*Annual Civil Engineering Seminar 2015, Pekanbaru*
ISBN: 978-979-792-636-6

# MODEL FISIK KINCIR AIR SEBAGAI PEMBANGKIT LISTRIK

**Rinaldi[1], Andy Hendri[2] dan Akhiar Junaidi[3]**

[1,2,3]*Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau*
*ri.naldi @yahoo.com*

## ABSTRAK

Salah satu jenis energi baru terbarukan adalah tenaga air skala kecil atau sering disebut dengan mikrohidro atau disebut juga Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH). Mikrohidro mendapatkan energi dari aliran air yang memiliki perbedaan tinggi tertentu dan kecepatan aliran. Energi yang dihasilkan oleh model fisik 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. Tujuan penelitian ini untuk mengembangkan teknologi, material, komponen mekanik, komponen elektronik dan rancang bangun sistem sumber daya energi, sehingga mempunyai dampak strategis untuk perkembangan teknologi dan dapat diterapkan di masyarakat. Pengukuran putaran kincir menggunakan *tachometer* menghasilkan nilai putaran Radial Per Menit (RPM) yang mempengaruhi nilai energi yang dihasilkan dari kincir tersebut. Model kincir yang digunakan adalah *undershot*. 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. Energi tertinggi yang didapat dengan menggunakan alat *torque tester* pada H1h1 (tinggi dasar kincir 1 cm terhadap dasar saluran dan 1 cm tinggi pintu air di hilir saluran) yaitu sebesar 78,30 cNm atau 0,0002175 watthour.

**Kata kunci** *: kincir, listrik, undershot*

## 1. PENDAHULUAN

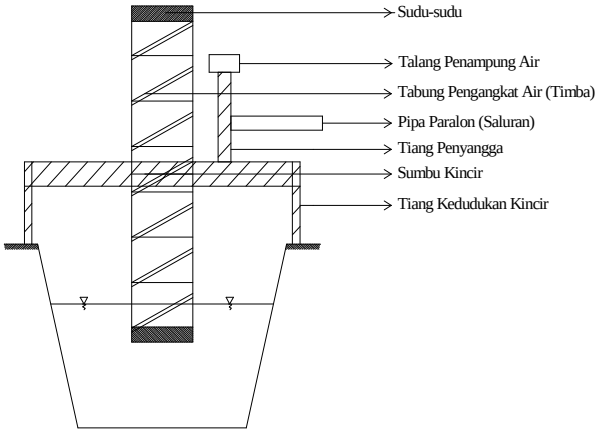
Salah satu jenis energi baru terbarukan adalah tenaga air skala kecil atau sering disebut dengan mikrohidro atau disebut juga Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH). Disebut mikro karena daya yang dihasilkan tergolong kecil (masih dalam hitungan ratusan Watt hingga beberapa kW). Tenaga air ini 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.

### Mini Mikrohidro

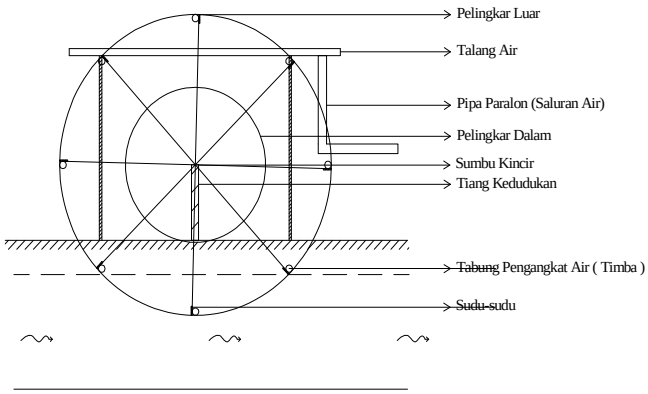
Kincir air adalah semacam roda besar yang dilengkapi dengan timba atau pengambil air yang terbuat dari bambu yang berputar karena aliran air untuk menaikan air dari sungai ke arah sawah yang lebih tinggi posisinya. Besarnya debit air yang biasa dinaikan oleh kincir selalu tergantung pada ketersediaan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

ISBN: 978-979-792-636-6

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 ini.

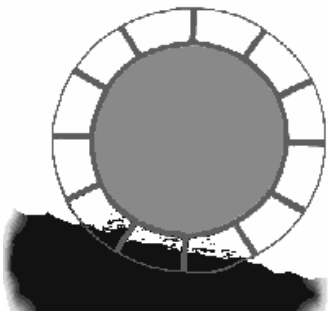



Gambar 1. Kincir Tampak Depan




Gambar 2. Kincir Tampak Samping

Pembangkit listrik tenaga mikro hidro adalah bentuk pembangkit listrik tenaga air dalam skala kecil dimana daya yang dihasilkan <1 megawatt, 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 berikut ini.



Gambar 3. Jenis Kincir *Undershot*

ISBN: 978-979-792-636-6

Keuntungan jenis kincir ini adalah konstruksi lebih sederhana, ekonomis, dan mudah untuk dipindahkan, sedangkan kerugian dari jenis kincir ini ialah efesiensi 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 :

$$E = mgh \tag{1}$$

dengan :
*E* : Energi
*m :* massa air
*g :* percepatan gravitasi (m/s$^2$ )
*h :* head (m)
Daya merupakan energi tiap satuan waktu *E/t* sehingga persamaan (1) di atas dapat dinyatakan sebagai

$$\frac{E}{t} = \frac{m}{t} gh \tag{2}$$

Dengan mensubsitusikan P terhadap $\left(\frac{E}{t}\right)$ dan mensubsitusikan $\rho Q$ terhadap $\left(\frac{m}{t}\right)$ maka :

$$P = \rho Q g h \tag{3}$$

dengan :
$P$ : daya (watt)
$\rho$ : densitas air (kg/m$^3$)
Q : kapasitas aliran (m$^3$/s )
Selain memanfaatkan air jatuh *hydropower* dapat diperoleh dari aliran air datar. Dalam hal ini energi yang tersedia merupakan energi kinetik.

$$E = \frac{1}{2} m v^2 \tag{4}$$

dengan :
*v* : kecepatan aliran air (m/s)
Daya air yang tersedia dinyatakan sebagai berikut :

$P = \frac{1}{2} \rho Q v^2$ atau dengan menggunakan persamaan kontinuitas $Q = Av$ maka energi P adalah

$$P = \frac{1}{2} \rho A v^3 \tag{5}$$

dengan :
*A* = luas penampang aliran air $\left(m^2\right)$

## 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 :

1. Tenaga potensial menjadi tenaga kinetik
2. Tenaga kinetik menjadi tenaga mekanik
3. Tenaga mekanik menjadi 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 penelitian ini, penulis tidak menggunakan generator karena pengujian hanya dilakukan untuk mengetahui energi dengan menggunakan alat *torque tester*, hubungan antara tinggi kincir dari dasar saluran terhadap putaran kincir putaran dengan menggunakan alat *tachometer* dengan satuan RPM yaitu banyaknya putaran yang dilakukan kincir dalam satu menit.

ISBN: 978-979-792-636-6

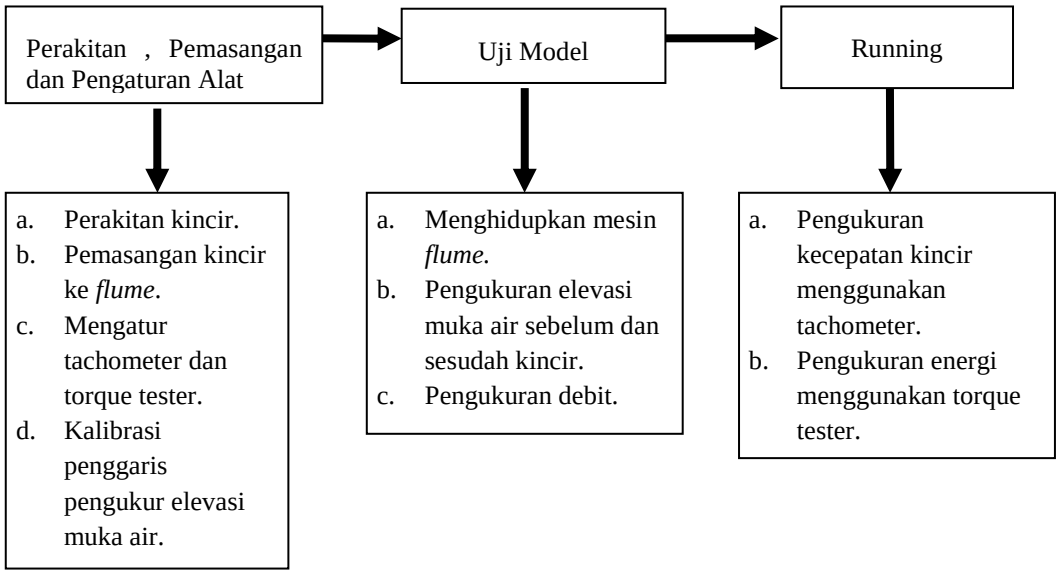
## 2. METODOLOGI

Model kincir dibuat sedemikian sehingga menyerupai kondisi kincir air irigasi yang ada di lapangan tanpa menggunakan skala. Kincir ini dibuat dari besi plat yang dikombinasikan dengan jari-jari dan tromol sepeda dengan spesifikasi diameter 55 cm, lebar 6 cm, panjang sudu 6 cm sebanyak 18 buah dan berat kincir 1,76 kg. Alat pendukung yang lain adalah flume dengan lebar 76 mm, *tachometer* (merk Krisbow type KW06-303), *torque tester* dan *stopwatch.* Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Hidroteknik Fakultas Teknik Universitas Riau dan Alat-Alat untuk Penelitian dapat dilihat pada Gambar 4 berikut ini.

a b c

Gambar 4. Alat-Alat untuk Penelitian (a) flume, (b) tachometer dan (c) *torque tester*

Prosedur penelitian dapat dilihat pada gambar 5 berikut ini.




Gambar 5. Prosedur Penelitian

## 3. 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 di hulu kincir (h1), hilir kincir (h2) dan debit, seperti terlihat pada tabel 1 di bawah ini.

ISBN: 978-979-792-636-6

Tabel 1. Kecepatan Putaran Kincir dan Energi pada Pra Running.

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

## Pengukuran Debit

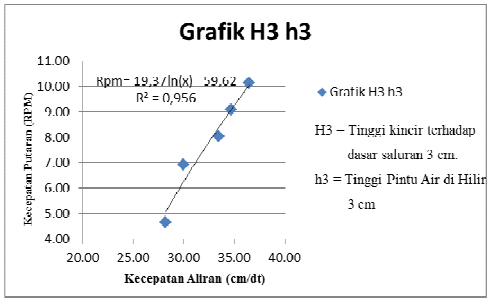
Pengukuran debit dilakukan dengan cara mengukur volume yang keluar pada saluran pembawa dibagi dengan waktu pengamatan. Pada penelitian ini volume air yang masuk kesaluran ditetapkan 20 liter dengan H adalah tinggi kincir dari dasar saluran, Qb adalah debit bacaan pada indikator flume (l/dt)dan Qr adalah debit rata rata pengamatan (l/dt). Pengukuran kecepatan putaran kincir dilakukan dengan menggunakan alat *tachometer.* Data debit dan Kecepatan putaran kincir dalam RPM dapat dilihat pada tabel 2 berikut ini.

Tabel 2. Data Debit diukur saat pengujian model.

| No. | H (cm) | Qb (l/dt) | Qr (l/dt) | RPM | No. | H (cm) | Qb (l/dt) | Qr (l/dt) | RPM |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 3 | 2,5 | 2,177 | 10,52 | 9 | 1 | 2,5 | 2,312 | **13,76** |
| 2 | 3 | 2,3 | 2,030 | 9,35 | 10 | 1 | 2,3 | 2,230 | 13,38 |
| 3 | 2 | 2,5 | 2,246 | 12,96 | 11 | 1 | 2,1 | 1,909 | 11,66 |
| 4 | 2 | 2,3 | 2,070 | 11,80 | 12 | 1 | 1,9 | 1,728 | 10,82 |
| 5 | 2 | 2,1 | 1,809 | 11,02 | 13 | 1 | 1,7 | 1,569 | 9,86 |
| 6 | 2 | 1,9 | 1,694 | 9,54 | 14 | 1 | 1,5 | 1,339 | 8,16 |
| 7 | 2 | 1,7 | 1,552 | 7,56 | 15 | 1 | 1,3 | 1,094 | 6,18 |
| 8 | 2 | 1,5 | 1,298 | 4,84 | | | | | |

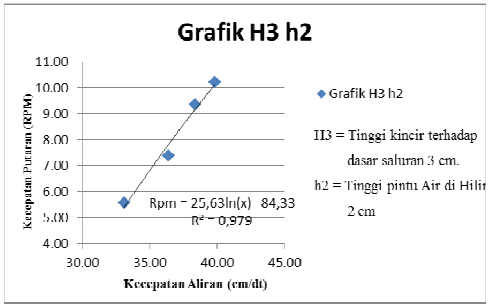
## Kecepatan Aliran Terhadap Kecepatan Putaran.

Gambar 6 di bawah diketahui grafik tersebut menunjukan 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 diperoleh nilai $R^2$=0,956.



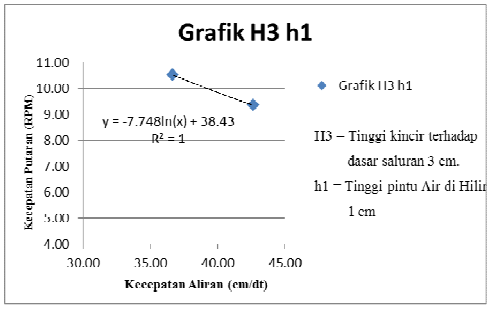

Gambar 6 Grafik hubungan Kecepatan Aliran terhadap Putaran Kincir H3 h3

ISBN: 978-979-792-636-6




Gambar 7 Grafik hubungan Kecepatan Aliran terhadap Putaran Kincir H3 h2

Gambar 7 diketahui grafik tersebut menunjukan 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 gambar 7 di atas diperoleh nilai $R^2$=0,979.




Gambar 8 Grafik hubungan Kecepatan Aliran terhadap Putaran Kincir H3 h1

Dari Gambar 8 diketahui grafik tersebut menunjukan 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. Dari gambar 8 di atas diperoleh nilai $R^2$=1.

## Energi Kincir

Hasil akhir penelitian merupakan hubungan antara tinggi kincir dari dasar H, tinggi pintu air di hilir h dan energi yang dihasilkan. Dari Tabel 3 dapat dilihat bahwa energi yang dihasilkan akan semakin besar apabila jarak antara kincir dan dasar semakin kecil, demikian sebaliknya. Namun demikian pintu air dibagian hilir juga akan mempengaruhi energi, karena semakin rendah pintu air di hilir maka akan menyebabkan kecepatan aliran semakin tinggi.

Tabel 3 Energi yang dihasilkan model kincir

| No | Elevasi Dasar Kincir | Tinggi Pintu Air Hilir | Energi (cNm) | Watt-Hour |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 3 | 3 | 16.92 | 0.004700 |
| 2 | 3 | 2 | 13.937 | 0.0038716 |
| 3 | 3 | 1 | 16.3 | 0.0045279 |
| 4 | 2 | 3 | 37.075 | 0.0102987 |
| 5 | 2 | 2 | 24.628 | 0.0068413 |
| 6 | 2 | 1 | 24.958 | 0.0069329 |
| 7 | 1 | 3 | 34.639 | 0.009622 |
| 8 | 1 | 2 | 38.994 | 0.0111174 |
| 9 | 1 | 1 | 42.600 | 0.0123510 |

ISBN: 978-979-792-636-6

## 4. 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 0,0002175 watt-hour.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih tim peneliti sampaikan kepada Lembaga Penelitian Universitas Riau yang telah memberikan kesempatan dan sumber dana sehingga penelitian ini dapat terselenggara. Selanjutnya kepada semua pihak yang terlibat pada penelitian hingga dapat dipublikasikan.

## DAFTAR PUSTAKA

Anonim, Bangunan Tenaga Air, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta 1971.

Anonim. Program Pelatihan Dan Panduan Perancangan Hidraulika Waterway, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta 1994.

Arsis, Ahmad. 2003. *Kincir Air untuk Irigasi*, Penerbit Universitas Andalas, Padang.

Fajar Rachmat, 2010, Kajian Kincir Air Untuk Pembangkit Listrik Minimikro-hidro Dengan Memanfaatkan Aliran Permukaan Sungai, Fakultas Teknik Universitas Riau.

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]

Rinaldi dan Harmaini, 2008, Model Fisik Pembangkit Listrik Tenaga Mini-Mikrohidro (PLTM), Disampaikan pada *Seminar Hasil Penelitian Dosen Jurusan Teknik Sipil Universitas Riau*, 29 Maret 2008

Rinaldi, Rian Trikomara dan Bambang Yutra Weendi, 2000. Analisa Kincir Air Bambu Sebagai Ssalah Satu Sistem Irigasi Pertanian, Disampaikan pada *Seminar Hasil Penelitian Dosen Jurusan Teknik Sipil Universitas Riau*, 20 Juni 2009

Rinaldi, Trimaidjon dan Suryaningrat, 2010. Model Fisik Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro (PLTP), disampaikan pada *Seminar Nasional Fakultas Teknik Universitas Riau*, Pekanbaru 29 – 30 Juni 2010