	63,5	66,2	70,5	75,3	80,4	84,0

Mengingat ketersediaan bahan bakar fosil yang merupakan sumber energi tidak dapat diperbarui memiliki cadangan yang semakin menipis. Cadangan potensial minyak pada tahun 2013 sebesar 3,85 miliar barel sedangkan hanya terbukti sebesar 3,69 miliar barel. Pangsa cadangan minyak bumi Indonesia hanya berkisar 0,5% dari total cadangan minyak bumi dunia. Total cadangan gas bumi pada tahun 2012 hanya berkisar 150,7 TSCF. Cadangan batubara Indonesia sampai dengan tahun 2013 mencapai sebesar 28,97 miliar ton. Jika melihat tingkat produksi batubara yang mencapai 431 juta ton dan apabila diasumsikan bahwa tidak ada peningkatan cadangan terbukti, maka produksi batubara hanya dapat bertahan dalam jangka waktu 50 tahun mendatang [3].

Walaupun penggunaan pembangkit tenaga listrik yang menggunakan bahan bakar fosil masih banyak daerah-daerah terpencil yang belum terjangkau dengan energi listrik. Agar penyediaan listrik di daerah terpencil dapat dilakukan, energi terbarukan dapat menjadi solusi sebagai sumber energi pembangkit listrik. Pemanfaatan energi terbarukan di Indonesia sebagai pembangkit listrik meliputi energi panas bumi, energi angin, energi tenaga surya, biomassa dan energi air.

Berdasarkan data yang diperoleh dari Dewan Energi Nasional bahwa total energi panas bumi di Indonesia mencapai 28,910 MW yang terdiri dari cadangan dan sumber daya panas bumi yang tersebar di 312 lokasi (93 di Sumatera, 71 di Jawa, 12 di Kalimantan, 70 di Sulawesi, 33 di Bali dan Nusa Tenggara, 33 di Maluku dan Papua) [3].

Untuk energi terbarukan seperti energi angin, energi laut dan uranium memiliki potensi untuk dikembangkan dimasa mendatang. Sumber daya energi surya sebesar 4,80 KWh/m²/day. Sedangkan energi angin sebesar 3.6 m/s. Energi laut sebesar 49 GW dan potensi dari uranium sebesar 3.00 MW.

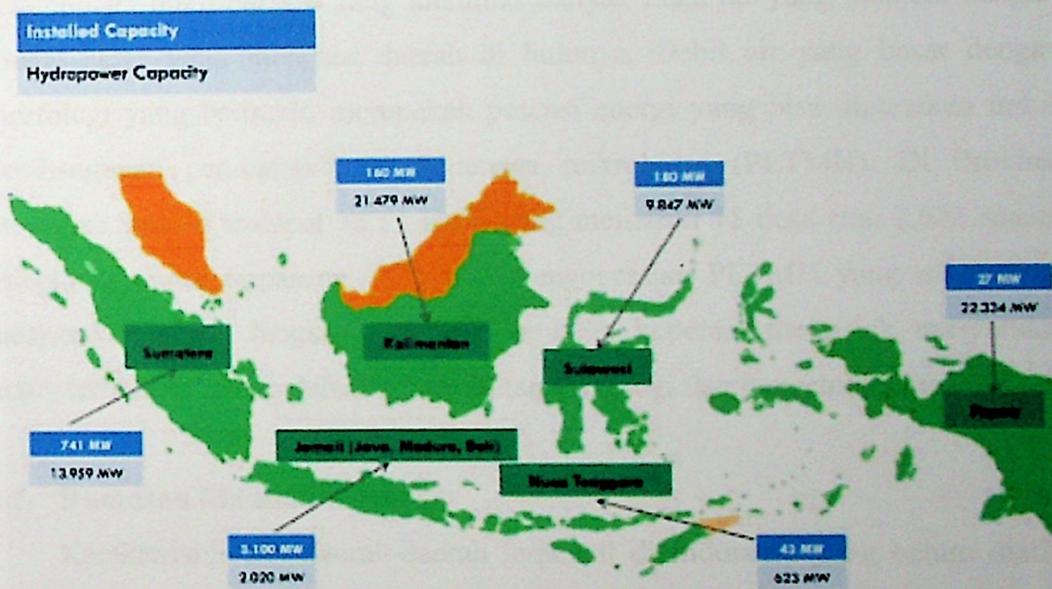
Potensi tenaga hidro di Indonesia yang tersedia saat ini mencapai 75.000 MW yang tersebar di seluruh wilayah kepulauan Indonesia. Sampai dengan saat ini, kapasitas terpasang pembangkit listrik tenaga air termasuk PLT-Minihidro dan PLT-Mikrohidro mencapai 7.573 MW. Hampir seluruh waduk di Indonesia merupakan bagian dari pembangkit listrik tenaga air memiliki umur yang relatif tua, dimana terbatasnya anggaran perawatan, kurangnya kepedulian pemerintah dan masyarakat, menyebabkan terjadinya sedimentasi waduk yang dapat mengurangi produksi listrik mencapai 30 % dari produksi normalnya [3].

Pembangkit listrik tenaga air baik dalam skala besar ataupun skala kecil (PLTMH) merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang sangat cocok dikembangkan di Indonesia. Pembangkit listrik Mikrohidro dengan kapasitas antara 0,5 kW hingga 100 kW cocok digunakan untuk menyediakan energi listrik bagi penduduk yang tinggal di daerah terpencil yang memiliki sumber energi air. Dengan jangkauan kapasitas tersebut, PLTMH dapat memanfaatkan energi yang tersedia dengan kebutuhan setempat dengan biaya investasi dan oprasional yang cukup rendah. PLMTH memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan energi terbarukan lainnya, diantaranya yaitu:

1. Dibandingkan dengan pembangkit listrik jenis lainnya, PLMTH ini cukup murah karena sumber energi yang digunakan berasal dari air yang tersedia melimpah di alam.
2. Memiliki konstruksi yang sederhana dan dapat dioperasikan di daerah terpencil dengan tenaga terampil penduduk daerah setempat dengan sedikit latihan.
3. Tidak menimbulkan pencemaran dan tidak menghasilkan emisi CO₂ yang merupakan pemicu pemanasan global.
4. Dapat dipadukan dengan program lainnya, misalnya irigasi dan perikanan.
5. Dapat mendorong masyarakat agar dapat menjaga kelestarian alam sekitar.

Dalam pengembangan PLTMH tidaklah tanpa kendala, meskipun potensi energi air cukup besar namun pemanfaatnya belum dilakukan secara maksimal. Banyak masyarakat yang masih memilih menggunakan sumber energi yang berbahan bakar fosil. Kendala yang mungkin dihadapi dalam pengembangan PLTMH yaitu antara lain [5]:

1. Lokasi yang umumnya tidak berada dipusat beban sehingga membutuhkan transmisi yang cukup panjang dan aksesibilitas yang rendah pada saat proses pembangunan.
2. Keberlanjutan PLTMH sangat tergantung pada kelestarian sumber daya air sehingga harus ada kebijakan penggunaan sumber daya air dan tata ruang yang dapat menjamin ketersediaan air.



Gambar 1.2 Potensi Energi Air di Indonesia [6]

PLTMH akan cocok digunakan pada daerah terpencil di Indonesia yang mempunyai karakteristik perbukitan dan pegunungan. PLTMH baiknya digunakan pada daerah yang mempunyai syarat sebagai berikut : potensi energi air yang melimpah dan terdapat beda ketinggian air di suatu wilayah atau alur sungai, baik berupa terjunan, alur sungai yang curam atau aliran sungai yang bisa dibendung, maka daerah tersebut dapat dibangun PLTMH [7].

Berdasarkan peta di atas dapat terlihat bahwa banyak potensi-potensi energi air di Indonesia. Pada pembahasan awal tentang daerah terpencil yang menyatakan bahwa tingkat pendidikan rakyat pada sebagian daerah terpencil cukup rendah karena keterbatasan infrastruktur. Faktor tersebutlah yang menjadi suatu pertimbangan untuk dilakukan pembuatan pembangkit listrik skala kecil pada daerah terpencil yang memiliki potensi energi air dan juga pembangkit yang digunakan haruslah mudah pengoprasianya dan perawatannya. Pembangkit listrik mandiri tenaga air yang mudah proses pembuatannya, pengoprasian, dan perawatannya menjadikan suatu solusi yang dibutuhkan untuk daerah terpencil dengan karakteristik berbukit dan bergunung di Indonesia yang memiliki sumber energi air.

Wilayah Provinsi Sumatera Selatan sebelah Barat yang merupakan pegunungan bukit barisan yang memiliki banyak mata air yang menjadi sungai-sungai besar yang mengairi daerah di hulunya. Debit air yang besar dengan morfologi yang berbukit, merupakan potensi energi yang bisa digunakan untuk pembangunan pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH). Di Provinsi Sumatera Selatan terdapat 16 PLTMH yang melistriki 15 desa atau 2.623 rumah dengan kapasitas terpasang 555 kW. Pengoprasian PLTMH yang melibatkan masyarakat secara langsung melalui lembaga koperasi mengajak masyarakat untuk terlibat langsung dalam pemanfaatan teknologi dan pengelolaannya [8].

1.2. Rumusan Masalah

Karakteristik dari daerah-daerah terpencil di Indonesia yang belum dialiri listrik keadaannya cukup beragam baik dari segi geografisnya maupun kebutuhannya. Maka diperlukan suatu desain tersendiri dan pemilihan jenis kincir air sebagai pembangkit tenaga listrik yang akan digunakan agar mendapatkan efisiensi yang maksimal. Ada beberapa jenis kincir air yang sering di gunakan di Indonesia yang salah satunya yaitu kincir air *undershot*. Ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi dari kinerja kincir air *undershot*, salah satunya yaitu jumlah sudu kincir. Pada perancangan kincir air *undershot* ini penulis akan menjadikan jumlah sudu sebagai variabel ubah untuk mendesain kincir air yang memiliki kinerja terbaik.

1.3. Batasan Masalah

Dalam perencanaan kincir air ini terdapat batasan-batasan masalah yang akan diterapkan. Batasan-batasan tersebut adalah sebagai berikut:

1. Beda ketinggian permukaan air 2 m.
2. Perencanaan tidak mencakup perencanaan konstruksi.
3. Sistem kontrol tidak tercakup dalam perencanaan.
4. Pada perencanaan bantalan hanya pemilihan jenis dan ukuran bantalan saja.
5. Proses perencanaan hanya terbatas pada pendekatan teoritis.
6. Generator yang digunakan memiliki putaran 1500 rpm.

1.4. Tujuan

Pada perancangan ini memiliki tujuan untuk merancang suatu jenis kincir air yang mudah dibangun sendiri oleh masyarakat dan diterapkan pada daerah terpencil di Indonesia khususnya Sumatera Selatan yang memiliki potensi energi air dengan beda ketinggian permukaan air 2 meter yang dibuat pintu saluran. Tujuan selanjutnya yaitu untuk memperoleh suatu rancangan yang baik dengan menentukan dimensi dan jumlah sudu sebagai variabel ubahnya.

1.5. Manfaat

Perencanaan ini diharapkan dapat dikembangkan dan diterapkan pada daerah-daerah terpencil di Indonesia khususnya Sumatera Selatan yang memiliki potensi tenaga air yang belum memiliki energi listrik untuk membuat pembangkit listrik mandiri.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Direktorat Kawasan Khusus dan Daerah Tertinggal., 2007, *Laporan Akhir Hasil Evaluasi Kebijakan Perencanaan Pembangunan Kawasan Tertinggal*, Jakarta : BAPPENAS.
- [2] ESDM., 2010, *Handbook of Energy & Economic Statistics of Indonesia*, Jakarta : Center for Energy and Mineral Resources Data and Information on and Mineral Resources.
- [3] Dewan Energi Nasional, 2014., *Outlook Energi Indonesia 2014.*, Jakarta : DEN.
- [4] PLN., 2014., *Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) PT. PLN (PERSERO) 2015-2024.*, Jakarta : PT.PLN
- [5] Harsarapama, A.P., 2014., *Turbin Mikrohidro Open Flume Dengan Hub To Tip Ratio 0,4 Untuk Daerah Terpencil.*, Skripsi Teknik Mesin Universitas Indonesia : Diterbitkan.
- [6] PT. Global Verde: *Hydropower Potential In Indonesia* [Internet] ;dipublikasi 20 Maret 2012 [dikutip 26 Februari 2016] Sumber : <http://www.globalverdeenergy.com/hydropower.html>
- [7] Hendarto, A., 2012., *Pemanfaatan Pemandian Umum Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) Menggunakan Kincir Tipe Overshot.*, Jurnal Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- [8] Permana, D., 2011., *Lambung Energi dan Listrik.*, Pemerintahan
- [9] Prasetyo, E., 1999., *Fisika Energi.*, Diktat Kuliah Universitas Sriwijaya.
- [10] Contained Energy Indonesia., 2010., *Energi yang Terbarukan.*, Jakarta : PNPM
- [11] IMIDAP., 2008., *Pedoman Teknis Standarisasi Peralatan dan Komponen Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH).*, Jakarta : Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral.
- [12] Wibawa, U., Santoso, H., dan Dharmayana., 2014., *Perancangan kincir Air Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) Desa Bendosari Kecamatan Pujon Kabupaten Malang.*, Malang : Universitas Brawijaya.

- [13] Alternative Energy Tutorials: *Waterwheel Design for Micro Hydro Energy* [Internet] dipublikasi 10 September 2013 [dikutip 02 Februari 2016] Sumber: <http://www.alternative-energy-tutorials.com/hydro-energy/waterwheel-design.html>
- [14] Kaprawi., dkk., 2011., *Pengaruh Geometri Sudu Terhadap Kinerja Turbin Air Darrieus Untuk Aliran Sungai.*, Laporan Penelitian Universitas Sriwijaya.
- [15] Jones, Z., 2005., *Domestic Electricity Generation Using Waterwheels On Moores Barge.*, School of the Built Environment, Heriot-Watt University, Edinburg, Scotland.
- [16] Sularso dan Kiyokatsu Suga. 1978. *Dasar Perencanaan Dan Pemilihan Elemen Mesin.* Jakarta: Pradnya Paramita.
- [17] Cengel, A.Y., dan Cimbala, J.M., 2006., *Fluid Mechanics Fundamental and Applications.*, First Edition. McGraw-Hill Companies, Inc.