

PENERAPAN NOSEL BERPENAMPANG SEGI EMPAT PADA TURBIN PIPA BELAH DUA

Sahid

Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Semarang
Jl. Prof. Sudarto, SH Tembalang Semarang Fax.(024) 7472396
e-mail : shda@plasa.com

Abstrak

Tujuan utama dari penelitian ini adalah meningkatkan kinerja turbin pipa belah dua dengan cara menerapkan nosel berpenampang segi empat. Penelitian diawali dengan membuat model turbin pipa belah dua yang dilengkapi dengan nosel berpenampang lingkaran dan nosel berpenampang segiempat. Nosel berpenampang segi empat yang digunakan divariasikan berdasarkan rasio panjang dan lebar (R), masing-masing adalah 0,83; 1,0; 1,2 dan merupakan variabel dalam penelitian ini. Model turbin dipasang pada instalasi pengujian yang terdiri dari komponen utama turbin air, pompa, reservoir, dan pipa. Langkah selanjutnya adalah uji karakteristik turbin. Parameter yang diukur dalam pengujian adalah beda tekanan pada orificemeter, tekanan pada nosel, putaran dan torsi poros turbin, serta tegangan dan arus listrik keluaran generator. Data hasil pengujian diolah untuk mendapatkan debit aliran air, daya kinetik pancaran air dari nosel, daya poros dan hidrolis turbin, efisiensi turbin. Hasil pengolahan kemudian direpresentasikan dalam bentuk grafik karakteristik turbin meliputi karakteristik daya dan efisiensi. Unjuk kerja masing-masing turbin dikaji dan dibandingkan secara diskriptif. Hasil uji menunjukkan Penerapan nosel berpenampang segiempat tidak memberikan dampak terhadap peningkatan unjuk kerja turbin pipa belah dua. Turbin pipa belah dua dengan nosel berpenampang lingkaran menghasilkan efisiensi lebih tinggi 23,03 % dibandingkan dengan nosel berpenampang persegi panjang (R=1). Berdasarkan daya turbin yang dihasilkan, turbin pipa belah dua dengan nosel berpenampang lingkaran menghasilkan peningkatan daya sebesar 114,67 watt.

Kata Kunci: Turbin pipa belah dua, nosel segiempat, karakteristik turbin

PENDAHULUAN

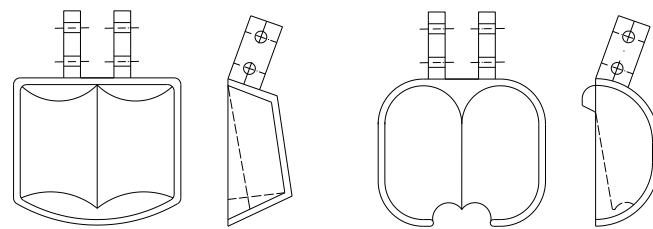
Selama ini energi listrik disediakan oleh Perusahaan Listrik Negara (PLN), namun masih belum dirasakan secara merata oleh masyarakat terutama masyarakat pedesaan yang jauh dari jangkauan jaringan listrik. Menurut direktur PT PLN Edy Widiyanto, desa-desa di seluruh nusantara yang belum terjangkau jaringan listrik sampai tahun 2004 mencapai 47 persen (Sutisna, 2004). Di Jawa tengah sendiri, baru 58,39 % kepala keluarga yang mempunyai akses pada jaringan listrik PLN. Sisanya adalah daerah pelosok yang belum terjangkau jaringan listrik. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Dinas Pertambangan dan Energi Propinsi Jawa Tengah pada tahun 2002, terdapat 24 lokasi di daerah pelosok yang tidak terjangkau oleh jaringan listrik PLN, mempunyai potensi sumber energi mikrohidro yang belum dimanfaatkan. Potensi mikrohidro di Indonesia diperkirakan sebesar 460 MV, sedang yang telah dimanfaatkan sekitar 64 M (Zulkarnain dkk, 2003). Tidak terpenuhinya energi listrik di daerah terpencil mengakibatkan terhambatnya perkembangan sosial ekonomi maupun budaya masyarakat tersebut.

Sumber energi mikrohidro dapat dimanfaatkan dengan cara mengubah energi tersebut ke dalam bentuk energi listrik melalui teknologi sistem pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH) yang terdiri dari komponen utama generator listrik, turbin air dan instalasi perpipaan. Turbin air merupakan penggerak mula yang mengubah energi kinetik dari jet (aliran air dengan kecepatan tinggi) menjadi energi mekanik berupa putaran roda turbin. Energi mekanik tersebut kemudian digunakan untuk memutar generator sehingga menghasilkan listrik. Kendala yang dihadapi masyarakat untuk memanfaatkan potensi mikrohidro adalah tidak tersedianya turbin air skala mikro di pasaran. Sementara pengetahuan masyarakat tentang teknologi turbin air sangat rendah. Oleh karenanya untuk memenuhi kebutuhan energi listrik masyarakat tersebut perlu dibuatkan turbin mikro yang cara pembuatan dan perawatannya mudah dan turbin yang cocok adalah turbin jenis impuls (Sunarto, 1994).

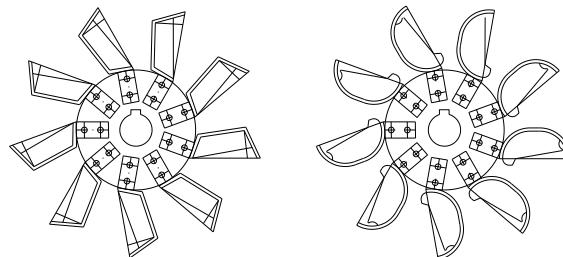
Bono dkk berhasil membuat turbin air skala mikro dengan menggunakan sudu yang dibuat dari bahan pipa galvanis (2006). Turbin ini kemudian dikenal dengan Turbin Pipa Belah Dua. Keistimewaan turbin ini adalah cara pembuatannya sangat mudah. Hal ini akan memudahkan

masyarakat untuk secara mandiri membuat turbin ini sehingga potensi mikrohidro di daerahnya dapat dimanfaatkan. Namun berdasarkan pengujian efisiensi turbin pipa belah dua masih rendah yaitu 40,01 %. Modifikasi sudut outlet sudu terhadap turbin pipa belah dua dilakukan oleh Sahid dkk. (2009). Hasil uji menunjukkan peningkatan efisiensi sebesar 4 %. Berdasarkan hal tersebut, maka usaha untuk meningkatkan kinerja turbin pipa belah dua masih sangat diperlukan sehingga turbin yang dibuat dapat diterapkan di masyarakat.

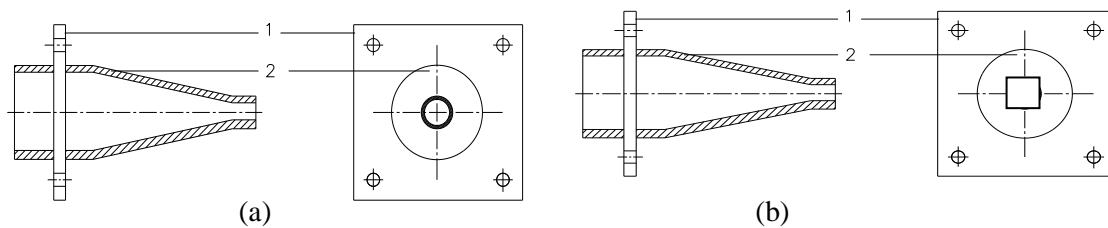
Turbin impuls yang hingga kini masih digunakan dibuat oleh Alan Lester Pelton pada tahun 1875. turbin ini kemudian dikenal dengan turbin pelton. Turbin pelton terdiri dari roda jalan (*runner*) yang di sekelilingnya dipasang sudu berbentuk Hemispherical, dan sebuah nosel berpenampang lingkaran. Efisiensi turbin pelton bisa mencapai 80 persen. beberapa tahun kemudian, Michell berhasil meningkatkan efisiensi turbin pelton dengan memodifikasi bentuk sudu pelton (Bellis, 2002). Bentuk sudu roda jalan turbin Pelton dan Michell dapat dilihat pada Gambar 1 dan 2.



(a) (b)
Gambar 1. (a) Bentuk sudu Michell; (b) bentuk sudu Pelton



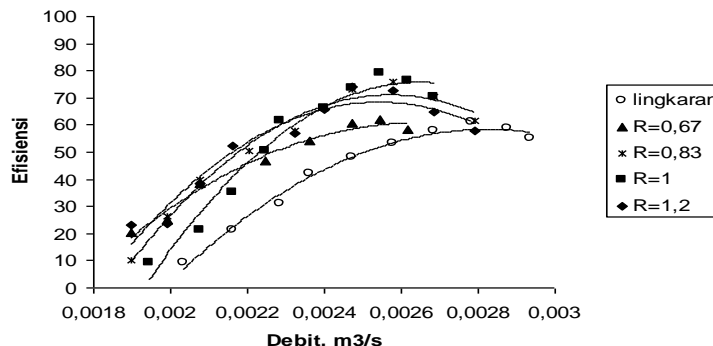
(a) (b)
Gambar 2. (a) Roda jalan turbin Michell; (b) Roda jalan turbin Pelton



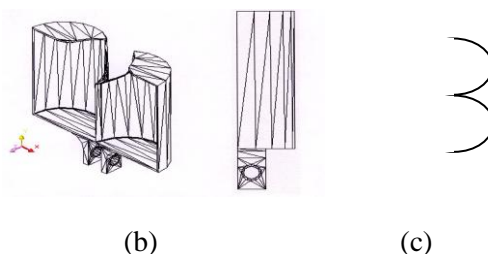
Gambar 3. (a) Nosel berpenampang lingkaran; (b) Nosel berpenampang segi empat

Modifikasi geometri nosel juga dilakukan oleh Sahid dkk. (2006) dengan mengubah bentuk penampang nosel menjadi segi empat, seperti terlihat pada Gambar 3. Penampang nosel divariasikan menurut rasio panjang dan lebar segi empat (R), masing-masing adalah 0,67; 0,83; 1,0; dan 1,2. Hasil uji karakteristik terhadap turbin Pelton menunjukkan nosel berpenampang segi empat dengan $R = 1,0$ memberikan efek paling baik terhadap efisiensi turbin. Efisiensi turbin meningkat 18 persen jika dibanding dengan menggunakan nosel berpenampang lingkaran. Hasil uji karakteristik turbin pelton dengan nosel berpenampang segi empat dan lingkaran dapat dilihat pada Gambar 4. Berdasarkan hasil penelitian Sahid dkk. tersebut, dapat dikatakan bahwa nosel berpenampang segi empat mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap kinerja turbin pelton, oleh karenanya perlu diujikan pada tipe turbin lain yang sejenis (tuebin impuls), dalam hal ini adalah turbin Michell.

Bono dkk. (2006) berhasil membuat turbin impuls memanfaatkan pipa galvanis sebagai bahan sudu. Turbin ini kemudian dikenal dengan turbin pipa belah dua. Keistimewaan turbin pipa belah dua adalah cara pembuatan yang sangat sederhana dibanding turbin lain. Hal ini menguntungkan bagi masyarakat desa (terpencil) yang memiliki potensi energi mikrohidro. Bentuk sudu turbin pipa belah dua dapat dilihat pada Gambar 5. Sudu-sudu yang terbuat dari pipa ini dapat dipasang pada cakram dan membentuk runner turbin seperti Gambar 2.



Gambar 4. Karakteristik turbin pelton dengan nosel berpenampang lingkaran dan segi empat hasil penelitian Sahid dkk. (2005)

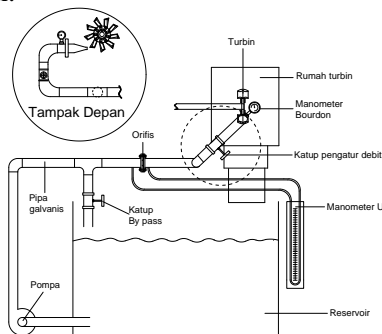


(a) (b) (c)

Gambar 5. (a) Sudu turbin pipa belah dua; (b) pandangan samping (c) penampang pipa belah dua

METODOLOGI

Penelitian dilakukan dengan cara menguji turbin pipa belah dua dalam instalasi pengujian yang terdiri dari komponen utama pompa air, turbin pelton, generator listrik, loadbank, dan instalasi perpipaian seperti terlihat pada Gambar 7. Alat ukur yang digunakan dalam pengujian meliputi manometer, orifis, alat ukur torsi, dan putaran poros turbin. Uji yang dilakukan meliputi uji karakteristik turbin dengan nosel berpenampang lingkaran dan segi empat, dimana rasio panjang dan lebar penampang segi empat (R) adalah 0,83; 1,0; 1,2. Luas penampang nosel dibuat sama. Parameter yang diukur dalam pengujian adalah beda tekanan pada orificemeter, tekanan pada nosel, putaran generator, dan alat ukur torsi. Parameter yang ditentukan dan merupakan variabel dalam penelitian ini adalah bentuk penampang dan rasio panjang dan lebar nosel. Beban pada generator divariasikan hingga lima kali dan setiap variasi dilakukan pencatatan terhadap parameter-parameter diatas. Data hasil pengujian kemudian diolah untuk mendapatkan debit aliran air, daya kinetik pancaran air dari nosel, daya poros, dan efisiensi turbin dan ditampilkan dalam bentuk grafik karakteristik turbin Pelton.



Gambar7. Instalasi sistem pembangkit listrik tenaga hidro kecil

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Rancangan Nosel dan Runner

Rancangan nosel berpenampang segi empat dan runner turbin pipa belah dua dapat dilihat pada Gambar 8 dan 9. Nosel merupakan suatu alat yang berfungsi mengubah tekanan air menjadi energi kecepatan. Dalam perancangan nosel pada sistem pembangkit listrik tenaga mikrohidro dengan turbin pelton ini menggunakan satu nosel, dengan bahan alumunium sebab bahan ini mudah dalam pengerjaannya seperti pembubutan, pengelasan serta mudah diperoleh dipasaran. Nosel yang digunakan adalah jenis nosel yang penampangnya berbentuk segi empat. Nosel dibuat dengan bahan alumunium, dengan pertimbangan : Bahan mudah didapat dipasaran, Mudah dalam pembuatan, seperti pembubutan, Harganya lebih murah, dan Tidak mudah korosi. Luas penampang nosel seluruhnya sama yaitu $0,000314 \text{ m}^2$.

Runner turbin pelton terdiri dari cakra dan sudu yang terbuat dari bahan kuningan. Cakra adalah bagian dari runner turbin pelton yang bentuknya seperti piringan, dengan ukuran diameter 152 mm dan tebal 10 mm. pembuatan cakra dipilih dari bahan St 37 yang mana dalam pembuatannya melalui proses pembubutan menggunakan mesin bubut. Cakra dipilih dari bahan St 37 karena bahan mudah didapat dipasaran, mudah dalam pembuatan, seperti pembubutan, harganya lebih murah, tidak mudah korosi, Sudu pelton terbuat dari bahan kuningan yang memanfaatkan konstruksi silinder dibelah dua, sebab bahan ini memiliki kelebihan yaitu tahan korosi. Bagian tengah dari kedua bentuk sudu tersebut mempunyai penyekat yang berfungsi sebagai pemecah aliran jet sehingga aliran buang air setelah menumbuk sudu terbelokkan, agar tidak mengganggu gerakan sudu-sudu yang lain. Sudu pelton ini dirancang dengan sudut outlet 5^0 .



Gambar 8. Hasil rancangan nosel berpenampang lingkaran dan segiempat



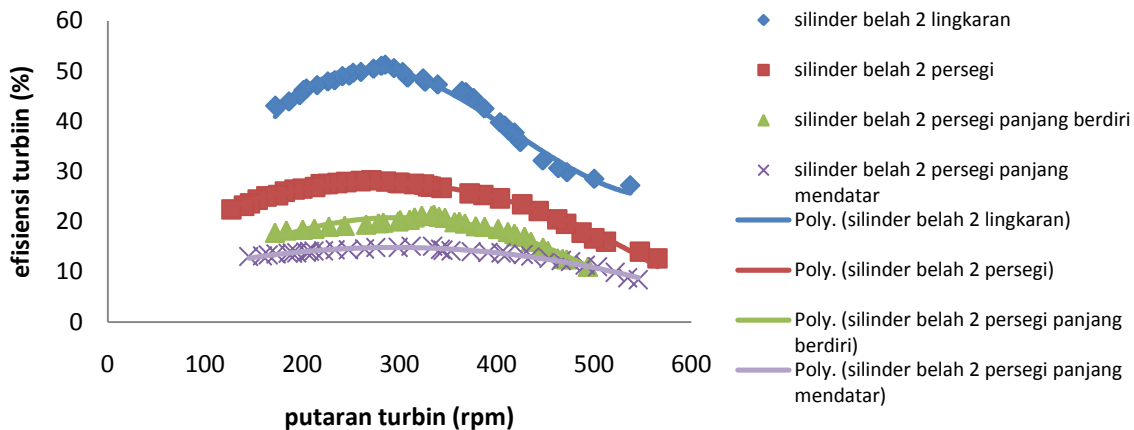
Gambar 9. Rancangan runner turbin pipa belah dua

Karakteristik Turbin

Gambar 10. menunjukkan grafik hubungan antara putaran turbin (rpm) dengan efisiensi turbin. Terdapat 4 kurva yang membedakan yaitu runner turbin pipa belah dua dengan nosel berpenampang lingkaran, runner turbin pipa belah dua dengan nosel berpenampang persegi, runner turbin pipa belah dua dengan nosel berpenampang persegi panjang $R = 1,2$, dan runner turbin pipa belah dua dengan nosel berpenampang persegi panjang $R=0,83$ yaitu seperti yang terlihat pada kurva diatas. Keempat kurva memiliki kecenderungan yang sama yaitu efisiensi turbin meningkat dengan bertambahnya putaran turbin (rpm) hingga mencapai titik optimum, kemudian turun walaupun putaran turbin (rpm) bertambah, yang artinya kenaikan putaran turbin (rpm) sebanding dengan kenaikan efisiensi turbin.

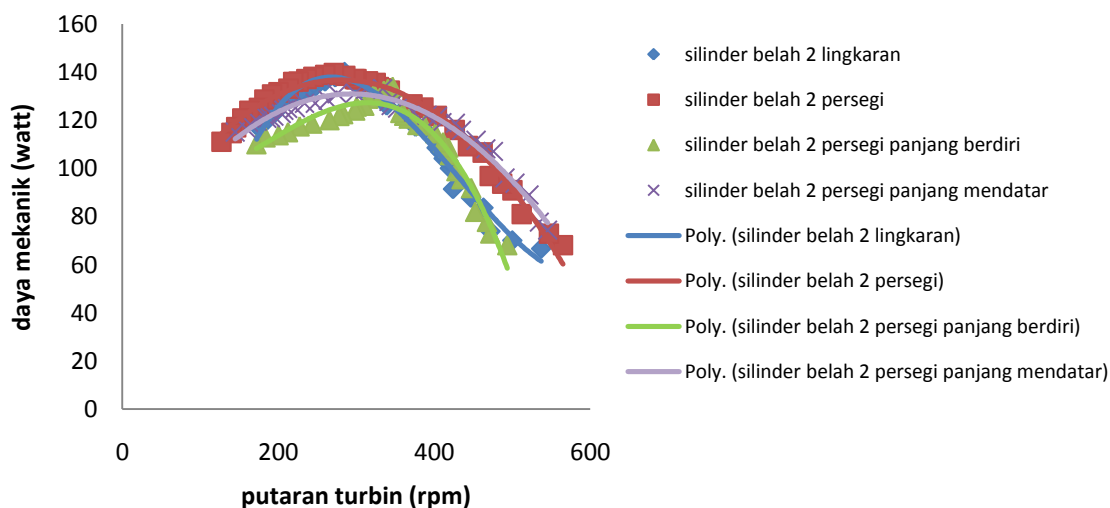
Berdasarkan kurva pada gambar 10 tersebut terlihat bahwa masing-masing variasi bentuk nosel memiliki efisiensi turbin optimum yang berbeda. Ranner dengan sudu pipa belah dua nosel berpenampang lingkaran memiliki efisiensi turbin optimum 51,24% pada putaran turbin 285 rpm; untuk ranner dengan sudu pipa belah dua nosel berpenampang persegi memiliki efisiensi turbin optimum 28,21% pada putaran turbin 271 rpm; untuk ranner dengan sudu pipa belah dua nosel

berpenampang persegi panjang mendatar memiliki efisiensi turbin optimum 15,09% pada putaran turbin 333,8 rpm; ranner dengan sudu pipa belah dua dengan nosel berpenampang persegi panjang berdiri memiliki efisiensi turbin 21,42% pada putaran turbin 335,3 rpm. Hal ini menunjukkan bahwa variasi bentuk nosel mempengaruhi besarnya efisiensi turbin pada masing-masing ranner. Efisiensi turbin mengalami kenaikan sebelum mencapai nilai optimum dengan bertambahnya putaran turbin (rpm). Yang artinya jika keempat nosel dipasang pada sudu pipa belah dua dan pada putaran yang sama, maka sudu pipa belah dua. Setelah mencapai nilai optimum, keempat kurva mengalami penurunan efisiensi turbin dengan bertambahnya putaran.



Gambar 10. Grafik hubungan putaran turbin (rpm) dengan efisiensi turbin pada variasi putaran

Gambar 11 menunjukkan grafik hubungan antara putaran turbin (rpm) dengan daya mekanik. Terdapat empat kurva yang membedakan setiap variasi bentuk nosel yaitu seperti yang terlihat pada kurva diatas. Keempat kurva memiliki kecenderungan yang sama yaitu daya mekanik meningkat dengan bertambahnya putaran turbin (rpm) hingga mencapai titik optimum, kemudian turun walaupun putaran turbin (rpm) bertambah, yang artinya kenaikan putaran turbin (rpm) sebanding dengan kenaikan daya mekanik.



Gambar 11. Grafik hubungan putaran turbin (rpm) dengan Daya Mekanik (Pm) pada variasi putaran

Ranner dengan silinder belah dua nosel berpenampang lingkaran memiliki daya mekanik optimum 254,27 watt pada putaran turbin 285 rpm; untuk ranner dengan silinder belah dua nosel berpenampang persegi memiliki daya mekanik optimum 139,60 watt pada putaran turbin 271 rpm; untuk ranner silinder belah dua nosel berpenampang persegi panjang mendatar memiliki daya

mekanik optimum 133,06 watt pada putaran turbin 333,8 rpm; sedangkan ranner dengan silinder belah dua nosel berpenampang persegi panjang berdiri memiliki daya mekanik optimum 133,90 pada putaran turbin 356,5 rpm. Karakteristik efisiensi dan daya mekanik yang dihasilkan turbin memiliki kecenderungan yang sama.

Turbin pipa belah dua dengan nosel berpenampang lingkaran menghasilkan efisiensi lebih tinggi 23,03 % dibandingkan dengan nosel berpenampang persegi panjang ($R=1$). Berdasarkan daya turbin yang dihasilkan, turbin pipa belah dua dengan nosel berpenampang lingkaran menghasilkan peningkatan daya sebesar 114,67 watt.

KESIMPULAN

Penerapan nosel berpenampang segiempat tidak memberikan dampak terhadap peningkatan unjuk kerja turbin pipa belah dua. Turbin pipa belah dua dengan nosel berpenampang lingkaran menghasilkan efisiensi lebih tinggi 23,03 % dibandingkan dengan nosel berpenampang persegi panjang ($R=1$). Berdasarkan daya turbin yang dihasilkan, turbin pipa belah dua dengan nosel berpenampang lingkaran menghasilkan peningkatan daya sebesar 114,67 watt.

DAFTAR PUSTAKA

- Bellis, 2002, *Lester Allan Pelton-Water Turbines and the Beginnings of Hydroelectricity*, Inventors Journal, <http://Inventors.abuot.com/gi/dynamic/offsite.htm>
- Bono, Sahid, Sunarwo, 2003, “*Rancang Bangun Turbin Pelton untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro Kapasitas Daya 1 kW*”, Proseding Workshop dan Seminar Nasional Hasil-hasil Penelitian, Badan Penelitian dan Pengembangan Propinsi Jawa Tengah, Semarang
- Dietzel, F., 1993, *Turbin Pompa dan Kompresor*, Erlangga, Jakarta
- Dinas Pertambangan dan Energi Jateng, 2002, “*Proyek Pengelolaan Energi Listrik Pedesaan*”, Dinas Pertambangan dan Energi Jateng, Semarang
- Indonesia China Business Council, 2002, *Buku Pedoman Hidro Kecil untuk Skala Besar*, Indonesia China Business Council
- Kvicinsky, S., J.L. Kueny, F. Avellan, E. Parkinson, 2002, “*Experimental and Numerical Analysis of Free surface flows in A Rotating Bucket*” Proceedings of the xxist IAHR Symposium on Hydraulic Machinery and Systems, Lausanne
- Maher P., and N. Smith, 2001, “*Pico Hydro for Village Power*”, Practical Manual for Schemes Up To 5 kw in Hilly Areas, Edition 2
- Modi, P.P., & S.M. Seith., 1991, *Hydraulics Fluid Mechanics and Fluid Machines*, Dhempat & Sons, Delhi
- Nonoshita, T., K. Takahashi, S. Ikeo, Y. Matsumoto, 2004, “*Numerical Analysis of a Pelton Turbine Jet*”, Proceedings of ASME/JSME Fluids Engineering Division Summer Meeting, California, <http://asme.pinetec.com/fedsm99/data/s-295/7832.html>
- Sahid, Suwoto G., 2004, “*Rancang Bangun Turbin Mikro Aliran Silang untu Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro*”, Proseding Seminar Nasional Hasil-hasil Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat, Politeknik negeri Semarang, Semarang
- Sahid, Bono, Sunarwo, 2006, “*Pengaruh Nosel Berpenampang Segi Empat terhadap Unjuk Kerja Turbin Pelton Mikro untuk Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro*”, Forum Teknik, Vol. 30, No. 1, Hal. 48-55
- Sahid, 2009, “*Optimasi Sudut Outlet Sudu Turbin Pipa Belah Dua untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro*”, Proseding Seminar Nasional Hasil-hasil Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat, Politeknik negeri Jakarta, Jakarta
- Staubli, T., and H.P. Hauser, 2004, “*Flow Visualization-Adiagnosis Tool for Pelton turbines*”, IGHEM2004, Lucerne
- Streeter, V.L. dan Wylie, E.B, 1994, *Fluid Mechanics*, McGraw-Hill, New York
- Sunarto, M. Edy, 1994, *Turbin Pelton Mikro*, Andi Offset, Yogyakarta
- Sutisna N., 2004, “*Departemen Energi Kembangkan Sistem Mikrohidro*”, Tempo News Room, <http://www.tempo.co.id/hg/nusa/jawamadura/..brk,20040417-08,id.html>.
- Zulkarnain, Soekarno, H., Berlian A., 2002, “*Sistem Piko Hidro untuk Daerah terpencil*”, Majalah P3TEK, <http://www.p3tek.com/conten/publikasi/2002/publikasi04.htm>.