

MODIFIKASI SUDU TURBIN TERHADAP KINERJA TURBIN ARUS LINTANG (*CROSS FLOW TURBINE*) DENGAN MENGGUNAKAN METODE EKSPERIMEN

JUSUF HAURISSA¹⁾, FERNANDO SITINJAK²⁾

¹⁾Dosen Program Studi Teknik Mesin,

²⁾Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin

Fakultas Teknologi Industri dan Kebumihan

Universitas Sains dan Teknologi Jayapura

Email : jhaurissa@yahoo.com

ABSTRAK

Tujuan dari penelitian ini adalah memodifikasi sudu turbin arus lintang (cross flow turbine) untuk meningkatkan efisiensi turbin.

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimen. Ada tiga variabel yang digunakan yaitu : a. Variabel bebas adalah pembebanan pada poros yaitu tanpa beban, beban 1N, beban 2 N, beban 3 N dan beban 4 N,b). Variabel terikat yang digunakan adalah Torsi (T),c). Variabel terkontrol : variabel yang ditentukan oleh peneliti, dan nilainya selalu dibuat konstan. Variabel terkontrol adalah debit air (Q).

Berdasarkan hasil penelitian dengan menggunakan metode eksperimen menghasilkan efisiensi sebesar 67,78 %, yang dicapai pada kondisi bukaan 100% dan beban maksimum 4 N. Disamping itu juga dapat dianalisa unjuk kerja turbin cross-flow, daya yang dihasilkan oleh turbin sangat dipengaruhi oleh besarnya debit aliran fluida yang diberikan . Dengan peningkatan torsi karena faktor pembebanan yang diberikan hingga 4 N, daya keluaran turbin (P_{out}) diperoleh maksimal 41, 5736 watt.

Kata kunci : *Turbin Arus Lintang, Daya Turbin, Efisiensi Turbin, Debit Air*

1. PENGANTAR

Energi listrik merupakan salah satu kebutuhan pokok yang sangat penting dalam kehidupan Manusia saat ini, dimana hampir semua aktifitas Manusia berhubungan dengan energi listrik. Seiring dengan pertumbuhan ekonomi dan tingkat populasi penduduk di Indonesia yang semakin tinggi maka permintaan akan energi listrik juga meningkat. Oleh karenanya pemanfaatan energi secara tepat guna, akan menjadi suatu cara yang ampuh dalam perkembangan zaman saat ini.

Sebagian besar negara di dunia, *suply* pembangkit listriknya masih mengandalkan pembangkit berbahan bakar fosil yakni: minyak bumi, gas alam dan batu bara yang terbatas jumlahnya di alam dan suatu saat akan habis. Sementara permintaan akan energi listrik semakin bertambah. Oleh karena itu pemanfaatan energi di masa kini dan mendatang sudah diarahkan pada pemanfaatan energi terbarukan yang ada di alam. Misalnya: energi air, energi matahari, energi angin, panas bumi, dan nuklir. Hal ini karena energi

terbarukan ini cukup mudah didapat dan dapat di daur ulang, bila dibandingkan dengan energi fosil yang harus melalui banyak proses dan susah mendapatkannya, karena umumnya terdapat di permukaan bumi. Selain itu cadangan akan sumber energi fosil semakin berkurang. Karena sumber energi ini tidak dapat diperbaharui. Apabila bahan bakar fosil semakin berkurang atau semakin susah ditemukan, maka dapat dipastikan bahwa harga bahan bakar fosil akan meningkat dipasaran, hal ini dapat mempersulit perekonomian suatu bangsa atau daerah.

Sumber-sumber energi yang dikenal dengan sumber energi terbarukan, seperti yang disebutkan di atas antara lain: energi air, energi matahari, energi angin, panas bumi, dan lain sebagainya. Semua energi tersebut telah memenuhi kriteria, sehingga dalam pemanfaatannya dapat menghemat penggunaan energi fosil yang terbatas.

Salah satu energi yang berpotensi di negara kita adalah pemanfaatan energi air dan apabila pemanfaatan tersebut dilakukan secara meluas, di seluruh wilayah Indonesia, maka

peluang untuk keluar dari krisis listrik akan semakin besar. Mengingat bahwa terdapat banyak tempat-tempat yang berpotensi untuk dimanfaatkan terutama di seluruh pulau-pulau besar yang ada dinegara kita.

Negara Indonesia merupakan negara yang mempunyai iklim tropis dan kondisi banyak gunung dengan aliran sungai yang berpotensi untuk di kembangkan sebagai pembangkit tenaga listrik. Potensi ini sebagian besar tersebar di bagian pedalaman, namun masih banyak penduduk desa yang belum menikmati energi listrik sehingga sangat tepat untuk dikembangkan pembangkit tenaga listrik.

Air memiliki energi potensial dan apabila air mengalir akan menghasilkan energi kinetik yang berpotensi untuk menghasilkan energi listrik dengan merubahnya menjadi energi mekanik terlebih dahulu. Untuk memperoleh energi listrik berdasarkan energi kinetik air, dibutuhkan suatu analisa yang tepat untuk menentukan penggunaan jenis turbin yang tepat untuk digunakan. Dengan mempelajari hal-hal yang lebih mudah terlebih dahulu maupun dari jenis turbin berukuran kecil, seperti jenis turbin impuls dan turbin reaksi.

Dalam penelitian ini akan membahas tentang Turbin arus Lintang (*cross-flow*) dengan menganalisa unjuk kerja Turbin dengan metode eksperimen. Untuk mendapatkan hasil perancangan *Runner Turbin Cross-flow* yang sesuai dengan yang direncanakan, dimana turbin yang lebih baik tentu akan menghasilkan efisiensi yang besar dari pemanfaatannya. Dengan demikian untuk mendapatkan rancangan *Runner Turbin Cross-flow* yang sempurna, dibutuhkan analisis baik dari jumlah sudu, ketinggian, kecepatan roda turbin (*Runner*), juga kecepatan aliran debit air yang menumbuk sudu turbin yang kemudian jadi hasil gerak putar pada roda jalan (*runner*).

Hasil rancangan *Runner Turbin Cross-flow* yang direncanakan ini, akan terlihat dari besar efisiensi yang dihasilkan turbin. Semakin besar efisiensi yang dihasilkan oleh turbin, maka turbin tersebut semakin baik. Jika dibandingkan dengan turbin yang lain, maka turbin *cross-flow* merupakan turbin dengan sistem kerja ganda. yakni, kecepatan air menumbuk sudu masuk roda jalan merupakan system kerja pertama dan air yang keluar sudu tingkat pertama akan menumbuk sudu tingkat kedua yang merupakan sistem kerja kedua dari turbin tersebut.

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang dilakukan adalah metode eksperimen yang bersifat korelasi. Metode eksperimen korelasi yang dimaksud adalah untuk untuk melihat atau meneliti

hubungan unjuk kerja turbin *cross-flow* dengan besar debit aliran terhadap putaran turbin, torsi, maupun efisiensi. Dari hasil pengamatan kemudian dilakukan pengolahan data berdasarkan teori unjuk kerja turbin *cross-flow*.

a. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian rancangan turbin *cross-flow* sudu 18 ini adalah antara lain sebagai berikut:

1. *Runner Turbin cross-flow*

Runner meliputi 3 bagian utama, yaitu poros turbin, cakram turbin, dengan bahan plat baja, dan sudu, dengan bahan plat baja dipasang sekeliling cakram.

2. *Nozel/Pipa Pancar*

3. *Rumah turbin*

Rumah turbin dibutuhkan untuk melindungi pancaran air yang dihasilkan putaran *runner*.

4. *Pompa*.

Pompa digunakan untuk mengalirkan air dari dalam *feed tank* menuju nozel.

5. *Katup Pengatur Aliran*

Katup ini berfungsi untuk mengatur aliran, terutama pada saat penelitian berlangsung, dan dibutuhkan penyesuaian kecepatan aliran untuk mendapatkan putaran *runner* yang diinginkan.

6. *Handel pengatur sudut nozel*

Handel pengatur ini dilengkapi dengan skala busur derajat, yang bermanfaat untuk mengatur dan mengetahui posisi sudut pipa pancar (α) terhadap arah kecepatan putar *runner*.

7. *Rotameter digital*

Rotameter berfungsi sebagai pengukur kecepatan aliran. Penelitian ini akan menggunakan sebuah rotameter yang digunakan untuk mengukur kecepatan aliran air memasuki *nozel*.

8. *Optocoupler*

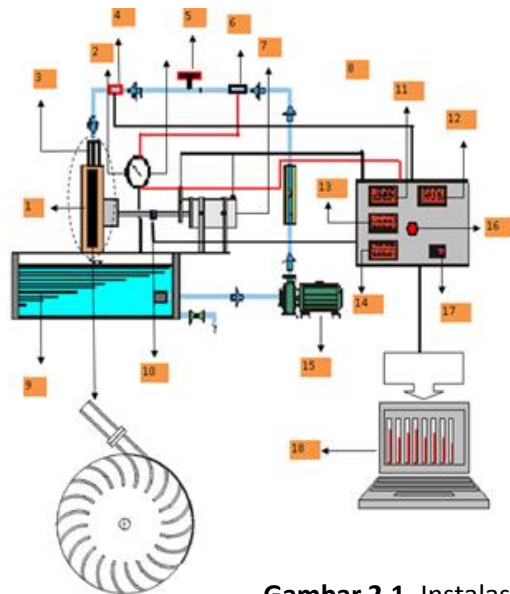
Optocoupler adalah sensor yang dipakai untuk mengukur putaran *runner* turbin. Hasil pembacaan *optocoupler* akan dikirim ke ADC.

9. *ADC*

ADC berfungsi untuk mengubah sinyal yang masih analog menjadi sinyal digital. ADC dibutuhkan karena semua sensor yang dipakai dalam penelitian ini masih bersifat analog. Sedangkan peraga atau penerima sinyal adalah sebuah komputer yang sifatnya adalah digital.

10. *Komputer*.

Besaran kecepatan aliran, putaran turbin dan torsi yang dihasilkan akan direkam oleh komputer. Selanjutnya data hasil penelitian ini akan diolah dan dihasilkan beberapa diagram atau grafik untuk melihat fenomena yang terjadi pada penelitian ini.



Keterangan Gambar :

1. Cross Flow turbine
2. Pressure gauge
3. Nozle
4. Sensor debit air
5. Katup Pengatur
6. Sensor Tekanan Air
7. Brake
8. Flowmeter
9. Feed tank
10. Rev counter transducer
11. Displav rom
12. Display l/h
13. Ammeter
14. Voltmeter
15. Centrifugal pump
16. Pump switch
17. Load adjustment knob
18. Komputer

Gambar 2.1. Instalasi Penelitian

b. Rancangan Penelitian

Penelitian ini terdiri dari 3 (tiga) tahapan penelitian yaitu :

- Variabel bebas (independent variable): variabel yang besarnya ditentukan nilainya oleh peneliti sebelum melakukan penelitian. Variabel bebas yang digunakan adalah beban 0, 1, 2, 3 dan 4 N.

- Variabel terikat (dependent variabel) : variable yang besarnya tidak dapat ditentukan oleh peneliti, nilai dari variabel ini tergantung pada nilai dari variabel bebasnya. Variabel terikat yang digunakan adalah Torsi (T),
- Variabel terkontrol : variabel yang ditentukan oleh peneliti, dan nilainya selalu dibuat konstan. Variabel terkontrol adalah debit air (Q).

Tabel 3.1. Data hasil rata-rata percobaan

| Bukaan % | Beban (N) | Debit (l/h) | Debit (m ³ /s) | Tekanan (Bar) | Putaran (Rpm) | Voltage | Ampere |
|-------------|-----------|-------------|---------------------------|---------------|---------------|---------|--------|
| | 0 | 3333.6 | 0.000926 | 1.5 | 370 | 5.6 | 0 |
| | 1 | 3333.6 | 0.000926 | 1.5 | 370 | 5.6 | 0 |
| 25% | 2 | 3333.6 | 0.000926 | 1.5 | 351 | 5.2 | 0.23 |
| | 3 | 3333.6 | 0.000926 | 1.5 | 317 | 4.3 | 0.66 |
| | 4 | 3333.6 | 0.000926 | 1.5 | 284 | 3.5 | 1.09 |
| | 0 | 3753 | 0.001042 | 0.7 | 420 | 6.3 | 0 |
| | 1 | 3753 | 0.001042 | 0.7 | 420 | 6.3 | 0 |
| 50% | 2 | 3753 | 0.001042 | 0.7 | 396 | 5.7 | 0.32 |
| | 3 | 3753 | 0.001042 | 0.7 | 356 | 4.7 | 0.83 |
| | 4 | 3753 | 0.001042 | 0.7 | 323 | 3.9 | 1.3 |
| | 0 | 3814 | 0.001059 | 0.6 | 428 | 6.5 | 0 |
| | 1 | 3814 | 0.001059 | 0.6 | 428 | 6.5 | 0 |
| 75% | 2 | 3814 | 0.001059 | 0.6 | 401 | 5.8 | 0.34 |
| | 3 | 3814 | 0.001059 | 0.6 | 363 | 4.8 | 0.89 |
| | 4 | 3814 | 0.001059 | 0.6 | 328 | 4 | 1.33 |
| | 0 | 3843 | 0.001067 | 0.5 | 431 | 6.5 | 0 |
| | 1 | 3843 | 0.001067 | 0.5 | 431 | 6.5 | 0 |
| 100% | 2 | 3843 | 0.001067 | 0.5 | 405 | 5.8 | 0.33 |
| | 3 | 3843 | 0.001067 | 0.5 | 365 | 4.8 | 0.86 |
| | 4 | 3843 | 0.001067 | 0.5 | 331 | 4 | 0.34 |

3. Analisa Dan Pembahasan

3.1. Data hasil percobaan

Pada penelitian Turbin *cross-flow* ini, pengujian pertama dilakukan dengan tanpa memberi beban dengan terlebih dahulu mengatur bukaan nozel sebesar 25 %. Hal ini dilakukan untuk mengontrol jumlah debit air menerjang sudu turbin, dan hasilnya akan terlihat pada digital control panel. Selanjutnya hal sama dilakukan pada beban 2N, 3N dan 4N dengan variasi bukaan 50%, 75%, dan 100%. Dari hasil penelitian turbin *cross-flow* sesuai dengan tahapan yang tersebut diatas, percobaan dilakukan sebanyak 3 kali dan ada baiknya jika dilakukan percobaan sebanyak-

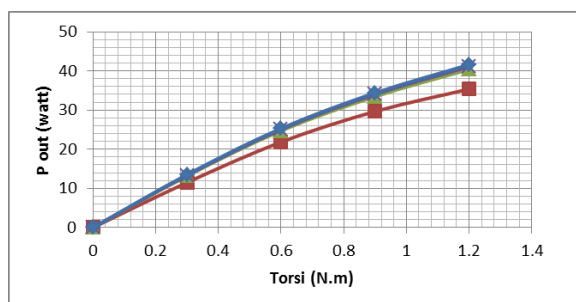
banyaknya. Dari hasil rata-rata percobaan tersebut dapat dilihat pada tabel 3.1.

3.2. Pengolahan data

Sesuai dengan tujuan dari penelitian Turbin *cross-flow* ini, adalah mengetahui seberapa besar efisiensi yang dihasilkan turbin dengan jumlah sudu 18 maka dilakukan pengolahan data Berdasarkan hasil pengabihan data dari tabel 3.2. Data tersebut diolah berdasarkan unjuk kerja turbin *cross-flow* dengan debit aliran yang terkontrol 25 %, 50 %, 75% dan 100% dan pembebanan 1 sampai 4N.

Tabel 3.2. Tabel Pengolahan Data.

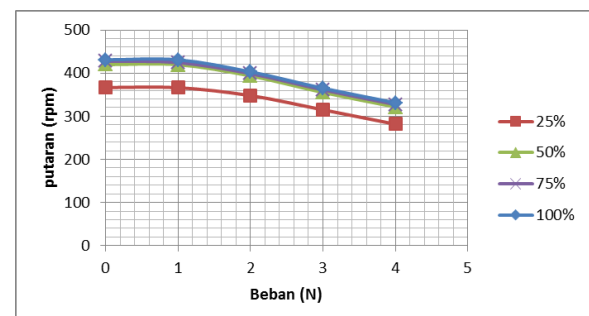
| Bukaan (%) | Beban (N) | Tekanan (bar) | n (rpm) | Q (m3/s) | T (N m) | V (m/s) | Hman (m) | H kin (m) | H pres (m) | H tot (m) | P in (W) | P out (W) | Efisiensi (%) |
|------------|-----------|---------------|---------|----------|---------|---------|----------|-----------|------------|-----------|----------|-----------|---------------|
| | 0 | 1.5 | 370 | 0.000926 | 0 | 2.315 | 0.4 | 0.2731 | 15.2905 | 15.9636 | 145.0143 | 0 | 0 |
| | 1 | 1.5 | 370 | 0.000926 | 0.3 | 2.315 | 0.4 | 0.2731 | 15.2905 | 15.9636 | 145.0143 | 11.6180 | 8.01 |
| 25% | 2 | 1.5 | 351 | 0.000926 | 0.6 | 2.315 | 0.4 | 0.2731 | 15.2905 | 15.9636 | 145.0143 | 22.0428 | 15.20 |
| | 3 | 1.5 | 317 | 0.000926 | 0.9 | 2.315 | 0.4 | 0.2731 | 15.2905 | 15.9636 | 145.0143 | 29.8614 | 20.59 |
| | 4 | 1.5 | 284 | 0.000926 | 1.2 | 2.315 | 0.4 | 0.2731 | 15.2905 | 15.9636 | 145.0143 | 35.6704 | 24.59 |
| | 0 | 0.7 | 420 | 0.001042 | 0 | 2.605 | 0.4 | 0.3458 | 7.1355 | 7.8813 | 80.5628 | 0 | 0 |
| | 1 | 0.7 | 420 | 0.001042 | 0.3 | 2.605 | 0.4 | 0.3458 | 7.1355 | 7.8813 | 80.5628 | 13.1880 | 16.36 |
| 50% | 2 | 0.7 | 396 | 0.001042 | 0.6 | 2.605 | 0.4 | 0.3458 | 7.1355 | 7.8813 | 80.5628 | 24.8688 | 30.86 |
| | 3 | 0.7 | 356 | 0.001042 | 0.9 | 2.605 | 0.4 | 0.3458 | 7.1355 | 7.8813 | 80.5628 | 33.5352 | 41.62 |
| | 4 | 0.7 | 323 | 0.001042 | 1.2 | 2.605 | 0.4 | 0.3458 | 7.1355 | 7.8813 | 80.5628 | 40.5688 | 50.35 |
| | 0 | 0.6 | 428 | 0.001059 | 0 | 2.6475 | 0.4 | 0.3572 | 6.1162 | 6.8734 | 71.4063 | 0 | 0 |
| | 1 | 0.6 | 428 | 0.001059 | 0.3 | 2.6475 | 0.4 | 0.3572 | 6.1162 | 6.8734 | 71.4063 | 13.4392 | 18.82 |
| 75% | 2 | 0.6 | 401 | 0.001059 | 0.6 | 2.6475 | 0.4 | 0.3572 | 6.1162 | 6.8734 | 71.4063 | 25.1828 | 35.26 |
| | 3 | 0.6 | 363 | 0.001059 | 0.9 | 2.6475 | 0.4 | 0.3572 | 6.1162 | 6.8734 | 71.4063 | 34.1946 | 47.88 |
| | 4 | 0.6 | 328 | 0.001059 | 1.2 | 2.6475 | 0.4 | 0.3572 | 6.1162 | 6.8734 | 71.4063 | 41.1968 | 57.69 |
| | 0 | 0.5 | 431 | 0.001067 | 0 | 2.6675 | 0.4 | 0.3626 | 5.0968 | 5.8594 | 61.3319 | 0 | 0 |
| | 1 | 0.5 | 431 | 0.001067 | 0.3 | 2.6675 | 0.4 | 0.3626 | 5.0968 | 5.8594 | 61.3319 | 13.5334 | 22.06 |
| 100% | 2 | 0.5 | 405 | 0.001067 | 0.6 | 2.6675 | 0.4 | 0.3626 | 5.0968 | 5.8594 | 61.3319 | 25.4340 | 41.46 |
| | 3 | 0.5 | 365 | 0.001067 | 0.9 | 2.6675 | 0.4 | 0.3626 | 5.0968 | 5.8594 | 61.3319 | 34.3830 | 56.06 |
| | 4 | 0.5 | 331 | 0.001067 | 1.2 | 2.6675 | 0.4 | 0.3626 | 5.0968 | 5.8594 | 61.3319 | 41.5736 | 67.78 |



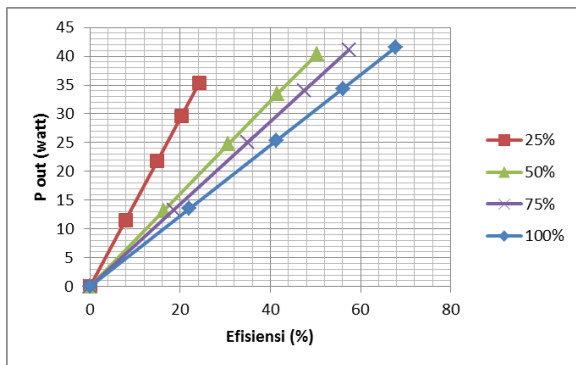
Gambar 3.1 Grafik daya turbin (P_{out}) terhadap Torsi

Gambar grafik 3.1 berikut menunjukkan perbandingan antara daya turbin (P_{out}). dengan Torsi. Grafik menunjukkan bahwa daya turbin (P_{out}) dipengaruhi oleh Torsi. Semakin besar Torsi karena faktor penambahan pembebanan yang diberikan dapat meningkatkan daya turbin.

Dan sebaliknya karena faktor pembebanan yang diberikan terhadap turbin sangat mempengaruhi Putaran semakin menurun seperti terlihat pada Gambar grafik 3.2 berikut.

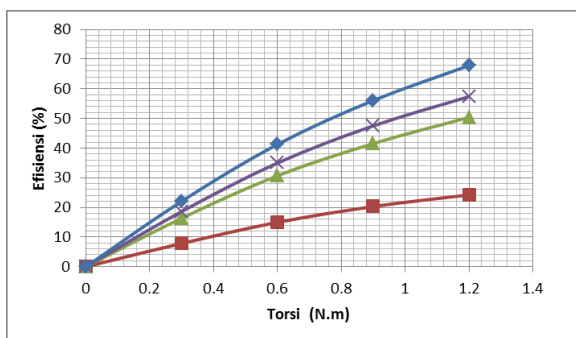


Gambar 3.2. Grafik Putaran (rpm) terhadap Pembebanan (N)



Gambar 3.3 .Grafik Daya turbin terhadap Efisiensi turbin

Gambar grafik 4.3 menunjukkan perbandingan antara daya turbin (P_{out}) terhadap efisiensi turbin. Grafik tersebut menunjukkan bahwa efisiensi turbin akan semakin meningkat seiring dengan peningkatan daya turbin dan penambahan bukaan nozel hingga maksimum.



Gambar 3.4. Grafik Efisiensi terhadap Torsi.

Dari grafik 3.4 diatas menunjukkan bahwa efisiensi meningkat seiring dengan peningkatan Torsi dan penambahan debit bukaan Nozel.

4. Kesimpulan

Dari penelitian turbin *cross-flow* dengan jumlah sudu 18 buah dan metode penelitian menggunakan metode eksperimen, dapat dibuat kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan analisa unjuk kerja turbin *cross-flow*, daya yang dihasilkan oleh Turbin sangat dipengaruhi oleh torsi dan besarnya debit aliran fluida. Dengan peningkatan torsi karena faktor pembebanan yang diberikan hingga 4 N, daya keluaran turbin (P_{out}) diperoleh maksimal 41, 5736 watt.
2. Daya yang masuk (P_{in}) ke ruang Turbin dari fluida air cenderung dipengaruhi Tekanan aliran. Semakin besar nilai tekanan fluida semakin besar Daya yang masuk ke ruang Turbin.
3. Dari hasil analisis dan pengolahan data pada Turbin *cross-flow* sudu 18 buah

dengan diameter *runner* 20 cm, besar efisiensi yang dihasilkan oleh Turbin maksimal adalah 67,78 %.

4. Turbin *cross-flow* sudu 18 tidak lebih baik dari Turbin *cross-flow* sudu 20. Dengan besar ukuran diameter *runner* turbin, tebal *runner* dan tebal sudu yang sama, sudu 20 efisiensinya 70% dan sudu 18 efisiensinya 67,78 % pada penelitian ini..

5. DAFTAR PUSTAKA

- Abhiroop Chattopadhyay, 2010. *Cross-flow Water Turbine Design Manual*.
- Andi Ade Larasakti, Syukri Himran dan A.Syamsur Arifin. 2012. "*Pembuatan dan Pengujian Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Daya 200 Watt*" Universitas Hasanuddin, Makasar.
- A.T.Sayers. 1992 "*Hydraulic And Compressible Flow Turbomachines*" Department Of Mechanical Engineering, University of Cape Town.
- FH Formelsammlung. 2011 "Energietechnik Editiert" Jahren.
- Frank M. White. 1988" *Mekanika Fluida*" Jilid 1 Edisi Kedua. Penerbit Erlangga. Jakarta
- Frank M. White.1998" *Mekanika Fluida*" Jilid 1 Edisi Kedua. Penerbit Erlangga. Jakarta..
- Fritz Dietsel. 1993. Alih bahasa Dakso Sriyono" *Turbin Pompa dan Kompresor ,turbin aliran ossberger*". Penerbit Erlangga. Jakarta.
- Jusuf Haurissa, 2010 "*Optimasi Unjuk Kerja Turbin Arus Lintang Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Air*". Universitas Brawijaya, 2010. Malang.
- Mohkamad Tirono. 2012. "*Pemodelan turbin cross-flow untuk diaplikasikan pada sumber air dengan tinggi jatuh dan debit kecil*" Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maliki Malang.
- Sularso, Msme. 1997. "*Dasar Perencanaan Dan Pemilihan Elemen Mesin*" .Penerbit Pt Pradnya Paramita. Jakarta.
- Syukri Himran. 2006. "*Dasar – Dasar Merencana Turbin Air*" Universitas Hasanuddin. Makasar.
- Yanziwar. 2007 "*perencanaan Turbin Crossflow*", Teknik Mesin Politeknik Negeri Padang.
- <http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/24300/4/Chapter%20II.pdf>. Dikunjungi 9 Oktober 2012.
- <http://202.90.195.156/bse/smk12%20TeknikMesinIndustri%20Sunyoto.pdf>. Dikunjungi 9 Oktober 2012.
- http://en.wikipedia.org/wiki/pelton_wheel. Dikunjungi 9 Oktober 2012.
- http://europa.eu.int/en/comm/dg17/hydro/layman_2.pdf. Dikunjungi 12 Oktober 2012