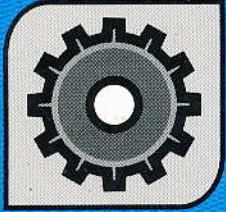


ISSN 1693 - 2900

NO. 140/Akred-LIPI/P2MBI/03/2009

Jurnal



# Enjiniring Pertanian

*Journal of Agricultural Engineering*

Volume VIII Nomor : 2 Oktober 2010

JEP	Vol. VIII	No. 2	Hal. 59 - 112	Serpong Tahun 2010	ISSN 1693-2900
-----	-----------	-------	---------------	-----------------------	-------------------



**DEPARTEMEN PERTANIAN**

*Ministry of Agriculture*

**BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN PERTANIAN**

*Indonesian Agency for Agricultural Research and Development (IAARD)*

**BALAI BESAR PENGEMBANGAN MEKANISASI PERTANIAN**

*Indonesian Center for Agricultural Engineering Research and Development (ICAERD)*

**Serpong-Indonesia**





## DESAIN KENDALI LAJU ALIRAN UDARA DAN SISTEM PENGUMPAN BAHAN-BAKAR BIOMASSA BERBASIS FUZZY PADA PENGERING ERK-HYBRID

(Design of the Air Flow Rate and Feeder System of Biomass Fuel Controller Fuzzy Based for Hybrid Greenhouse Effect Dryer)

Muh. Tahir<sup>1)</sup>, I Dewa Made Subrata<sup>2)</sup> dan Y. Aris Purwanto<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Staf Pengajar di Jurusan Teknologi Pertanian - Fakultas Pertanian Universitas Negeri Gorontalo.

<sup>2)</sup> Staf Pengajar di Program Pascasarjana IPB.

Diterima : 08 Agsuts 2010; Disetujui : 06 Oktober 2010

### ABSTRAK

Pengeringan mencakup proses pindah panas (energi) dan pindah massa dalam operasi yang kontinyu. Kondisi udara pengering yang optimum dapat diperoleh melalui metode pengendalian, dimana salah satu metode pengendalian yang digunakan adalah kendali logika fuzzy (KLF). Tujuan penelitian ini adalah melakukan uji performansi sistem kendali logika fuzzy untuk pengeringan jagung pipilan pada pengering ERK-Hybrid. Kendali logika fuzzy disusun dari empat buah input yaitu error suhu, error RH dan laju errornya masing-masing. Proses fuzzynya menghasilkan dua buah keluaran yang digunakan untuk mengendalikan laju aliran udara dan sistem pengumpan bahan-bakar biomassa pada pengering jagung Efek Rumah Kaca (ERK)-Hybrid. Peralatan yang didisain meliputi tungku biomassa, driver motor AC, driver motor DC pengumpan tongkol dan mikrokontroler untuk sistem pengukuran. Pengujian sistem kendali logika fuzzy pada pengeringan dengan beban menghasilkan suhu rata-rata udara pengering 46,8 °C dengan simpangan 3,6 °C dan RH rata-rata udara pengering 41,8 % dengan simpangan 6,1 % serta waktu 10 menit untuk mencapai nilai masing-masing set point. Pengendalian pada nilai masing-masing set point menghasilkan rata-rata laju aliran udara 1,25 m/detik dan rata-rata putaran motor pengumpan 0,95 RPM. Bahan bakar biomassa merupakan konsumsi energi terbesar yakni 85,2% dari total konsumsi energi dengan laju pengumpanan 12,3 kg/jam. Konsumsi energi surya dan listrik masing-masing sebesar 9,6% dan 5,2%. Konsumsi energi spesifik (KES) sebesar 13,7 MJ/kg dengan nilai efisiensi pengeringan sebesar 2,87%. Kondisi udara pengering yang terbentuk melalui pengendalian logika fuzzy mampu meningkatkan laju penurunan kadar air bahan sebesar 1,30 %bk/jam yang merupakan indikator efektifitas pengeringan.

**Kata kunci:** Kendali logika fuzzy, tungku biomassa, efek rumah kaca-hybrid, pengering, jagung

### ABSTRACT

Drying process involves both heat (energy) and mass transfer in the continue operations simultaneously. The optimum condition of air that obtained in this drying could be gained through controlling method, where one of them is Fuzzy Logic Controller (FLC). The objective of this research was to examine the performance of the control system with FLC in drying activity of corn on hybrid-greenhouse effect dryer. FLC has been arranged on four inputs namely temperature error, RH error and their error change. The process of fuzzy yield two outputs and used to control the air flow rate and feeder system of biomass fuel in the Dryer. Devices such as biomass stove, AC motor driver, DC motor driver feeding for mechanism and microcontroller base measurement system have been designed under this research. The testing of the FLC on Hybrid-Greenhouse Effect dryer with 1526 kg of corn yields average drying air of 46.8 °C with deviation of 3.6 °C to the desired temperature. The average relative humidity of 41.8 % provides deviation of 6.1 % to the desired RH and both parameter needs 10 minute rising time to each desired value (47 °C and 45 %RH). The fuzzy controlling yields air flow rate of 1.25 m/sec and rotation speed of feeder 0.95 RPM. Biomass energy had the greater portion, 85.2% of the total energy consumption and 12.3 kg/hour rate of feeding. Solar and electrical energy consumption had portion of 9.6% and 5.2% respectively. The specific energy consumption (SEC) of this drying was 13.7 MJ/kg with drying efficiency 2.87%. The air drying condition which resulted by fuzzy controlling could increase the drying rate of 1.30 %db/hour as indicator of the drying effectiveness.

**Keywords:** Fuzzy logic controller, biomass stove, hybrid-greenhouse effect, dryer, corn.



## PENDAHULUAN

Jagung merupakan tanaman pangan penting selain padi dan gandum, dengan salah satu varietasnya (jagung kuning) yang berkembang menjadi sumber pakan utama sektor peternakan. Rachman (2002) dalam Mulyantara (2008) menyebutkan bahwa kebutuhan jagung cenderung meningkat dengan laju 0,34% per tahun seiring dengan pesatnya permintaan jagung sebagai bahan baku industri pakan ternak. Peningkatan tersebut secara langsung membutuhkan sarana dan prasarana seperti alat pengering baik dalam jumlah yang memadai maupun dari segi kualitas pengeringan yang memuaskan.

Pengembangan peralatan pengering berlangsung seiring dengan tuntutan tingkat performansi alat yang tinggi dengan berbagai faktor pembatas seperti ketersediaan sumber energi, material, dan teknologi yang dibutuhkan. Jenis alat pengering yang prospektif adalah pengering efek rumah kaca (ERK) yang memadukan kolektor panas surya sebagai pembangkit panas udara dengan ruang pengering untuk mengurangi biaya konstruksi (Kamaruddin, 1993 ; Kamaruddin, 2007 ; Kamaruddin 2007a). Konsep hibrid panas surya lalu diperkenalkan yakni panas surya yang kemudian dibantu dengan tungku biomassa untuk mengatasi kondisi iklim di Indonesia seperti mendung, hujan atau malam (Kamaruddin, 2007 B : Pengoptimalan proses pengeringan melalui parameter suhu dan kelembaban ruangan dengan mengendalikan (kontrol) input panas dan keluaran uap air menjadi masalah yang selanjutnya dikaji.

Stawczyk dan Czapnik (2004) mengembangkan sistem kontrol pada pengeringan tipe semprot (spray drying). Sistem kontrol logika *fuzzy* digunakan sebagai cara praktis untuk mengatasi permasalahan dalam bidang rekayasa khususnya model non linier dan model kompleks tak konsisten (ambiguity). Logika *fuzzy* mampu memberi solusi pada data diskrit (discrepancies) dan semu (polysemy) ketika pengolahan data real. Logika *fuzzy* merupakan suatu metode/alat untuk optimasi parameter operasi pada proses pengeringan.

Mulyantara (2008) menduga bahwa penurunan konsumsi energi spesifik pada sistem pengering ERK-Hybrid masih dapat dilakukan dengan mengendalikan pengumpanan bahan bakar biomassa (tongkol jagung) pada

sistem tungku. Selain itu, efektifitas pengeringan juga dapat ditingkatkan melalui pengendalian kelembaban udara pengeringan. Dengan demikian peningkatan efisiensi dan efektifitas pengeringan dapat dilakukan dengan mengendalikan laju pengumpanan bahan bakar biomassa sesuai dengan tingkat suhu udara pengeringan yang diharapkan, dan mengendalikan laju aliran udara yang menyebabkan kelembaban udara pengering sesuai dengan tingkat RH udara pengeringan yang diharapkan.

Triwahyudi (2009) dalam pengeringan kapulaga sistem rak pada pengering surya tipe efek rumah kaca (erk) – hibrid menunjukkan bahwa pergeseran rak berpengaruh pada tingkat keseragaman kadar air yakni pada posisi 45<sup>o</sup> diperoleh tingkat keseragaman terbaik. Efisiensi total sistem berkisar antara 11,4 – 16,1 % dengan kebutuhan energi spesifik 21,1 – 29,6 MJ/kg.

Widodo (2009) melakukan kajian pola sebaran aliran udara panas pada model pengering efek rumah kaca hibrid menggunakan simulasi computational fluid dynamics (CFD) dan memperoleh suhu ruang pengering tertinggi sebesar 43,5 °C dengan deviasi standar 2,2 °C dan kecepatan udara rata-rata 0,13 m/dt dengan deviasi standar 0,15 m/dt.

Tujuan penelitian ini adalah melakukan uji performansi sistem kendali logika *fuzzy* untuk pengeringan jagung pipilan pada pengering ERK-Hybrid melalui rekayasa unit tungku dan sistem pengumpanan tongkol jagung secara mekanis, dan rekayasa perangkat keras kendali laju aliran udara keluar dan sistem kendali pengumpanan bahan bakar biomassa berbasis *fuzzy*.

## BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan di Lab. EEP & Ergotronika Departemen. Teknik Pertanian IPB dan Desa Cijulang Kecamatan Cikembar Kabupaten Sukabumi sebagai lokasi pengujian.

### Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan adalah jagung kuning pipilan basah varietas bisi 2 yang diperoleh dari daerah Jampang Tengah Kabupaten Sukabumi dan tongkol jagung kering sebagai bahan bakar. Alat yang digunakan meliputi pengering ERK-hybrid yang telah





dimodifikasi, peralatan untuk pengambilan data, akuisisi data dan aplikasi sistem pengendalian berbasis logika fuzzy.

**Metode Penelitian**

Metode rancang bangun (disain) meliputi unit tungku dan sistem pengumpanan biomassa, perangkat keras dan perangkat lunak sistem kendali. Metode eksperimental untuk menguji hasil disain baik secara parsial maupun secara terintegrasi dengan pengering ERK-hybrid dengan beban pengeringan.

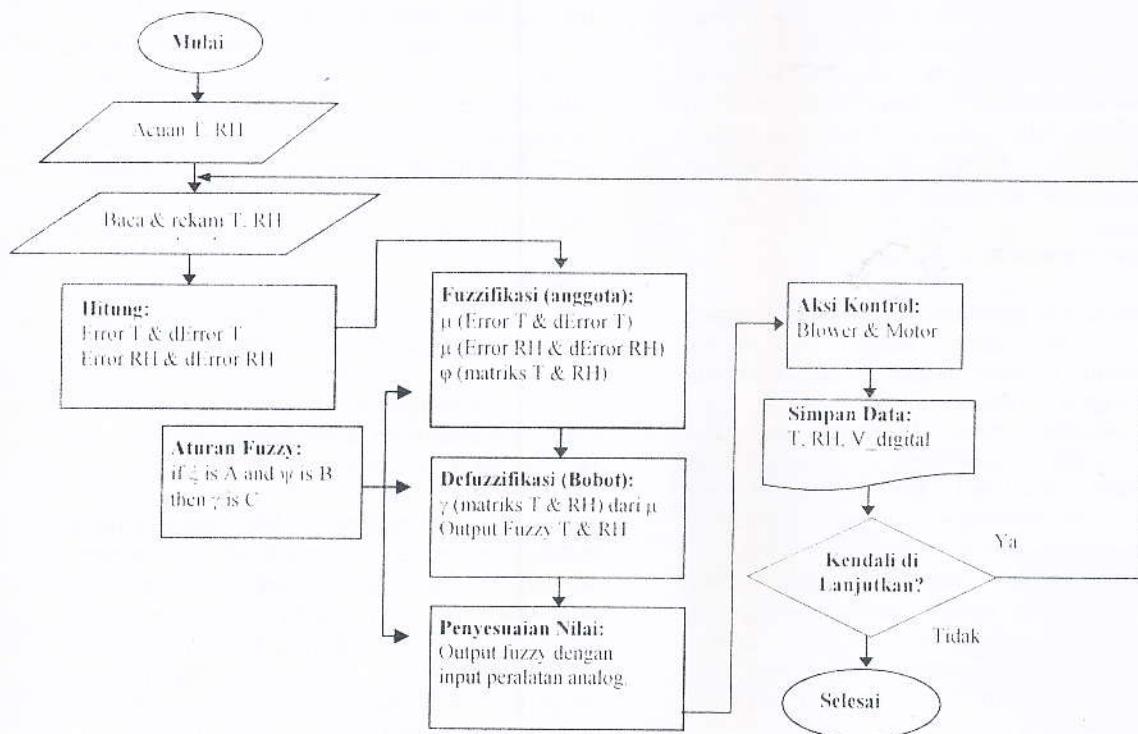
**Metode Pengendalian Logika Fuzzy**

Secara skematik algoritma pengendalian diuraikan pada gambar 1 berikut ini: Proses pengendalian diawali dengan memasukkan nilai acuan suhu dan RH sehingga dengan perekaman suhu dan RH udara aktual per 5 detik, nilai Error dan dError masing-masing dihitung dengan persamaan:

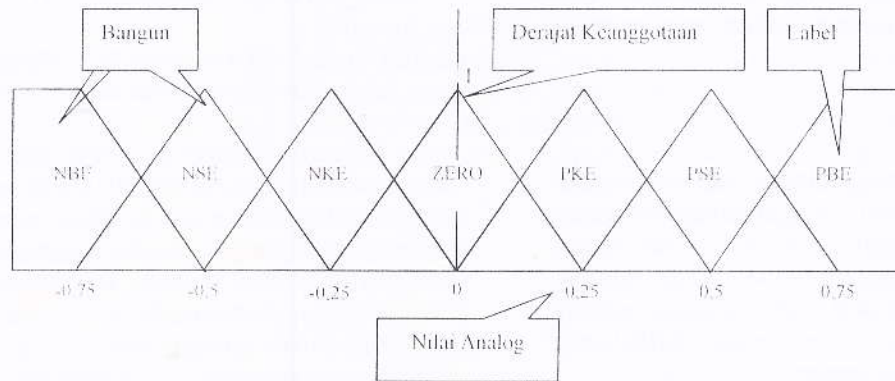
- o  $Error\_Suhu/RH = Data\_Suhu/RH - Set\_point\ Suhu/RH$
- o  $dError\_Suhu/RH = Error\_Suhu/RH(sekarang) - Error\_Suhu/RH(sebelumnya)$ .

Proses Fuzzyfikasi dilakukan dengan memetakan input suhu dan RH pada selang nilai yang dapat terjadi secara ril. Pada rancangan ini *universe of discourse* nilai suhu yang digunakan adalah 20°C–100°C dan nilai RH 15%–90%.

Proses defuzzifikasi (penegasan) dilakukan untuk memperoleh nilai analog dari konsep penerapan aturan if then (*fuzzy rules*) terhadap penentuan derajat keanggotaan dari Error suhu/RH dan dError suhu/RH. Penerapan aturan if then (*fuzzy rules*) tidak terpisah sebagai sebuah tahapan melainkan digunakan baik pada proses penentuan derajat keanggotaan, penegasan maupun penyesuaian nilai keluaran fuzzy pada input peralatan analog. Penegasan dilakukan dengan metode pembobotan *Center of Gravity*.



Gambar 1. Skema pengendalian logika fuzzy



Gambar 2. Karakteristik fuzzy yang digunakan

Proses Fuzzyfikasi dilakukan dengan memetakan input suhu dan RH pada selang nilai yang dapat terjadi secara ril. Pada rancangan ini *universe of discourse* nilai suhu yang digunakan adalah 20°C–100°C dan nilai RH 15%–90%.

Proses defuzzifikasi (penegasan) dilakukan untuk memperoleh nilai analog dari konsep penerapan aturan *if then (fuzzy rules)* terhadap penentuan derajat keanggotaan dari Error suhu/RH dan dError suhu/RH. Penerapan aturan *if then (fuzzy rules)* tidak terpisah sebagai sebuah tahapan melainkan digunakan baik pada proses penentuan derajat keanggotaan, penegasan maupun penyesuaian nilai keluaran fuzzy pada input peralatan analog. Penegasan dilakukan dengan metode pembobotan *Center of Gravity*.

#### Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian mencakup rancang bangun; (1) unit tungku dan sistem pengumpan tongkol jagung secara mekanis, (2) perangkat keras sistem kendali, (3) sistem akuisisi data, (4) pengujian parsial disain, modul, akuisisi data dan mekanisme *driver*-nya, (5) kalibrasi sensor SHT75, (6) penyiapan tongkol jagung sebagai bahan bakar tungku biomassa, (7) penyiapan tongkol jagung sebagai bahan bakar dan jagung pipilan sebagai beban uji pengeringan, dan (8) ujicoba sistem kendali logika fuzzy pada ERK-*hybrid* dan unit tungku biomassa dengan beban pengeringan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Desain Tungku dan Pengumpan Biomassa

Secara umum disain tungku ditunjukkan pada Gambar 3 yang terdiri atas (a) mekanisme kincir yang mengumpan tongkol jagung, (b) Sistem pengumpan yang digerakkan oleh motor DC dengan *gear* dan *sprocket*. Kecepatan putaran motor DC ini yang kemudian dikendalikan dengan logika fuzzy, (c) Tungku dan pengumpan tongkol jagung.

Persamaan dasar pengembangan desain diatas berasal dari konsep laju perpindahan kalor yang bersumber dari bahan bakar tongkol jagung dan terkonversi menjadi kalor atau temperatur melalui pembakaran dalam tungku.

$$\Delta q = (\dot{m} C_p) \Delta T \quad \text{dan} \quad \Delta q = \dot{m} N_k$$

Dimana,

- $\Delta q$  : Laju perpindahan kalor dalam Joule/detik (Welty *et al.*, 2004).
- $\dot{m}$  : Laju massa dalam kg/detik
- $\Delta T$  : Perbedaan suhu dalam Celcius
- $C_p$  : Panas jenis fluida dalam J/kg°C
- $N_k$  : Nilai kalor materi dalam J/kg

Laju perpindahan kalor sebagaimana kedua persamaan tersebut diatur seirama dengan jumlah massa tongkol jagung yang disalurkan ke ruang tungku untuk mengalami proses pembakaran. Penyaluran tongkol jagung selanjutnya didesain mengikuti putaran kincir pengumpan yang akan menentukan banyaknya massa tongkol yang diumpan tiap satuan waktu.





Gambar 3. Mekanisme kincir pengumpan tongkol jagung (a), Motor DC & sistem pengumpan (b), Tungku dan pengumpan biomassa (c)

Kecepatan putar pengumpan menjadi faktor variabel yang bergantung pada tingkat suhu/temperatur ruang pengering melalui konsep *fuzzy*.

Pengujian tungku secara manual menghasilkan suhu air dalam panci yang akan masuk ke penukar panas (outlet pan) sebesar 86 °C (maksimum) dan suhu air keluar dari penukar panas (inlet pan) sebesar 70 °C (maksimum). Kondisi tersebut tercapai dalam waktu 36 - 42 menit sejak awal pemanasan.

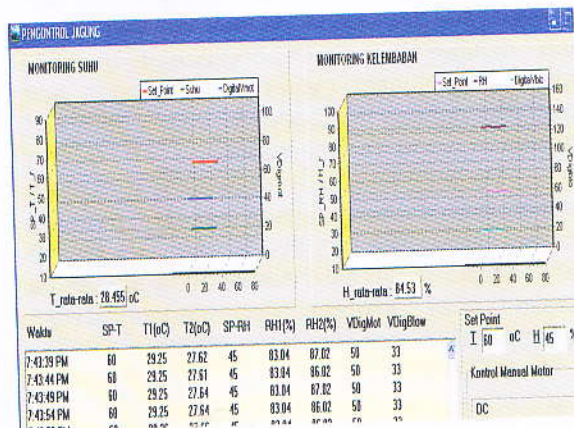
Tabel 1. Suhu Air pada percobaan tungku/panci

Waktu (menit)	Suhu inlet (°C)	Suhu outlet (°C)
0	24	24
6	44	35
12	64	52
18	74	58
24	81	63
30	81	64
36	86	68
42	86	70
48	84	68

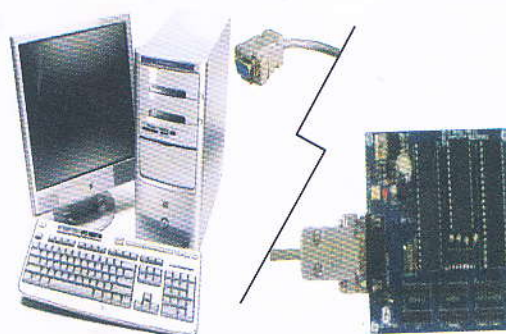
**Disain perangkat keras sistem kendali**

Perangkat keras sistem kendali meliputi modul sensor SHT75, LCD 16x2, keypad 4x4, driver motor DC dan driver motor AC. Modul sensor SHT75 dihubungkan ke DT51 Petrafuz melalui port Control, LCD 16x2 melalui port LCD, keypad melalui port C, driver motor AC

dan driver motor DC masing-masing melalui port A dan port B. Sedangkan sistem akuisisi data melalui jalur serial seperti ditunjukkan gambar 4 berikut ini.

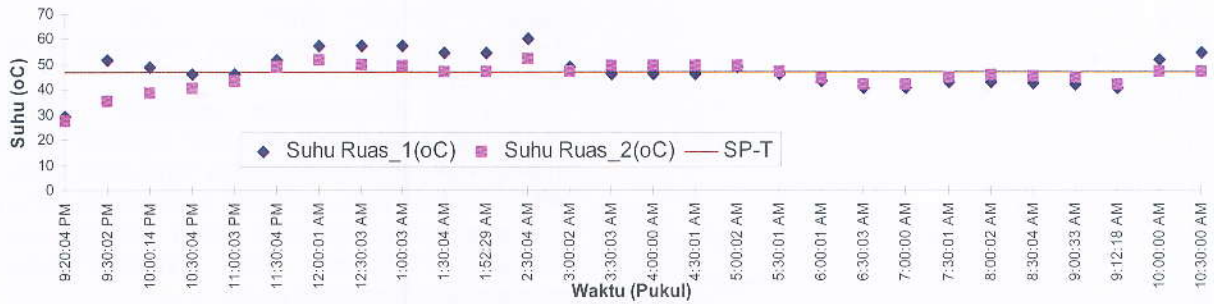


(a)

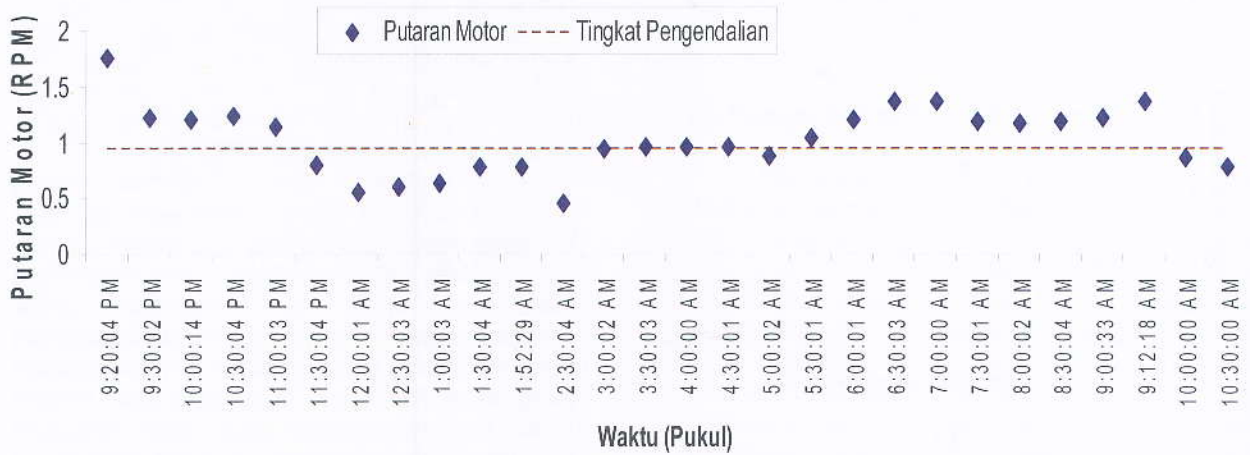


(b)

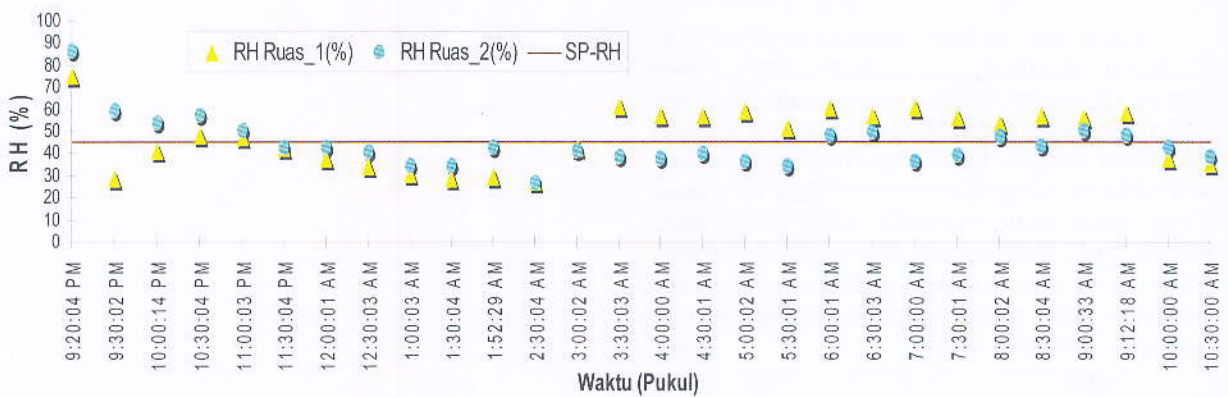
Gambar 4. Sistem akuisisi data (b) dan disain antar muka (a).



Gambar 7. Pola dan sebaran suhu udara pengering dengan beban

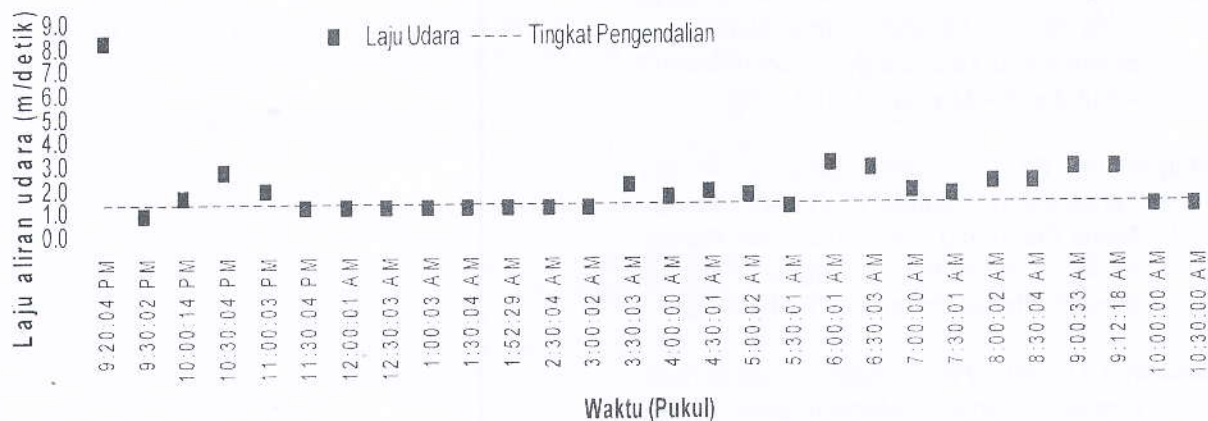


Gambar 8. Pola pengendalian putaran motor pada pengeringan dengan beban



Gambar 9. Pola dan sebaran RH udara pengering dengan beban





Gambar 10. Pola pengendalian laju aliran udara pada pengeringan dengan beban

Konsumsi energi proses pengeringan meliputi energi biomassa menempati persentase tertinggi sebesar 85,2% dengan laju 12,3 kg/jam. Energi surya dan listrik masing-masing 9,6% dan 5,2% dari total konsumsi energi. Konsumsi energi spesifik (KES) mencapai 13,7 MJ/kg yang berarti masih besar (boros) dan efisiensi pengeringan yang rendah 2,87%. Hal ini terjadi karena beban uji pengeringan yang tidak proporsional atau separuh kapasitas dari disain 3000 kg. Dengan demikian energi yang tersedia atau panas yang dibangkitkan pada setiap jengkal ruangan tidak dimanfaatkan oleh bahan untuk proses penguapan air secara optimal. Indikator lain yang menunjukkan adanya peningkatan efektifitas proses pengeringan adalah laju penurunan kadar air bahan yang besar mencapai 1,30 %bk/jam. Laju penurunan kadar air bahan yang diperoleh Mulyantara (2008) pada pengering sejenis adalah 1,18 %bk/jam.

### KESIMPULAN

1. Pengujian sistem kendali logika fuzzy pada pengering ERK-Hybrid untuk parameter suhu dengan set point 47 °C menghasilkan suhu udara pengering rata-rata 46,8 °C dengan simpangan sebesar 3,6 °C. Sedangkan parameter kelembaban dengan set point 45 %RH menghasilkan RH udara pengering rata-rata 41,8 % dengan simpangan 6,1 %. Waktu yang dibutuhkan untuk mencapai

kedua set point dari awal pengendalian adalah sekitar 10 menit. Pengendalian pada nilai set point parameter kelembaban tersebut menghasilkan rata-rata laju aliran udara sebesar 1,25 m/detik. Sedangkan pengendalian pada nilai set point suhu menghasilkan rata-rata putaran motor pengumpan sebesar 0,95 RPM.

2. Kondisi udara pengering dengan suhu rata-rata 46,8 °C dan kelembaban rata-rata 41,8 %RH menghasilkan laju penurunan kadar air bahan sebesar 1,30 %bk/jam sebagai indikator efektifitas pengeringan. Nilai efisiensi sistem pengeringan pada pengujian ini sebesar 2,87% dan konsumsi energi spesifik (KES) sebesar 13,7 MJ/kg.

### DAFTAR PUSTAKA

- Hendarto, D. 2008. *Sistem Kendali pada In Store Dryer (ISD) untuk Komoditas Jagung*. Thesis. Program PS. IPB Bogor.
- Kamaruddin, A. 1993. *System Optimization in Solar Drying*, Paper No.30-1. Proceedings of the 5th International Energy Conference, Energex'93. Seoul, Korea. Vol.III.pp.86-102.
- Kamaruddin, A. 2007. *Teknologi Berbasis Sumber Energi Terbarukan untuk Pertanian*. IPB Press. Bogor.



- Kamaruddin, A. 2007. *Dissemination of GHE Solar Dryer in Indonesia*. Journal of Isesco Science and Technology Vision Volume 3 – Number 3 – May 2007 (102 – 105).
- Mulyantara, FX. T. 2008. *Simulasi Proses Pengeringan Jagung Pipilan dengan Mesin Pengering Surya Tipe Efek Rumah Kaca (Erk)-Hybrid Dengan Wadah Silinder*. Thesis. Program PS. IPB Bogor.
- Nelwan, L.O. 1997. *Pengeringan Kakao dengan Energi Surya Menggunakan Rak Pengering dengan Kolektor Tipe Efek Rumah Kaca*, Thesis, Program PS. IPB Bogor.
- Stawczyk J. And M Czapnik . 2004. *A Proposed Spray Drying Control System*. Proceedings of the 14th International Drying Symposium (IDS 2004). Sao Paulo, Brazil.  
<http://www.feq.unicamp.br/~ids2004/volB/>
- Triwahyudi, S. 2009. *Pengaruh Rak Berputar Pada Kinerja Pengering Surya Tipe Efek Rumah Kaca (ERK) – Hibrid*. Thesis. Program PS. IPB Bogor.
- Widodo, P. 2009. *Kajian Pola Sebaran Aliran Udara Panas pada Model Pengering Efek Rumah Kaca Hibrid*. Thesis. Program PS. IPB Bogor.
- Welty J.R., C.E Wicks., R.E, Wilson. and G Rorrer., 2004. *Dasar-dasar Fenomena Transport . Edisi keempat Terjemahan*. Penerbit Erlangga. Jakarta.