

PENGARUH JUMLAH PIPA PENSTOCK TERHADAP KINERJA TURBIN CROSSFLOW

Jamal, Apollo¹⁾, Muhammad Syar Mulid, Adi Suryatman²⁾

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh *head* dan debit terhadap kinerja PLTMH dengan variasi jumlah pipa *penstock*. Pengujian dilakukan dengan memvariasikan bukaan setiap keran dan jumlah pipa *penstock* yang beroperasi pada alat uji PLTMH hasil rancang bangun. Hasil pengujian alat uji sistem PLTMH dengan variasi jumlah pipa *penstock* pada pengujian tanpa beban menghasilkan putaran turbin tertinggi sebesar 1271 rpm dengan pengoperasian 1 pipa *penstock* dengan kondisi keran pembuangan udara pompa tertutup penuh dan putaran terendah sebesar 92,3 rpm dengan pengoperasian 5 pipa *penstock* dengan kondisi keran pembuangan udara pompa tertutup $\frac{1}{2}$ dari tutupan keran. Sedangkan tegangan keluaran tertinggi pada generator sebesar 12,4 Volt dengan daya maksimum yang dibangkitkan sebesar 7,316 Watt dengan pengoperasian 1 pipa *penstock* pada pengujian berbeban 20 Ω dengan kondisi keran pembuangan udara pompa tertutup penuh.

Kata Kunci: Variasi pipa *penstock*, *Head*, *Debit*, listrik, kinerja PLTMH.

I. PENDAHULUAN

Krisis energi yang terjadi di dunia juga terjadi di Indonesia. Cadangan energi di Indonesia terutama energi fosil (minyak bumi, batubara) semakin hari semakin menyusut. Hal ini juga diperparah dengan pemborosan dalam penggunaan energi fosil. Penduduk yang semakin meningkat juga menyebabkan ketersediaan akan energi fosil semakin berkurang karena konsumsi energi per kapita akan meningkat. Sumber daya energi yang ramah lingkungan, seperti tenaga air dan sumber energi terbarukan lainnya menjadi prioritas dalam pengembangan energi. Salah satu pemicu lainnya adalah dengan semakin mahalnya sumber energi berbasis mineral, sehingga memaksa banyak negara termasuk Indonesia mencari energi alternatif.

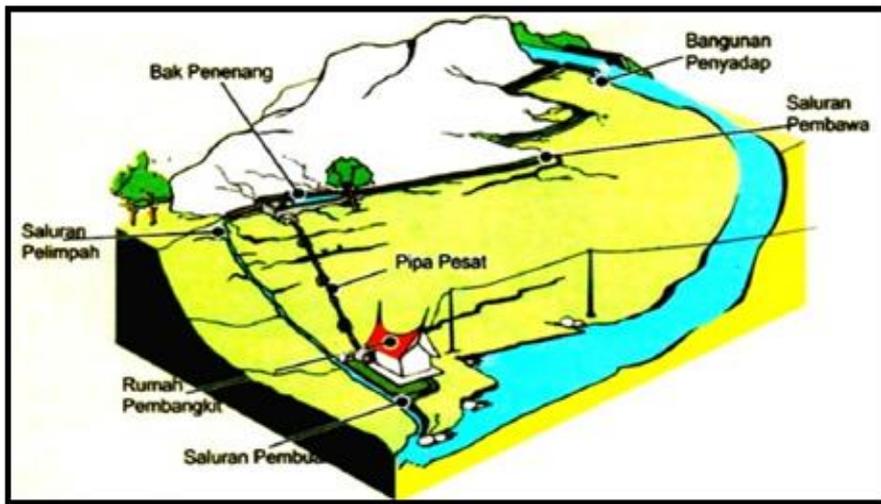
Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh debit aliran, tekanan air dan pengaruh jumlah pipa *penstock* terhadap kinerja PLTMH.

Energi air adalah energi terbarukan, yang dapat diartikan sebagai energi yang dibangkitkan dari energi potensial atau energi kinetik air, biasanya dikonversikan menjadi energi listrik, menggunakan turbin dan generator dan di distribusikan ke konsumen yang juga disebut *Hydroelectricity* (Rislima Sitompul, 2011). Energi air juga merupakan energi ramah lingkungan, bahkan 16 % dari energi listrik dunia disumbang oleh energi tenaga air (Contaned Energy Indonesia, 2010).

Teknologi mikro hidro (gambar 1) adalah teknologi skala kecil yang dapat diterapkan pada sumber daya air energi air menjadi daya listrik. Pengembangan mikro hidro untuk penyediaan energi listrik pada daerah terpencil yang sulit dijangkau jaringan listrik dari PLN.

¹⁾ Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang

²⁾ Alumni Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang



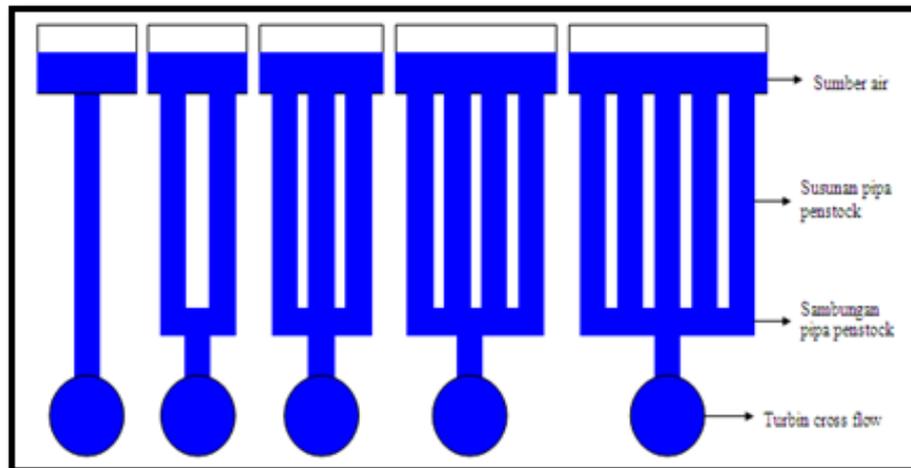
Gambar 1. Skema sistem PLTMH

Faktor penting membangun sebuah sistem mikrohidro ada dua. Faktor pertama adalah jumlah aliran air yang tersedia dan keberlanjutan akan ketersediaan air dimana makin besar debit aliran air maka makin besar daya yang mampu dibangkitkan. Faktor kedua adalah yang dikenal sebagai tinggi jatuh (*head*), makin besar tinggi jatuhnya, makin besar juga daya yang dapat dibangkitkan.

Secara umum komponen-komponen PLTMH terdiri dari Bendungan Pengalih dan *intake* (*Diversion Weir* dan *Intake*), berfungsi untuk menampung aliran air sungai dan atau hanya sekedar untuk mengalihkan air. Bak Pengendap (*Settling Basin*), berfungsi untuk memisahkan partikel pasir dari air, untuk melindungi komponen dari dampak pasir. Saluran Pembawa (*Head Race*), berfungsi untuk membawa aliran air menuju ke bak penenang. Bak Penenang (*Head tank*), berfungsi untuk menenangkan air yang akan masuk ke pipa penstock dan memisahkan kotoran dalam air seperti pasir dan kayu-kayuan. Pipa Pesat (*Penstock*), berfungsi untuk mengubah energi potensial air di bak penenang menjadi energi kinetik air di dalam pipa pesat dan kemudian mengarahkan energi kinetik tersebut untuk memutar roda gerak turbin air. Rumah Pembangkit (*Power house*), berfungsi sebagai rumah turbin, generator dan sistem kelistrikan dan alat ukur dan kontrol. Turbin, berfungsi untuk mengubah energi air (potensial, tekanan dan kinetik) menjadi energi mekanik dalam bentuk putaran poros, yang akan diteruskan ke generator. Generator, berfungsi untuk mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Saluran Pembuangan (*tail race*), berfungsi untuk mengalihkan air kembali ke sungai setelah melalui turbin.

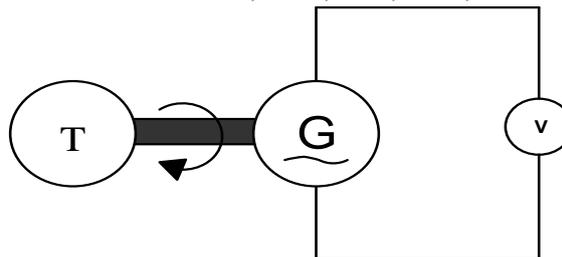
II. METODE PENELITIAN

Penelitian yang dilakukan merupakan uji laboratorium, penelitian dilakukan untuk mengevaluasi peningkatan kinerja PLTMH dengan kondisi setelah memvariasikan jumlah pipa *penstock* yang disusun paralel pada kondisi sudut kemiringan yang sama, dapat dilihat pada gambar 2.

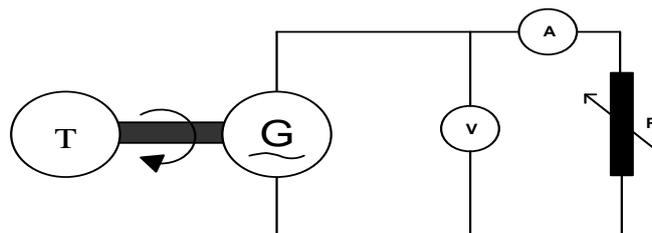


Gambar 2. Metode penyusunan pipa penstock

Pengujian dilakukan dengan menguji alat uji PLTMH dengan variasi jumlah pipa penstock pengujian dilakukan dengan mengukur debit aliran, tinggi jatuh air, putaran turbin dan torsi turbin serta tegangan dan arus yang dibangkitkan oleh generator. Pengujian juga dilakukan tanpa beban (gambar 3) dan berbeban (gambar 4) dengan variasi beban sebesar 10Ω , 20Ω , 30Ω , 40Ω , dan 50Ω .



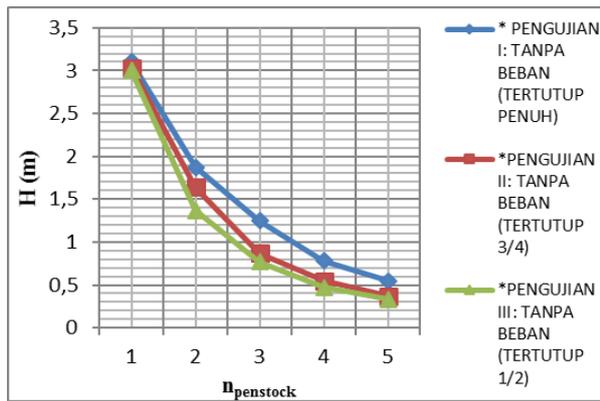
Gambar 3. Rangkaian pengujian tanpa beban



Gambar 4. Rangkaian pengujian berbeban

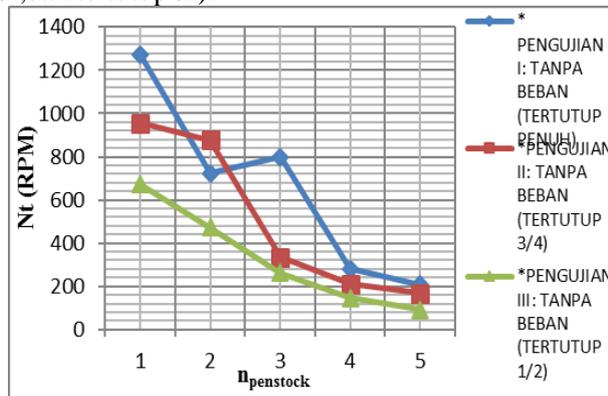
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada gambar 5 terlihat bahwa pada setiap kondisi pengujian (keran pembuangan udara pompa tertutup penuh, tertutup $\frac{3}{4}$, dan tertutup $\frac{1}{2}$) menunjukkan nilai *Head* atau ketinggian airnya yang cenderung menurun. Semakin banyak pipa yang beroperasi, maka semakin kecil pula ketinggian airnya. Nilai ketinggian air yang tertinggi terjadi pada pengujian 1 pipa beroperasi dan nilai ketinggian air yang terendah terjadi pada pengujian 5 pipa beroperasi.



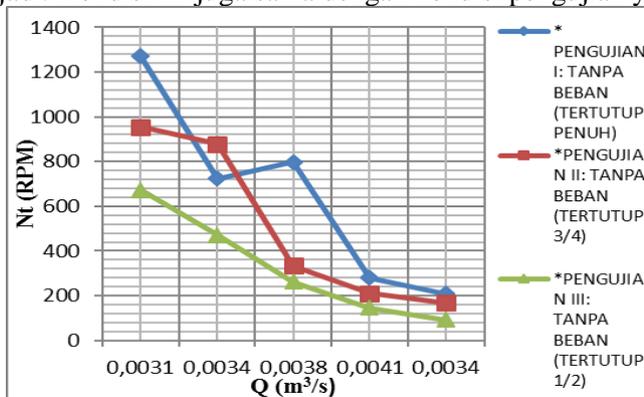
Gambar 5. Grafik hubungan jumlah penstock ($n_{penstock}$) terhadap head air (H)

Pada gambar 6 terlihat bahwa semakin bertambahnya jumlah pipa penstock yang beroperasi, maka putaran turbin (N_t) yang dihasilkan semakin kecil pada setiap kondisi pengujian (kondisi keran pembuangan udara pompa tertutup penuh, tertutup $\frac{3}{4}$, dan tertutup $\frac{1}{2}$).

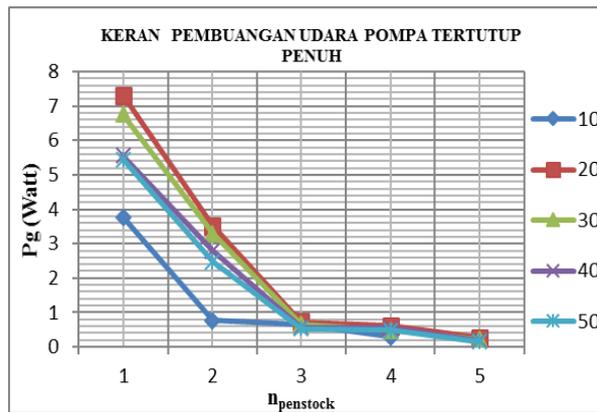


Gambar 6. Grafik hubungan jumlah penstock ($n_{penstock}$) terhadap putaran turbin (N)

Pada gambar 7 terlihat bahwa pada kondisi keran pembuangan udara pompa tertutup penuh menunjukkan nilai putaran turbin (N_t) yang semakin menurun dengan kondisi bertambahnya jumlah pipa yang beroperasi (1 pipa beroperasi, 2 pipa beroperasi, 3 pipa beroperasi, 4 pipa beroperasi, dan 5 pipa beroperasi). Semakin banyak pipa yang beroperasi, maka semakin rendah putaran turbin yang terjadi. Kondisi ini juga sama dengan kondisi pengujian yang lainnya.

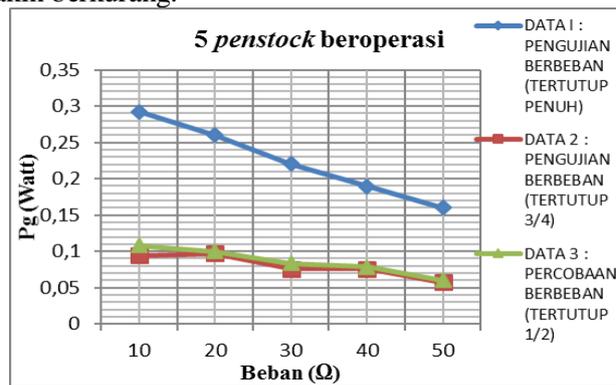


Gambar 7. Grafik hubungan debit air (Q) terhadap putaran turbin (N_t)



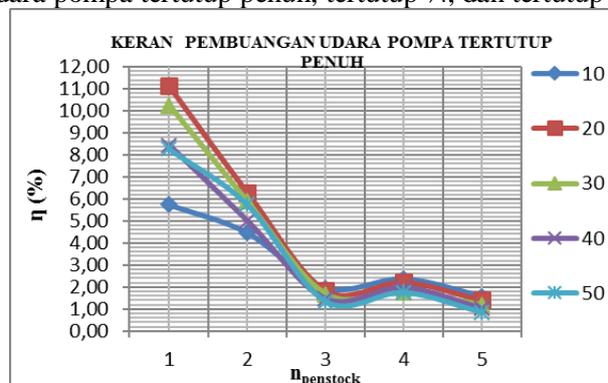
Gambar 8. Grafik hubungan jumlah penstock ($n_{penstock}$) terhadap daya generator (P_g)

Pada gambar 8 terlihat bahwa semakin banyak *penstock* yang beroperasi pada setiap pemberian beban 10 Ω , 20 Ω , 30 Ω , 40 Ω dan 50 Ω yang terjadi adalah semakin kecil daya keluaran yang dihasilkan generator. Kondisi ini terjadi karena bertambah banyaknya *penstock* yang beroperasi maka suplai air pun terbagi ke beberapa *penstock* yang beroperasi sehingga mengakibatkan daya generator yang keluar makin berkurang.



Gambar 9. Grafik hubungan beban (Ω) terhadap daya generator (P_g).

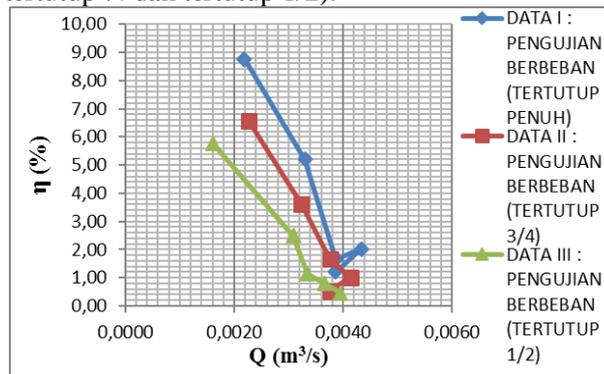
Pada gambar 9 terlihat bahwa semakin bertambah besar nilai beban maka daya output generator (P_g) semakin kecil pada setiap kondisi pengujian (keran pembuangan udara pompa tertutup penuh, tertutup $\frac{3}{4}$, dan tertutup $\frac{1}{2}$).



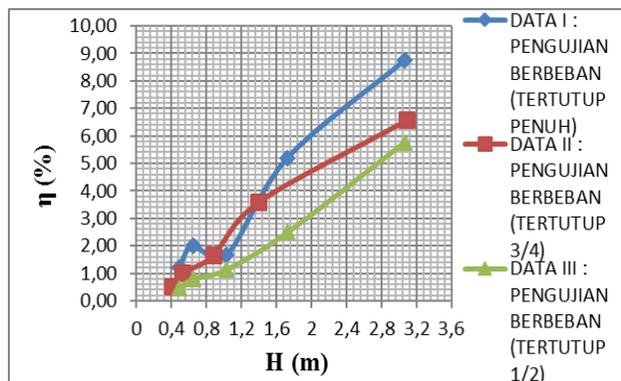
Gambar 10. Grafik hubungan jumlah penstock ($n_{penstock}$) terhadap efisiensi sistem (η)

Pada gambar 10 terlihat bahwa semakin banyak *penstock* yang beroperasi pada setiap pemberian beban 10 Ω , 20 Ω, 30 Ω, 40 Ω dan 50 Ω yang terjadi adalah efisiensi sistem semakin cenderung menurun. Kondisi ini terjadi karena bertambah banyaknya *penstock* yang beroperasi maka suplai air pun terbagi ke beberapa *penstock* yang beroperasi sehingga mengakibatkan efisiensi sistem makin menurun.

Pada gambar 11 terlihat bahwa variasi debit yang dihasilkan akan mempengaruhi efisiensi rata-rata dari sejumlah beban yang diberikan (beban 10 Ω sampai 50 Ω), jika jumlah variasi debit yang dihasilkan semakin bertambah maka efisiensi sistem rata-rata yang dihasilkan akan semakin menurun (berkurang). Kondisi ini terjadi pada setiap pengujian (keran pengatur keluaran udara pompa tertutup penuh, tertutup ¾ dan tertutup 1/2).



Grafik 11. Grafik hubungan debit (Q) dengan efisiensi sistem rata-rata (η)



Grafik 12. Grafik hubungan head (H) dengan efisiensi sistem rata-rata (η)

Pada gambar 12 terlihat bahwa jika head yang dihasilkan semakin bertambah maka pengaruhnya akan mengakibatkan efisiensi sistem rata-rata dari sejumlah beban yang diberikan (beban 10 Ω sampai 50 Ω) menjadi semakin besar begitu pula sebaliknya jika *Head* semakin rendah maka efisiensi akan semakin berkurang. Kondisi ini terjadi pada setiap pengujian (keran pengatur keluaran udara pompa tertutup penuh, tertutup ¾ dan tertutup 1/2).

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan, dapat disimpulkan beberapa hal, yaitu:

1. Variasi debit yang dihasilkan akan mempengaruhi efisiensi rata-rata dari sejumlah beban yang diberikan (beban 10 Ω sampai 50 Ω). Jika jumlah variasi debit yang dihasilkan semakin bertambah, maka efisiensi sistem rata-rata yang dihasilkan akan semakin menurun (berkurang).
2. Semakin besar (bertambah) *head* yang dihasilkan maka mengakibatkan efisiensi sistem rata-rata dari sejumlah beban yang diberikan (beban 10 Ω sampai 50 Ω) menjadi semakin besar. Sebaliknya semakin rendah *Head* maka efisiensi akan semakin berkurang.
3. Semakin banyak *penstock* yang beroperasi pada setiap pemberian beban 10 Ω , 20 Ω , 30 Ω , 40 Ω dan 50 Ω yang terjadi adalah efisiensi sistem semakin cenderung menurun.
4. Efisiensi sistem (η_s) terkecil sebesar 0,32 % dengan pengoperasian 5 pipa *penstock* pada pengujian berbeban (50 Ω) dengan kondisi keran pembuangan udara pompa tertutup $\frac{1}{2}$ dari tutupan keran dan efisiensi sistem (η_s) terbesar sebesar 11,12 % dengan pengoperasian 1 pipa *penstock* pada pengujian berbeban (20 Ω) dengan kondisi keran pembuangan udara pompa tertutup penuh.
5. Daya maksimum yang dibangkitkan sebesar 7,316 Watt dengan pengoperasian 1 pipa *penstock* pada pengujian berbeban (20 Ω) dengan kondisi keran pembuangan udara pompa tertutup penuh.

B. Saran

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan serta kesimpulan yang diperoleh, maka disarankan pada penelitian selanjutnya:

1. Perlu dilakukan pengujian untuk mengetahui efisiensi mekanik dari sistem, sehingga rugi-rugi turbin dapat diketahui.
2. Perlu dilakukan pengujian dengan melengkapi sistem transmisi dan distribusi beban sehingga dapat diketahui rugi-rugi transmisi dan distribusi.

V. DAFTAR PUSTAKA

Agung chynta. 2007. *Pemanfaatan Tenaga Air*.
[www.agungchynta.files.wordpress.com /2007/03/ pemanfaatan-tenaga-air.doc](http://www.agungchynta.files.wordpress.com/2007/03/pemanfaatan-tenaga-air.doc).

Azharuddin, H.2010.*Studi Awal Perencanaan Sistem Mekanikal Dan Kelistrikan Pipa Penstock Pembangkit Tenaga Mini-Hidro Pada Desa Penyandingan Kab. Oku Selatan*. Dalam *Jurnal Austenit Volume 1, Nomor 3, April 2010. Hal. 30-31*.

C.A. Mockmore and Freed Marryfield.1949.The Banki Water Turbine.

Contaned Energy Indonesia.2010. *Buku Panduan Energi Yang Terbarukan*.

Hendry.2010.*Definisi Kinerja. Penilaian Kinerja. MSDM*.
(<http://teorionline.wordpress.com/2010/01/25/teori-kinerja/>). Diakses pada tanggal 14 Maret 2013.

- Herlambang, Yusuf Dewontoro Dkk. 2010. *Unjukkerja Turbin Air Mikro Aliran Silang terhadap Variasi Sudut Sudu Jalan (Runner) pada Debit Konstan untuk PLTMH*.
- Kurniawan B. 2007. *Mengapa Mikrohidro*. Seminar nasional teknologi (SNT 2007) ISSN : 1978-9777, Yogyakarta.
- Lewi dan Jamal. 2012. *Analisis Peningkatan Kinerja PLTMH Dengan Variasi Jumlah Pipa Penstock*. PUPIT.
- Rislina Sitompul. 2011. *Manual Pelatihan Teknologi Energi Terbarukan Yang Tepat Untuk Aplikasi Di Masyarakat Perdesaan*, Program Nasional Pemberdayaan Masyarakat (PNPM) Mandiri.
- Safiril. 2010. Juni 2010. *Perencanaan Runner Dan Poros Turbin Cross FlowPembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH)*. Jurnal Teknik Mesin Vol. 7, No. 1.
- Santoso, Agus. 2011. *Konsep Dasar Teknologi Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH)*. Dalam *Infotekmesin Volume 3 Edisi Juli 2011*.
- Stolk, J dan Kros, C., 1986. *Elemen Mesin. Elemen Konstruksi Dari Bangunan Mesin*. Penerjemah Hendarsin, H. dan Abdul Rachman. Jakarta: Erlangga.
- Sugandi, E. 2011. Energi Potensial Kinetik dan Hukum Kekekalan Energi (http://organisasi.org/pengertian_energi_potensial_kinetik_dan_hukum_kekekalan_energi_fisika).
- Sularso dan Sugo, K., 2007. *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Sularso dan Kiyokatsu Suga, 2002. *Dasar Perencanaan & Pemilihan Elemen Mesin*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Surdia, T., dan Saito, S. 1999. *Pengetahuan Bahan Teknik, cetakan ke-4*. Jakarta: P.T. Pradnya Paramita.