

# PENGOPERASIAN KEMBALI RIBUAN KINCIR AIR DI SUMATERA BARAT MELALUI PENGEMBANGAN SISTEM KINCIR TEKNOLOGI *CROSS FLOW* (KATCF)

Oleh :

Asep Neris Bachtiar<sup>1</sup>, Gamindra Jauhari<sup>2</sup> dan Hendri Sawir<sup>3</sup>

Dosen Teknik Industri - Sekolah Tinggi Teknologi Industri (STTIND) Padang<sup>1 dan 2</sup>

Dosen Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat<sup>3</sup>

Email : [asepnb1963@yahoo.co.id](mailto:asepnb1963@yahoo.co.id)

---

## Abstract

*Not water wheel operation of thousands of them in West Sumatra caused by many conditions that have an old windmill and broken while the quality of wood raw material to rebuild the water wheel increasingly difficult to obtain even if there are very expensive. In an effort to facilitate community rebuild water wheel plant, researchers had the idea to make modifications to the system of wheel revolution. In the process of this research turbine modification will replace the wood material into a material such as steel plate steel, U steel, steel elbow, steel shaft and are easily available in the market at affordable prices. Besides, in this modification process will adopt a touch of cross flow turbine technology to be applied to the wheel under study. From the results of testing the efficiency of prime movers KATCF known trend of relatively constant efficiency for each of the percentage change in discharge initiated discharge 25% to 100%. The percentage of discharge 100% or 100 liters/s obtained an efficiency of 51%. Thus, the quality of prime movers KATCF built quite satisfactory and can be proud of.*

**Keywords** : water wheel, cross flow, efficiency

---

## PENDAHULUAN

Menurut data Dinas Pertanian Rakyat DT I Propinsi Sumatera Barat, pada tahun 1974 di Sumatera Barat terdapat 4082 unit kincir air penumbuk padi, pada tahun 1979 jumlahnya menurun menjadi 1619 unit dan pada akhir tahun 1986 hanya tinggal 560 unit lagi (Bappeda Propinsi Sumatera Barat, 1986). Menurunnya jumlah kincir air penumbuk padi di Sumatera Barat diantaranya disebabkan oleh kondisi kincir banyak yang telah tua dan rusak sementara bahan baku kayu yang berkualitas untuk membangun kembali kincir air semakin sulit didapatkan walaupun ada harganya sangat mahal. Disamping itu tenaga kerja yang punya keahlian membuat kincir air tersebut jumlahnya sangat terbatas bahkan cenderung semakin langka.

Dalam hal ini pembuatan kincir air membutuhkan keahlian tersendiri dan tidak semua tukang kayu punya keberanian dan kesanggupan membuat kincir air tersebut. Dengan demikian investasi membangun kincir air dari bahan kayu cukup mahal, dan hal inilah yang menjadi salah satu faktor penyebab

peremajaan kincir air sulit dilakukan oleh masyarakat sehingga dari tahun ketahun terjadi penurunan jumlah kincir air di Sumatera Barat.

Dalam usaha untuk memudahkan masyarakat membangun kembali pembangkit kincir air, peneliti memiliki gagasan untuk melakukan revolusi modifikasi terhadap sistem kincir. Dalam proses modifikasi kincir ini peneliti akan mengganti material kayu menjadi material baja seperti baja plat, baja U, baja siku, dan baja poros yang mudah didapatkan di pasaran dengan harga yang terjangkau.

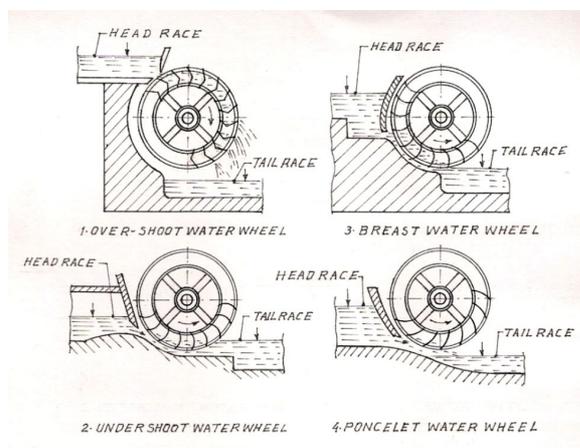
Disamping itu dalam proses modifikasi ini akan mengadopsi sentuhan salah satu teknologi turbin air untuk diterapkan pada kincir yang diteliti. Dari beberapa turbin air konvensional yang dikenal, karakteristik turbin *cross flow* lebih mendekati karakteristik kincir air baik dari bentuk *runner* dan susunan sudu-sudunya maupun jenis aliran air masuk *runner*. Dengan demikian sistem kincir air yang diusulkan ini dinamakan Kincir Air Teknologi *Cross Flow* disingkat KATCF. Sasaran penelitian ini adalah mencari jawab dari rumusan masalah yakni bagaimana trend efisiensi penggerak

mula KATCF terhadap perubahan debit air yang terjadi.

## TINJAUAN PUSTAKA

Studi pustaka dengan topik bahasan yang sejenis kincir air adalah salah satu sub bab yang dapat memback up penyelesaian penelitian ini ke depan dan menjadi acuan yang sangat membantu, memperkaya ide, mempercepat dan meningkatkan pencapaian luaran dari penelitian ini. Berikut studi pustaka yang relevan dengan topik bahasan kincir air yang secara umum mereka membahas tentang pembangkit turbin (kincir) air dari sisi pendalaman yang berbeda.

(Jagdish, 2005) dalam bukunya menjelaskan, hasil penelitian para ahli mesin-mesin fluida menetapkan ada empat tipe kincir air yang telah teruji keunggulannya dengan spesifikasi penggunaan yang disesuaikan dengan potensi air dan besar daya yang ingin dibangkitkan yakni tipe *over shoot water wheel*, *under shoot water wheel*, *breast water wheel* dan tipe *poncelet water wheel*.



Gambar 1. Empat macam Tipe Kincir Air (Jagdish, 2005).

(Haimerl, 1960) menjelaskan sejarah penemuan turbin *cross flow*, prinsip kerja turbin ini mula-mula ditemukan oleh seorang insinyur Australia yang bernama A.G.M. Michell pada tahun 1903. Kemudian turbin ini dikembangkan dan dipatenkan di Jerman oleh Prof. Donat Banki sehingga turbin ini diberi nama turbin Banki kadang disebut juga *Turbin Michell-Ossberger* (Haimerl, 1960). Turbin

*cross flow* adalah salah satu turbin air dari jenis turbin aksi (*impulse turbine*), pemakaian jenis turbin *cross flow* lebih menguntungkan dibanding dengan penggunaan kincir air maupun jenis turbin mikro hidro lainnya. Penggunaan turbin ini untuk daya yang sama dapat menghemat biaya pembuatan penggerak mula sampai 50% dari penggunaan kincir air dengan bahan yang sama. Penghematan ini dapat dicapai karena ukuran turbin *cross flow* lebih kecil dan lebih kompak dibanding kincir air. Diameter kincir air yakni roda jalan atau runnernya biasanya 2 meter keatas, tetapi diameter turbin *cross flow* dapat dibuat hanya 20 cm saja sehingga bahan-bahan yang dibutuhkan jauh lebih sedikit, itulah sebabnya bisa lebih murah. Demikian juga daya guna atau efisiensi rata-rata turbin ini lebih tinggi dari pada daya guna kincir air. Hasil pengujian laboratorium yang dilakukan oleh pabrik turbin *Ossberger* Jerman yang menyimpulkan bahwa daya guna kincir air dari jenis yang paling unggul sekalipun hanya mencapai 70 % sedang efisiensi turbin *cross flow* mencapai 82 % (Haimerl, 1960).

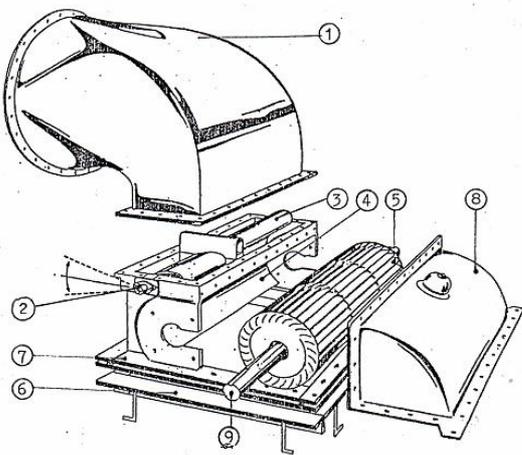
Tingginya efisiensi turbin *cross flow* ini akibat pemanfaatan energi air pada turbin ini dilakukan dua kali, yang pertama energi tumbukan air pada sudu-sudu pada saat air mulai masuk *runner*, dan yang kedua adalah daya dorong air pada sudu-sudu saat air akan meninggalkan *runner*. Adanya kerja air yang bertingkat ini ternyata memberikan keuntungan dalam hal efektifitasnya yang tinggi dan kesederhanaan pada sistem pengeluaran air dari *runner*. Kurva pemetaan efisiensi turbin konvensional lebih menjelaskan tentang perbandingan efisiensi dari beberapa turbin konvensional. Dari gambar kurva tersebut ditunjukkan hubungan antara efisiensi dengan pengurangan debit akibat pengaturan pembukaan katup yang dinyatakan dalam perbandingan debit terhadap debit maksimumnya. Untuk turbin *cross flow* dengan  $Q/Q_{mak} = 1$  menunjukkan efisiensi yang cukup tinggi sekitar 80%, disamping itu untuk perubahan debit sampai dengan  $Q/Q_{mak} = 0,2$  menunjukkan harga efisiensi yang relatif tetap (Meier, 1981).

Dari kesederhanaannya jika dibandingkan dengan jenis turbin lain, maka turbin *cross flow* yang paling sederhana. Sudu-sudu turbin Pelton misalnya, bentuknya sangat pelik

sehingga pembuatannya harus dituang. Runner turbin *cross flow* dapat dibuat dari material baja sedang (*mild steel*) seperti ST 37, dibentuk dingin kemudian dirakit dengan konstruksi las. Demikian juga komponen-komponen lainnya dari turbin ini semuanya dapat dibuat di bengkel-bengkel umum dengan peralatan pokok mesin las listrik, mesin bor, mesin gerinda meja, bubut dan peralatan kerja bangku, itu sudah cukup. Dari kesederhanaannya itulah maka turbin *cross flow* dapat dikelompokkan sebagai teknologi tepat guna yang pengembangannya di masyarakat pedesaan memiliki prospek cerah karena pengaruh keunggulannya sesuai dengan kemampuan dan harapan masyarakat.

Dari beberapa kelebihan turbin *cross flow* itulah, maka sampai saat ini pemakaiannya di beberapa negara lain terutama di Jerman sudah tersebar luas, bahkan yang dibuat oleh pabrik turbin Ossberger sudah mencapai 5.000 unit lebih, sebagaimana diungkapkan oleh Prof. Haimerl (1960) dalam suatu artikelnya sebagai berikut ;

*“Today, numerous turbines throughout the world are operating on the Cross-flow principle, and most of these (more than 5.000 so far) have been built by Ossberger”*



Keterangan gambar :

- |                |                 |
|----------------|-----------------|
| 1. Elbow       | 6. Rangka       |
| 2. Poros katup | 7. Rumah turbin |
| 3. Katup       | 8. Tutup turbin |
| 4. Nozel       | 9. Poros runner |
| 5. Runner      |                 |

Gambar 2. Komponen Rakitan Turbin *Cross Flow* (Haimerl, 1960).

## METODA PENELITIAN

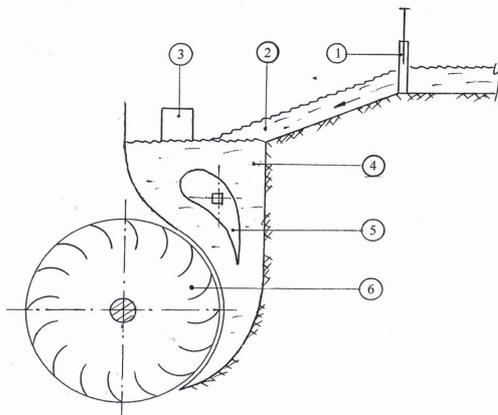
Jenis penelitian yang akan dilaksanakan adalah penelitian eksperimen dengan materi penelitian mencakup tahapan studi pustaka, survey lapangan, merancang, proses manufaktur dan menguji prestasi KATCF sebagai penggerak mula dan sebagai komponen penting sistem pembangkit. Jenis data yang akan menjadi acuan adalah data primer hasil survei lapangan. Data-data tersebut selanjutnya diolah melalui formula-formula perencanaan elemen mesin dan hasil dari perencanaan akan dijadikan pedoman dalam proses manufaktur untuk mewujudkan komponen - komponen pembangkit yang lengkap khususnya penggerak mula dan merakitnya ke sistem KATCF. Pengujian adalah tahap akhir yang dilaksanakan di lapangan untuk mengetahui prestasi sistem KATCF khususnya efisiensi penggerak mula KATCF.

Tahap awal penelitian adalah melakukan studi kepustakaan terhadap jurnal-jurnal ilmiah, laporan penelitian dan buku rujukan lain yang berkaitan dengan topik bahasan KATCF. Berbekal pengetahuan dan informasi yang diperoleh, penulis dapat menegaskan tentang identifikasi dan rumusan masalah yang akan diteliti. Tahap berikutnya ialah melakukan perencanaan yang mencakup penentuan sistem KATCF dan menentukan spesifikasi bahan dan ukuran dari komponen-komponen KATCF. Hasil perencanaan selanjutnya dibakukan dan dikonversikan ke bentuk gambar mesin. Tahap selanjutnya adalah optimalisasi peralatan bengkel/ laboratorium proses produksi dan pengadaan alat dan bahan yang dibutuhkan, maka dimulailah proses pembuatan komponen - komponen penggerak mula. Setelah semua komponen penggerak mula diproduksi dengan baik, selanjutnya dilakukan perakitan pendahuluan untuk mengetahui kesesuaian, kecocokan dan keserasian fungsi serta penampilan dari sistem KATCF yang terbentuk. Proses penyempurnaan akan dilakukan saat itu juga hingga akhirnya dihasilkan sistem dan komponen KATCF yang optimal untuk siap dibawa ke lapangan. Di lapangan inilah dilakukan pengujian untuk mengetahui prestasi KATCF yang menjadi indikator capaian terukur sebagai luaran dari penelitian ini untuk empat posisi debit diantaranya ialah torsi yang dibangkitkan (N.m), daya riil yang dapat dibangkitkan

(Watt), daya potensi (Watt), putaran runner kincir (rpm), dan efisiensi penggerak mula kincir (%).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Ruang lingkup perencanaan dan pembangunan KATCF mencakup perencanaan sistem KATCF dan spesifikasi ukuran serta jenis bahan yang tepat untuk setiap komponen KATCF. Acuan yang menjadi dasar perencanaan adalah debit maksimum air masuk kincir ( $Q$ ) = 100 lt/s = 0,1 m<sup>3</sup>/s dan *Head* kincir ( $H$ ) = 1,2 m.



Keterangan gambar :

- |                   |                  |
|-------------------|------------------|
| 1. Pintu air      | 4. Nozel         |
| 2. Saluran masuk  | 5. Katup         |
| 3. Saluran limbah | 6. Runner kincir |

Gambar 3. Sistem KATCF yang dibangun.

KATCF dirancang mudah dan praktis baik pada proses pembuatan dan perakitan penggerak mula maupun pembangunan bangunan air. Jika suatu saat di lokasi pengujian sekarang KATCF tidak memungkinkan lagi dioperasikan misalnya akibat terjadi bencana alam, maka penggerak mula dapat dibuka/ dibongkar kembali untuk dipindahkan ke lokasi baru. Untuk itu sistem KATCF dirancang dapat dibongkar pasang (*knock down*), antara poros dengan *runner* dapat dipisah sehingga memudahkan pada saat pengangkutan dan pemasangannya. Bangunan sipil mulai dari rumah pembangkit, bendungan, saluran pengantar, dan saluran buang dibangun dari pasangan batu kali dan batu bata yang diplester dan dihaluskan.



Gambar 4. *Runner* Kincir yang telah selesai Dirakit dan Dicat akan dibawa ke Lokasi Pengujian



Gambar 5. Pemasangan *Runner* Kincir di Lokasi Pengujian menggunakan Takel/ Katrol.

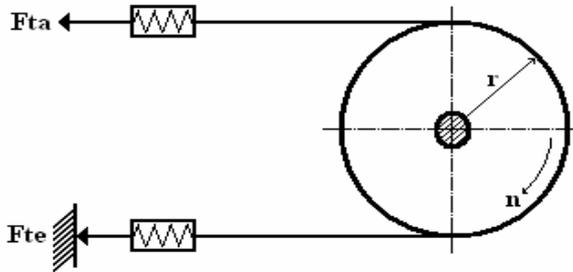
Pengujian efisiensi penggerak mula KATCF dilakukan dengan mekanisme pengereman guna mengetahui torsi yang dibangkitkan runner kincir. Komponen penting dalam proses pengereman adalah belt atau tali rem yang dipasang melingkari setengah lingkaran puli atau sudut kontak  $\theta = 180^\circ$ . Kedua ujung belt dihubungkan dengan timbangan pegas, salah satu pengait timbangan pegas tersebut dipasang tetap sementara pengait timbangan satu lagi akan mendapat perlakuan tarik (Gambar 6).

Pada proses pengereman, akan timbul gaya tarik  $F_{ta}$  dan gaya tekan  $F_{te}$ , selisih antara  $F_{ta}$  dan  $F_{te}$  itulah gaya pengereman atau gaya gesek ( $F_g$ ). Nilai  $F_{ta}$  dan  $F_{te}$  yang dijadikan acuan dalam pengukuran ialah pada posisi runner/roda kincir berputar konstan 40 rpm. Selanjutnya torsi yang terjadi dapat dicari

dengan rumus,

$$T = F_g \cdot r$$

Diketahui,  $r$  = jari-jari puli poros kincir, diameter puli yang digunakan adalah 20 inch maka  $r = 25,5$  cm.

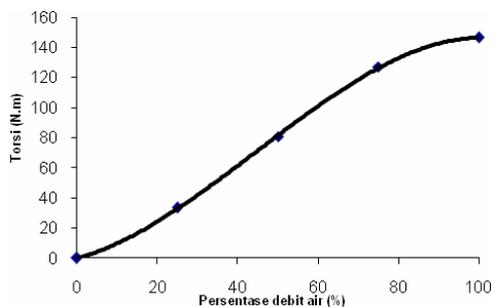


Gambar 6. Pengukuran Torsi dengan Mekanisme Pengereman

Dari hasil pengujian dengan variasi empat posisi katup didapat karakteristik pengereman puli penggerak mula turbin *cross flow* sebagai berikut.

Tabel 1. Karakteristik Uji Pengereman

No	Posisi Debit (%)	Putaran Puli, n (rpm)	Debit Riil (lt/det)	Gaya Tarik, $F_{ta}$ (N)	Gaya Tekan, $F_{te}$ (N)	Gaya Gesek, $F_g$ (N)	Torsi, T (N.m)
1	0	0	0	0	0	0	0
2	25	40	25	161,4	30	131,4	33,5
3	50	40	50	348	30	318	81
4	75	40	75	528,2	30	498,2	127
5	100	40	100	604	30	574	146,5



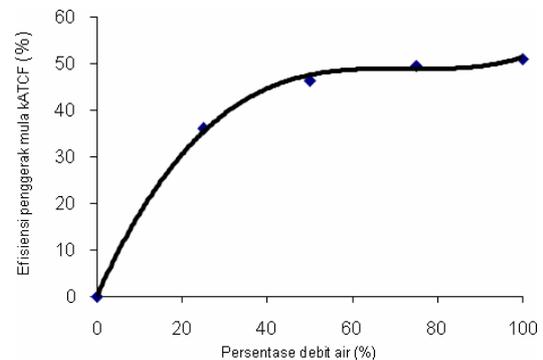
Gambar 7. Torsi yang dibangkitkan Penggerak Mula KATCF untuk Empat Posisi Debit

Dari data-data daya riil dan daya potensi tersebut selanjutnya dapat ditentukan efisiensi penggerak mula KATCF untuk empat posisi debit air seperti dijelaskan Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Efisiensi Penggerak Mula KATCF untuk Empat Posisi Debit Air Masuk Kincir.

No	Posisi Debit Air (%)	Daya Potensi (Watt)	Daya Riil (Watt)	Efisiensi Penggerak Mula KATCF (%)
1	25	300	140	36
2	50	600	338	46,3
3	75	900	531	49,5
4	100	1200	612	51,0

Selanjutnya trend atau kecenderungan dari pengaruh perubahan debit terhadap efisiensi penggerak mula KATCF dapat dijelaskan dengan gambar kurva berikut. Dari gambar tersebut ditunjukkan hubungan berbanding lurus antara efisiensi dengan penambahan debit air masuk kincir yang dinyatakan dalam persentase posisi debit. Dari hasil pengujian, ternyata pada posisi debit 100% menunjukkan efisiensi KATCF yang tertinggi sekitar 51%, dan untuk perubahan bukaan katup mulai 50% dan seterusnya menunjukkan nilai efisiensi yang relatif stabil seperti dijelaskan Gambar 6.



Gambar 8. Trend Efisiensi Penggerak Mula KATCF untuk Empat Posisi Debit

## KESIMPULAN

- a. Hasil penelitian menunjukkan sistem KATCF yang dibangun memiliki karakteristik yang tidak jauh beda dengan prinsip kerja turbin *cross flow*, profil sudu yang dibentuk menggunakan analisis segitiga kecepatan seperti yang digunakan dalam menganalisis sudu-sudu turbin *cross flow*. Disamping itu saluran luncur KATCF menyerupai fungsi dari nozel pada turbin *cross flow* sehingga daya yang dibangkitkan KATCF menjadi optimal.
- b. Komponen-komponen penggerak mula KATCF dirancang dari bahan baja yang dapat dibongkar pasang, sambungan antara *runner* dengan poros menggunakan sambungan baut dan pasak, dengan sistem seperti itu sangat membantu sekali memudahkan pada proses pengangkutan dan pemasangan di lokasi pengujian.
- c. Dari hasil pengujian efisiensi penggerak mula KATCF diketahui trend efisiensi relatif stabil untuk setiap perubahan debit dimulai dari persentase debit 50% sampai 100%. Pada persentase debit 100% atau 100 liter/s didapatkan efisiensi maksimum sebesar 51%. Dengan demikian maka kualitas penggerak mula KATCF yang dibangun cukup memuaskan dan dapat dibanggakan.

## Saran

Menanggapi tampilan data pengujian di atas, maka untuk pengembangan KATCF yang lebih baik ke depan, disarankan sebagai berikut.

- a. Melalui penelitian ini telah berhasil merumuskan sistem KATCF yang telah teruji kemampuannya, selanjutnya perlu penelitian lanjutan tentang pengadaan paket-paket KATCF dengan variasi debit dan *head* sehingga masyarakat dapat dengan mudah mendapatkan sistem kincir yang sesuai dengan variasi potensi debit dan *head* sehingga berbagai potensi air yang ada di pedesaan dapat di dayagunakan dengan mudah.
- b. Cukup banyak potensi air di dusun-dusun terpencil yang dapat didayagunakan dengan kincir air sejenis KATCF tetapi terkendala

dengan mekanisme pengangkutan yang sulit jika *runner* kincir dibawa dalam bentuk sudah jadi. Untuk itu guna memudahkan pengangkutan ke dusun terpencil tersebut perlu dirancang sistem KATCF yang dapat dirakit di lokasi pengujian.

- c. Diharikannya efisiensi 51% adalah awal keberhasilan, perlu tindak lanjut berikutnya yakni identifikasi komponen-komponen penggerak mula KATCF yang dapat ditingkatkan kualitas kemampuannya sehingga efisiensi penggerak mula dapat lebih meningkat lagi.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bachtiar, A. N. 2007. *Uji Efisiensi Runner Turbin Cross Flow Pada Sudut Masuk  $\theta = 15^0$* . Jurnal Momentum. ISSN 1693-7524. volume 1. No 1. Agustus 2007: 23-30.
- [2] Bappeda Propinsi Sumatera Barat. 1986. *Sumatera Barat Dalam Angka*, Padang.
- [3] Dewan Riset Nasional. 2005. *Agenda Riset Nasional*. Dewan Riset Nasional. Jakarta.
- [4] Dietzel, F. 1988. *Turbin, Pompa Dan Kompresor*. Erlangga. Jakarta.
- [5] Dinas Pertambangan dan Energi Pemerintah Kabupaten Pasaman. 2007. *Studi Kelayakan Pembangunan PLTMH Jorong Tarantang Tunggang Pasaman*.
- [6] Giles, R.V. 1984. *Mekanika Fluida dan Hidrolika*. Erlangga. Jakarta.
- [7] Haimerl, L.A. 1960. *The Cross Flow Turbine*. Jerman.
- [8] Jagdis. 1975. *Hydraulic Machine*. Metropolitan Book Co Private Ltd. New Delhi.
- [9] Khurmi, R.S. 2001. *Machine Design*. Eurasia Publishing House (Pvt) LTD. New Delhi.
- [10] Meier, Ueli S. 1981. *Local Experience With Micro Hydro Technology*. St Gall. London.

- [11] Sularso. 1991. *Elemen Mesin*. Pradnyaparamita. Jakarta.
- [12] Wibowo, C. 2005. *Langkah-langkah Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH)*. MHPP-GTZ. Bandung.
- [13] White, F.M. 1987. *Mekanika Zalir*. Erlangga. Jakarta.