

MODEL FISIK KINCIR AIR SEBAGAI PEMBANGKIT LISTRIK

Akhiar Junaidi¹, Rinaldi², Andy Hendri²

¹Jurusan Teknik Sipil, Program S-1, Fakultas Teknik Universitas Riau

²Staff Pengajar Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Riau, Pekanbaru
Kampus Bina Widya Jl. HR Soebrantas KM 12,5 Pekanbaru, Kode Pos 28293

E-mail: Akhiarjunaidi30@gmail.com

ABSTRACT

One type of renewable energy is a small-scale hydropower, or often referred to as micro or also called micro hydro power plant (MHP). Microhydro get energy from water flow that has a certain height difference and flow velocity. The energy generated by physical model waterwheel is a renewable energy can be measured by using a digital torque tester is connected to the axis windmill models. High rotation speed does not necessarily have a great energy because if given half the load will greatly affect the rotation speed. This research is to develop the technology, materials, mechanical components, electronic component and system design of energy resources, so as to have a strategic impact on the development of technology and can be applied in the community. Wheel rotation measurement using rpm tachometer generates value that affects the value of the energy generated from the windmill. The model used is Undershot wheel.

Keyword : PLTMH, Torque Tester, Rpm, Undershot

PENDAHULUAN

Salah satu jenis energi baru terbarukan adalah tenaga air skala kecil atau sering disebut dengan mikrohidro atau disebut juga Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH). Disebut mikro karena daya yang dihasilkan tergolong kecil (masih dalam hitungan ratusan Watt hingga beberapa kW). Tenaga air ini biasanya berasal dari saluran sungai, saluran irigasi, air terjun alam, atau bahkan sekedar parit asal airnya kontinu. Prinsip kerjanya adalah memanfaatkan tinggi terjunnya air dan juga jumlah debit air.

Secara teknis Mikro hidro memiliki tiga komponen utama yaitu air (sumber energi), turbin dan generator. Mikrohidro mendapatkan

energi dari aliran air yang memiliki perbedaan tinggi tertentu. Pembuatan model fisik mini-mikrohidro skala laboratorium dilaksanakan di Laboratorium Hidroteknik Fakultas Teknik Universitas Riau.

Energi yang dihasilkan oleh kincir air merupakan energi terbarukan dapat diukur dengan menggunakan digital *Torque Tester* yang dihubungkan dengan sumbu model kincir. Kecepatan putaran yang tinggi belum tentu mempunyai energi yang besar karena apabila diberi sedikit saja beban akan sangat mempengaruhi kecepatan putaran tersebut. Demikian pula sebaliknya.

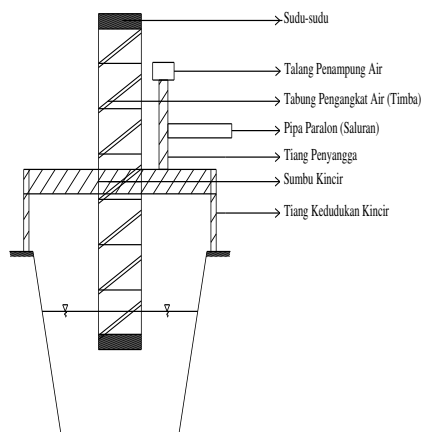
Tujuan penelitian ini adalah untuk mengembangkan teknologi, material, komponen mekanik, komponen elektronik dan rancang

bangun sistem sumberdaya energi, sehingga mempunyai dampak strategis untuk perkembangan teknologi dan dapat diterapkan di masyarakat.

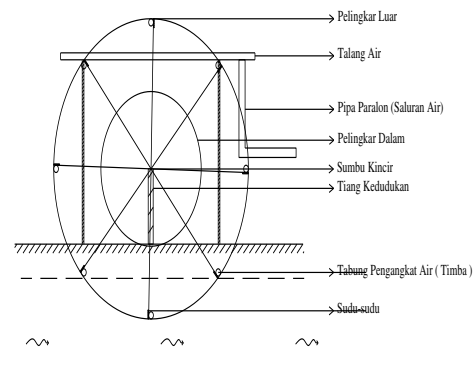
LANDASAN TEORI Mini-Mikrohidro

Kincir air adalah semacam roda besar yang dilengkapi dengan timba atau pengambil air yang terbuat dari bambu yang berputar karena aliran air untuk menaikkan air dari sungai ke arah sawah yang lebih tinggi posisinya. Besarnya debit air yang biasa dinaikan oleh kincir selalu tergantung pada ketersediaan air yang mengalir, jumlah dan besarnya tabung pembawa air, lamanya tabung tersebut terendam dalam air, jumlah putaran kincir serta posisi tabung (Arsis Ahmad, 2003).

Umumnya kincir air terdiri dari poros, lingkaran roda yang dilengkapi dengan tabung dan sudu-sudunya yang dipasang di sekeliling roda. Adapun komponen-komponen kincir yang utama dapat dilihat pada Gambar 1 dan 2 berikut:



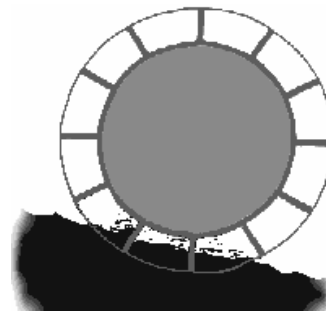
Gambar 1. Kincir Tampak Depan



Gambar 2. Kincir Tampak Samping

Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro adalah bentuk Pembangkit Listrik Tenaga Air dalam skala kecil dimana daya yang dihasilkan <1 Mega Watt, yang merupakan bentuk perubahan tenaga dari tenaga air dengan ketinggian dan debit tertentu menjadi tenaga listrik dengan menggunakan turbin dan generator.

Kincir air *Undershot* bekerja bila air yang mengalir, menghantam dinding sudu yang terletak pada bagian bawah dari kincir air. Kincir air tipe *Undershot* tidak mempunyai tambahan keuntungan dari *head*. Tipe ini cocok dipasang pada perairan dangkal pada daerah yang rata. Tipe ini disebut juga dengan "Vitruvian". Disini aliran air berlawanan dengan arah sudu yang memutar kincir. Seperti pada gambar 3.



Gambar 3. Jenis Kincir *Undershot*

Keuntungan jenis kincir ini adalah konstruksi lebih sederhana, lebih ekonomis, dan mudah untuk dipindahkan, sedangkan kerugian dari jenis kincir ini ialah efisiensi kecil dan daya yang dihasilkan relatif kecil.

Besarnya tenaga air yang tersedia dari suatu sumber air bergantung pada besarnya *head* dan debit air. Dalam hubungan dengan reservoir air maka *head* adalah beda ketinggian antara muka air pada reservoir dengan muka air keluar dari kincir air/turbin air. Total energi yang tersedia dari suatu reservoir air adalah merupakan energi potensial air yaitu :

$$E = mgh$$

Dengan,

m adalah massa air

h adalah head (m)

g adalah percepatan gravitasi (m/s^2)

Daya merupakan energi tiap

satuan waktu $\left(\frac{E}{t}\right)$, sehingga

Persamaan di atas dapat dinyatakan sebagai :

$$\frac{E}{t} = \frac{m}{t} gh$$

Dengan mensubstitusikan P

terhadap $\left(\frac{E}{t}\right)$ dan mensubstitusikan

ρQ terhadap $\left(\frac{m}{t}\right)$ maka :

$$P = \rho Qgh$$

dimana : P adalah daya (watt) yaitu

Q adalah kapasitas aliran (m^3/s)

ρ adalah densitas air (kg/m^3)

Selain memanfaatkan air jatuh *hydropower* dapat diperoleh dari aliran air datar. Dalam hal ini energi yang tersedia merupakan energi kinetik

$$E = \frac{1}{2}mv^2$$

Dengan,

v adalah kecepatan aliran air (m/s)

Daya air yang tersedia dinyatakan sebagai berikut :

$$P = \frac{1}{2}\rho Qv^2$$

atau dengan menggunakan persamaan kontinuitas

$$Q = Av$$

Maka,

$$P = \frac{1}{2}\rho Av^3$$

Dengan,

A = luas penampang aliran air (m^2)

$$S = \frac{V_w}{V_v} \times 100\%$$

dimana:

S = persentase derajat kejenuhan tanah

V_w = volume air didalam tanah

V_v = volume pori didalam tanah

Prinsip Kerja Alat

Bentuk pembangkit listrik tenaga mikrohidro adalah bervariasi, tetapi prinsip kerjanya adalah sama, yaitu "Perubahan tenaga potensial air menjadi tenaga elektrik (listrik)". Perubahan memang tidak langsung, tetapi berturut-turut melalui perubahan sebagai berikut :

Tenaga Potensial – Tenaga Kinetik

Tenaga Kinetik – Tenaga Mekanik

Tenaga Mekanik – Tenaga Listrik

Tenaga potensial adalah tenaga air karena berada pada ketinggian, Tenaga kinetik adalah tenaga air karena mempunyai kecepatan, Tenaga mekanik adalah tenaga kecepatan air yang terus memutar kincir / turbin, sedangkan Tenaga elektrik adalah hasil dari generator yang berputar akibat berputarnya kincir / turbin.

Pada pengujian ini, penulis tidak menggunakan generator karena pengujian hanya dilakukan untuk mengetahui perbandingan tinggi debit dan dasar saluran dengan menggunakan RPM (*Revolutions Per Minute*). Fungsi RPM adalah untuk mengetahui banyaknya putaran yang dilakukan kincir dalam satu menit. Kemudian tenaga mekanik tersebut disambungkan dengan alat *Torque Tester* untuk mengetahui tenaga listrik yang dihasilkan.

Joule (symbol J) adalah satuan SI untuk energy dengan basis unit $\text{kg.m}^2/\text{s}^2$. Nama Joule diambil dari penemunya James Prescott Joule (1818-1889). Istilah ini pertama kali diperkenalkan oleh Dr. Mayer dari Heilbronn. Joule merupakan definisi sebagai besarnya energi yang dibutuhkan untuk memberikan gaya sebesar satu Newton sejauh satu Meter. Oleh karena itu dapat diuraikan bahwa :

$$1 \text{ Joule} = 1 \text{ N.m}$$

Dan dapat lebih dirincikan sebagai berikut :

$$J = \frac{\text{kg.m}^2}{\text{s}^2} = \text{N.m} = \text{Pa.m}^3 = \text{W.s}$$

Dengan,

N = newton

m = meter

kg = kilogram

s = second (detik)

Pa = Pascal

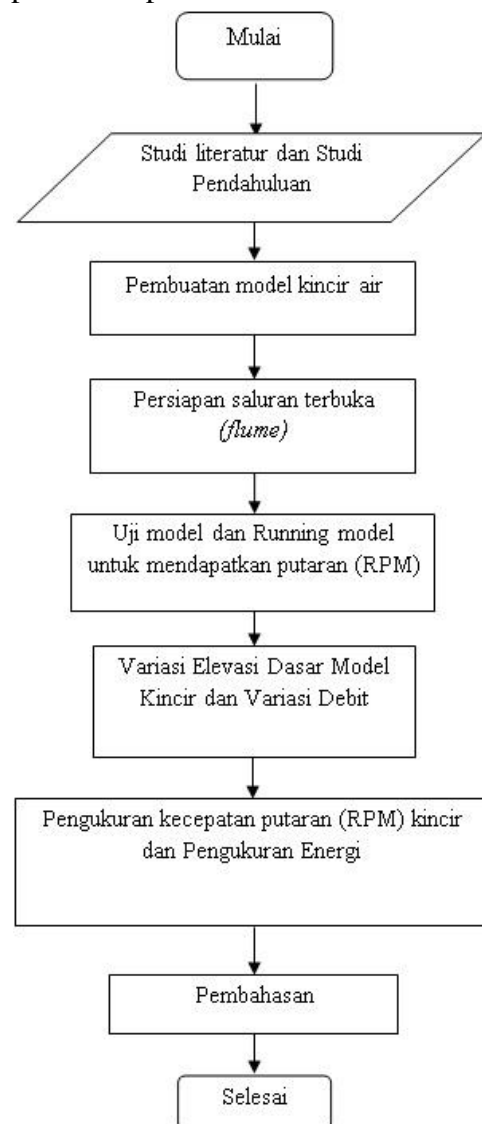
W = watt

Dari persamaan di atas dan dari data penelitian yang diperoleh dapat dikonversikan menjadi seperti di bawah ini:

$$1 \text{ Joule} = 2,7778 \times 10^{-4} \text{ (watt-hour)}$$

METODOLOGI PENELITIAN

Alur penelitian secara lengkap dapat dilihat pada *flowchart* penelitian pada Gambar 4.



Gambar 4. Bagan alir (*flowchart*) Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Awal

Pengujian awal dilakukan dengan cara semua alat yang telah diatur sesuai dengan skema difungsikan. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja dari kincir. Dari pengujian tersebut diperoleh data kecepatan putaran kincir dan energi yang dihasilkan oleh kincir tersebut, pada kegiatan ini juga menghitung tinggi elevasi muka air dan debit, seperti terlihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 1. Kecepatan putaran kincir dan energi pada *pra running*.

Indikator Q	Debit (l/dt)			Tinggi Muka Air		Elevasi Dasar Model Kincir (cm)	RPM (Radial Per Menit)	Energi (cNm)
	Volume (liter)	Waktu (detik)	l/dt	h1	h2			
2.5	20	9,19	2,176	75	81,2	3	10,8	13
	20	9,29	2,153				10,1	14
	20	9,08	2,203				10,5	14
							10,6	14
							10,6	15
Rata-rata					78,1		10,52	14

Berdasarkan pada tabel di atas dapat dilihat bahwa kecepatan rata-rata putaran kincir adalah 10,52 rpm. Sedangkan rata-rata elevasi muka air adalah 78,1 cm dan rata-rata energi adalah 14 cN.m.

Adapun kincir ini terbuat dari besi plat yang dikombinasikan dengan jari-jari sepeda dan tromol sepeda. Dengan spesifikasi diameter 55 cm, lebar 6 cm, panjang sudu 6 cm sebanyak 18 buah dan berat kincir 1,76 kg.

Pengukuran Debit

Seperti yang telah diuraikan pada Bab sebelumnya, bahwa pengukuran debit dilakukan dengan cara mengukur volume yang keluar

pada saluran pembawa dan waktu. Setelah didapat kedua data tersebut, kemudian debit dihitung dengan rumus $Q = \frac{Vol}{t}$. Pada penelitian ini

volume air yang masuk ke saluran ditetapkan 20 liter. Jadi hanya mencari waktu yang dibutuhkan untuk sampai air mencapai 20 liter. Dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 2. Data Debit yang diukur pada saat pengujian model.

No	Elevasi tinggi Kincir dari dasar saluran (cm)	Indikator Q	Debit (l/dt)			Rata-rata
			Volume (liter)	Waktu (detik)	l/dt	
1	3	2.5	20	9.19	2.176	2.177
			20	9.29	2.153	
			20	9.08	2.203	
2	3	2.3	20	9.63	2.077	2.030
			20	9.98	2.004	
			20	9.96	2.008	
3	2	2.5	20	8.8	2.273	2.246
			20	9.01	2.220	
4	2	2.3	20	9.77	2.058	2.070
			20	9.45	2.116	
			20	9.82	2.037	
5	2	2.1	20	11.17	1.791	1.809
			20	11.23	1.781	
			20	10.77	1.857	
6	2	1.9	20	11.67	1.714	1.694
			20	11.94	1.675	
7	2	1.7	20	12.74	1.570	1.552
			20	13.03	1.535	
8	2	1.5	20	15.21	1.315	1.298
			20	15.62	1.280	
9	1	2.5	20	8.52	2.347	2.312
			20	8.65	2.312	
			20	8.78	2.278	
10	1	2.3	20	9.1	2.198	2.230
			20	8.94	2.237	
			20	8.87	2.255	
11	1	2.1	20	10.28	1.946	1.909
			20	10.57	1.892	
			20	10.58	1.890	
12	1	1.9	20	11.8	1.695	1.728
			20	11.72	1.706	
			20	11.22	1.783	
13	1	1.7	20	12.82	1.560	1.569
			20	12.58	1.590	
			20	12.84	1.558	
14	1	1.5	20	15.1	1.325	1.339
			20	14.82	1.350	
			20	14.89	1.343	
15	1	1.3	20	18.17	1.101	1.094
			20	18.27	1.095	
			20	18.41	1.086	

Pengukuran debit diatas dilakukan dengan kondisi indikator Q berubah-ubah dimulai dengan indikator 2,5 sampai kincir tidak berputar.

Berdasarkan nilai debit dari percobaan tabel di atas terlihat bahwa pada tinggi kincir 3 cm dari dasar saluran memiliki rata-rata debit sebesar 2,177 l/d pada indikator 2,5 dan 2,030 l/d untuk indikator 2,3.

Sedangkan pada tinggi kincir 2 cm dari dasar saluran memiliki debit rata-rata sebesar 2,246 l/d pada indikator 2,5; 2,070 l/d pada indikator 2,3; 1,809 l/d pada indikator 2,1; 1,694 l/d pada indikator 1,9; 1,552 l/d pada indikator 1,7; dan 1,298 l/d pada indikator 1,5.

Perhitungan debit dilakukan hanya sebatas indikator 1,5 karena pada indikator 1,3 kincir tidak lagi berputar.

Pada tinggi kincir 1 cm dari dasar saluran memiliki debit rata-rata sebesar 2,312 l/d pada indikator 2,5; 2,230 l/d pada indikator 2,3; 1,909 l/d pada indikator 2,1; 1,728 l/d pada indikator 1,9; 1,569 l/d pada indikator 1,7; 1,339 l/d pada indikator 1,5 dan 1,094 l/d pada indikator 1,3.

Pengukuran Kecepatan Putaran Kincir

Pengukuran kecepatan putaran kincir dilakukan dengan menggunakan alat Tachometer. Pada proses ini Torque tester belum digunakan karena pada proses ini hanya meninjau kecepatan putaran kincir (rpm). Hasil pengukuran ditampilkan seperti pada tabel 3 berikut ini.

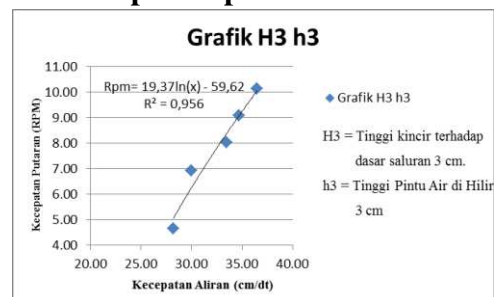
Tabel 4.3. Rata-rata kecepatan putaran kincir h hilir 1 cm

No	Elevasi (cm)	Indikator Q	Rata-rata (rpm)
1	3	2,5	10,52
2	3	2,3	9,35
3	2	2,5	12,96
4	2	2,3	11,80
5	2	2,1	11,02
6	2	1,9	9,54
7	2	1,7	7,56
8	2	1,5	4,84
9	1	2,5	13,76
10	1	2,3	13,38
11	1	2,1	11,66
12	1	1,9	10,82
13	1	1,7	9,86
14	1	1,5	8,16
15	1	1,3	6,18

Hasil Penelitian dan Pengamatan

Berikut ini adalah hasil dari penelitian dan pengamatan selama pengujian di Laboratorium Hidro Teknik Sipil Universitas Riau.

Grafik Kecepatan Aliran Terhadap Kecepatan Putaran.



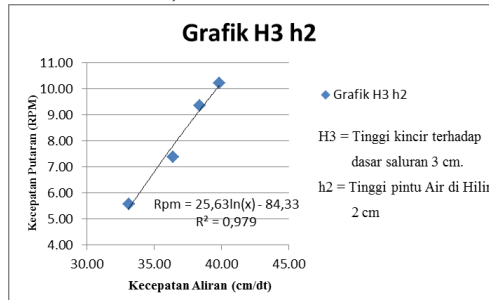
Gambar 5 Grafik hubungan Kecepatan Aliran terhadap Putaran Kincir H3 h3

Dari gambar di atas diketahui grafik tersebut menunjukkan hubungan kecepatan aliran (cm/dt) terhadap kecepatan putaran kincir (rpm). Dapat dijelaskan bahwa H3 merupakan 3 cm tinggi dasar kincir terhadap dasar saluran dan h3 merupakan 3 cm tinggi pintu air di hilir saluran.

Dari grafik di atas mendapatkan persamaan sebagai berikut :

$$Rpm = 19,37 \ln(x) - 59,62$$

$$R^2 = 0,956$$



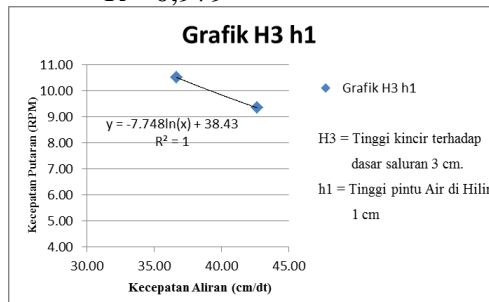
Gambar 6 Grafik hubungan Kecepatan Aliran terhadap Putaran Kincir H3 h2

Dari Gambar 6 diketahui grafik tersebut menunjukkan hubungan kecepatan aliran (cm/dt) terhadap kecepatan putaran kincir (rpm). Dapat dijelaskan bahwa H3 merupakan 3 cm tinggi dasar kincir terhadap dasar saluran dan h2 merupakan 2 cm tinggi pintu air di hilir saluran.

Dari grafik di atas mendapatkan persamaan sebagai berikut :

$$Rpm = 25,63 \ln(x) - 84,33$$

$$R^2 = 0,979$$



Gambar 7 Grafik hubungan Kecepatan Aliran terhadap Putaran Kincir H3 h1

Dari Gambar 7 diketahui grafik tersebut menunjukkan hubungan kecepatan aliran (cm/dt) terhadap kecepatan putaran kincir (rpm). Dapat dijelaskan bahwa H3 merupakan 3 cm tinggi dasar kincir terhadap dasar saluran dan h1 merupakan 1 cm tinggi pintu air di hilir saluran.

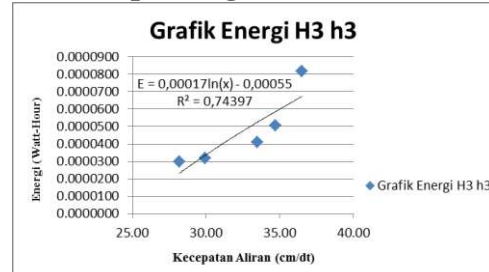
merupakan 1 cm tinggi pintu air di hilir saluran.

Dari grafik di atas mendapatkan persamaan sebagai berikut :

$$Rpm = -7,748 \ln(x) + 38,43$$

$$R^2 = 1$$

Grafik Kecepatan Aliran Terhadap Energi.



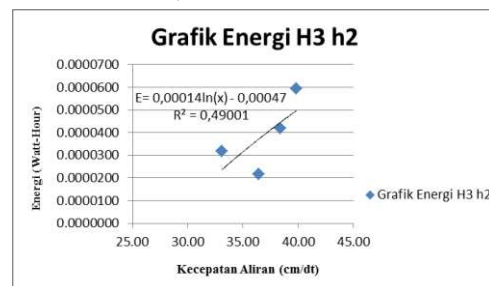
Gambar 8 Grafik hubungan Kecepatan Aliran terhadap Energi H3h3

Dari Gambar 8 diketahui grafik tersebut menunjukkan hubungan kecepatan aliran (cm/dt) terhadap Energi (watt-hour). Dapat dijelaskan bahwa H3 merupakan 3 cm tinggi dasar kincir terhadap dasar saluran dan h3 merupakan 3 cm tinggi pintu air di hilir saluran.

Dari grafik di atas mendapatkan persamaan sebagai berikut :

$$E = 0,00017 \ln(x) - 0,00055$$

$$R^2 = 0,74397$$



Gambar 9 Grafik hubungan Kecepatan Aliran terhadap Energi H3 h2

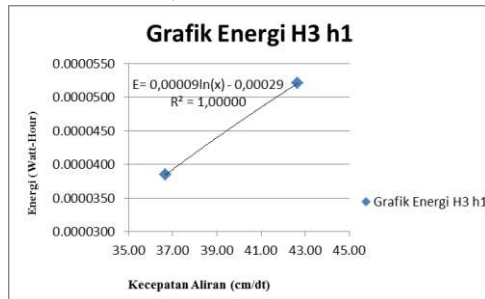
Dari gambar 9 diketahui grafik tersebut menunjukkan hubungan kecepatan aliran (cm/dt) terhadap Energi (watt-hour). Dapat dijelaskan bahwa H3 merupakan 3

cm tinggi dasar kincir terhadap dasar saluran dan h2 merupakan 2 cm tinggi pintu air di hilir saluran.

Dari grafik di atas mendapatkan persamaan sebagai berikut :

$$E=0,00014\ln(x)-0,00047$$

$$R^2=0,49001$$



Gambar 10 Grafik hubungan Kecepatan Aliran terhadap Energi H3 h1

Dari Gambar 10 diketahui grafik tersebut menunjukkan hubungan kecepatan aliran (cm/dt) terhadap Energi (watt-hour). Dapat dijelaskan bahwa H3 merupakan 3 cm tinggi dasar kincir terhadap dasar saluran dan h1 merupakan 1 cm tinggi pintu air di hilir saluran.

Dari grafik di atas mendapatkan persamaan sebagai berikut :

$$E=0,00009\ln(x)-0,00029$$

$$R^2=1,00000$$

KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Model bekerja dengan baik, kincir berputar tanpa ada gesekan dengan dinding saluran (*flume*). Sehingga model bekerja sesuai dengan prosedur yang direncanakan.
2. Dari hasil penelitian diketahui kecepatan putaran kincir tertinggi pada H1h1 (tinggi dasar kincir 1 cm terhadap dasar saluran dan 1 cm tinggi pintu air

di hilir saluran) yaitu sebesar 13,76 rpm.

3. Dari hasil penelitian diketahui energi tertinggi yang didapat dengan menggunakan alat *torque* pada H1h1 (tinggi dasar kincir 1 cm terhadap dasar saluran dan 1 cm tinggi pintu air di hilir saluran) yaitu sebesar 78,30 cN.m atau 0,7830 Joule.
4. Arus listrik tertinggi yang dihasilkan pada penelitian ini adalah 0,0002175 watt-hour.
5. Sesuaikan dimensi model kincir dengan saluran (*flume*) agar model dapat bekerja dengan baik.
6. Melakukan perakitan model kepada ahlinya untuk mendapatkan hasil model dengan spesifikasi sesuai yang diinginkan.
7. Menggunakan Tachometer sensor agar penelitian lebih lancar.
8. Menggunakan Torque Tester untuk mengetahui tenaga yang dihasilkan putaran kincir.

Daftar Pustaka

- Anonim, *Bangunan Tenaga Air*, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta 1971.
- Anonim. *Program Pelatihan Dan Panduan Perancangan Hidraulika Waterway*, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta 1994.
- Fajar. Rachmat, *Kajian Kincir Air Untuk Pembangkit Listrik Minimikro-hidro Dengan Memanfaatkan Aliran Permukaan sungai*, Fakultas

Teknik Universitas Riau,
Pekanbaru 2010.

Harmaini, 2008, *Model Fisik
Pembangkit Listrik Tenaga
Mini-mikrohidro*, Fakultas
Teknik Universitas Riau,
Pekanbaru.

JMK Dake, 1985, *Hidrolika Teknik*,
Penerbit Erlangga, Jakarta.

Mayer, *pengertian joule dan
konversi daya*. [online].
Available at : <URL,
id.m.wikipedia.org/wiki/joule
> [Accesed date 10 desember
2013]