

## PENGONTROLAN SUHU PENGERINGAN GAMBIR DENGAN LOGIKA FUZZY <sup>1)</sup>

Oleh: Novizar, Andasuryani <sup>2)</sup>

### Abstrak

Logika fuzzy telah dikembangkan sebagai salah satu alternatif dalam sistem kontrol. Tulisan ini menjelaskan tentang aplikasi dari *Fuzzy Logic Control* untuk mengontrol suhu pengeringan gambir. Untuk sistem kontrol ini, aktuator yang digunakan adalah kipas. Sistem kendali suhu yang dibangun dengan menerapkan kontrol logika fuzzy untuk proses pengeringan gambir dengan bahan bakar biomassa telah dapat mengendalikan suhu ruang pengering.

Kata kunci : fuzzy logic control, aktuator

## TEMPERATURE CONTROLLING TO DRYING OF GAMBIR WITH FUZZY LOGIC

By: Novizar, Andasuryani <sup>2)</sup>

### Abstract

*Fuzzy logic was developed as an alternative in system control. This paper presents the application of Fuzzy Logic Control to temperature controlling to drying of gambir. For this system, actuator was a blower. Temperature controlling system was design with application of fuzzy logic to process drying of gambir that used biomass as fuel has control temperature of drying.*

*Keywords: fuzzy logic control, actuator*

### PENDAHULUAN

Suhu merupakan salah satu besaran fisik yang mempunyai peranan penting dalam berbagai proses, termasuk proses pengeringan produk-produk pertanian. Pengeringan dapat terjadi karena adanya aliran udara dan energi panas. Aliran udara harus diberikan dalam jumlah yang tepat karena kekurangan aliran udara akan menimbulkan kondensasi pada lapisan produk, dan sebaliknya kelebihan aliran udara akan menyebabkan terjadinya *case hardening*. Untuk mendapatkan suhu udara yang diinginkan dalam proses pengeringan maka perlu dilakukan pengontrolan suhu.

Pengontrolan dengan menggunakan personal komputer semakin berkembang dalam beberapa tahun terakhir dan sangat bermanfaat dalam menyelesaikan masalah kontrol secara memuaskan. Astrid (2005) menyatakan bahwa diantara sistem kontrol cerdas yang berkembang pesat, sistem kontrol fuzzy termasuk dalam sistem kontrol cerdas yang semakin populer. Salah satu kelebihanannya adalah memiliki kemampuan untuk mengakomodasi informasi linguistik dan numerik dari suatu sistem. Kemampuan ini dapat digunakan untuk mengatasi masalah nonlinieritas yang sulit diatasi oleh pengontrol linier biasa, yaitu dengan mendeskripsikannya

---

1) Dibiayai oleh Direktorat Pembinaan Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Nomor Kontrak: 018/SPPP/PP/DP3M/IV/2005

2) Jurusan Teknologi Pertanian Fakultas Pertanian Univ. Andalas

dalam sejumlah aturan linguistik atau pengetahuan tentang struktur masukan-keluaran. Rohmanuddin (1997) juga menyatakan bahwa metode pengontrolan dengan logika *fuzzy* mempunyai kelebihan dibandingkan dengan jenis pengontrolan lainnya, diantaranya adalah tidak diperlukannya model matematik yang eksplisit dari sistem yang dikontrol dan algoritma pengontrolannya sangat sederhana.

Pengeringan merupakan salah satu proses dalam produksi gambir. Proses pengeringan yang baik akan dapat meningkatkan kualitas gambir yang dihasilkan. Nazir (2000) menyatakan bahwa suhu pengeringan gambir tidak boleh lebih dari 50 °C, karena semakin tinggi suhu akan menyebabkan *catechin* yang dikandung gambir menjadi rusak dan warna gambir menjadi tidak bagus. Selain itu, suhu pengeringan yang tinggi menyebabkan gambir menjadi kering pada bagian luar saja (*hangus*) sedangkan bagian dalamnya masih basah.

Bagaimanapun juga, pengeringan yang dilakukan petani di Sumatera Barat adalah pengeringan dibawah sinar matahari di udara terbuka atau diatas tungku perebusan gambir. Pengeringan dengan cara seperti ini mempunyai kelemahan, yaitu (1) Asap dari perebusan akan menyebabkan adanya bahan *karsinogenik* yang disebabkan oleh reaksi asap dengan gambir dan warna gambir yang dihasilkan bisa menjadi coklat, (2) Suhu pengeringan sangat dipengaruhi oleh perubahan cuaca karena pengeringan dilakukan di udara terbuka, (3) Gambir yang masih basah akan ditumbuhi jamur bila pengeringan tidak sempurna diwaktu musim hujan.

Teori *fuzzy* merupakan suatu teori yang dicetuskan pertama kali oleh L.A. Zadeh pada tahun 1960-an sebagai salah satu alternatif untuk menyempurkan perananan matematika konvensional dalam memformulasikan masalah-masalah yang bersifat samar (*vague*) atau tidak pasti (Pertiwi dan Astika, 1993). Kusumadewi (2002) menambahkan bahwa pada tahun 1965, Zadeh memodifikasi teori himpunan dimana setiap anggotanya memiliki derajat keanggotaan yang bernilai kontinu antara 0 dan 1. Himpunan ini disebut dengan Himpunan Kabur (*Fuzzy Set*)

Sistem *fuzzy* merupakan penduga numerik yang terstruktur dan dinamik. Sistem ini menduga suatu fungsi dengan logika *fuzzy*. Logika *fuzzy* merupakan bagian dari logika *Boolean*, yang digunakan untuk menangani konsep derajat kebenaran, yaitu nilai kebenaran antara benar dan salah. Logika *fuzzy* sering menggunakan informasi linguistik dan verbal. Dalam logika *fuzzy* terdapat banyak proses, yaitu penentuan gugus *fuzzy*, penerapan aturan *if-then*, serta proses inferensi *fuzzy* (Marimin, 2002).



Performansi dari sistem kontrol *fuzzy* tergantung pada parameter-parameter kontrol, fungsi keanggotaan, aturan-aturan kontrol, faktor skala dan faktor-faktor lain yang terlibat dalam sistem. Untuk meningkatkan performansi dari sistem diperlukan parameter-parameter yang optimum. Pengontrolan *fuzzy* konvensional, faktor skala dari input dan output fungsi keanggotaan diperlakukan sebagai nilai konstan yang diperoleh dari percobaan. Selain itu, kontrol *fuzzy* dibangun oleh aturan kontrol linguistik, yang terdiri dari *variable-variabel fuzzy* dan *fuzzy set* (Yuasa, Shioya, Kimura, 1993). Cerruto, Consoli, Raciti dan Testa (1992) menyatakan bahwa struktur dasar dari sistem kontrol *fuzzy* adalah evaluasi *error* dan beda *error*, *fuzzifikasi*, evaluasi aturan-aturan kontrol dan *defuzzifikasi*.

*Interface* mempunyai fungsi yang identik sebagai penterjemah antara dua sistem atau perangkat yang berkomunikasi dengan cara atau bahasa yang berbeda. *Interface* ini terdiri dari *Analog to Digital Converter (ADC)* yang berfungsi merubah besaran analog yang dihasilkan oleh unit sensor menjadi besaran digital yang dapat dibaca oleh komputer dan *Digital to Analog Converter (DAC)* yang berfungsi untuk mengkonversi data digital dari *mikrokomputer* menjadi data analog. Data kontrol dari DAC ini selanjutnya diterima oleh *aktuator* sebagai penggerak peralatan luar yang dihubungkan ke sistem komputer (Sarwono dan Subrata, 1991).

*Interface* dibuat dalam rangkaian yang berbentuk *card* yang dipasang pada salah satu *slot* di CPU komputer yang telah tersedia dan belum digunakan. Karena terdapat beberapa *slot*, maka digunakan *port I/O (Input / Output)* dengan memanfaatkan alamat yang kosong pada komputer, untuk membedakan pengalamatan antara *slot* yang satu dengan *slot* lainnya ((Sarwono dan Subrata, 1991).

Srivastava (1987) menyatakan bahwa termometer tahanan mempunyai kepekaan yang besar sehingga memungkinkan penggunaannya untuk mengukur fraksi derajat yang lebih kecil. Dasar dari pengukuran semacam ini adalah bahwa tahanan listrik dari berbagai bahan berubah menurut temperatur. Ada dua kelas utama bahan tersebut yaitu logam dan semikonduktor.

Sensor adalah suatu elemen yang menghasilkan signal yang berhubungan dengan besaran yang diukur. Thermistor merupakan semikonduktor yang dibuat dari campuran logam. Tahanan dalam thermistor akan menurun dengan meningkatnya temperatur (Bolton, 1995). Salah satu jenis thermistor adalah sensor NTC. Sensor NTC mempunyai range pengukuran antara  $-50^{\circ}\text{C}$  –  $110^{\circ}\text{C}$ , nilai sensitivitas  $0,05 \text{ V}^{\circ}\text{C}$ , dan mempunyai karakteristik akan mengalami penurunan resistansi pada saat suhu naik dan sebaliknya.

Nazir (1999) menyatakan bahwa dengan berkembangnya jenis-jenis industri yang memerlukan bahan baku ataupun bahan penolong dari gambir dalam teknologi industri, maka perlu diupayakan perbaikan dalam budidaya, teknik pengolahan, mutu dan strategi pemasaran. Disamping itu masih terbuka luas kesempatan penelitian mengenai diversifikasi pemanfaatan gambir. Hal ini sangat penting dilakukan sehingga komoditi gambir memiliki keunggulan komparatif dan kompetitif dalam perdagangan internasional.

Produk gambir yang diekspor merupakan bahan padat hasil dari ekstraksi fisik mekanik melalui proses *steaming*. Ekstraktan berupa cairan, diendapkan dan pasta yang dihasilkan dicetak dan selanjutnya dikeringkan. Biasanya mutu gambir pada tingkat petani dan pedagang perantara ditentukan secara visual dengan memperhatikan warna, bentuk cetakan dan berat gambir. Disamping itu juga dapat ditentukan dengan melakukan pencairan, penumbukan atau pemecahan gambir yang didasarkan kepada keahlian/pengalaman pemeriksa. Ada beberapa upaya yang bisa dilakukan untuk memperbaiki mutu dan rendemen gambir, diantaranya adalah dengan mengendalikan faktor-faktor yang mempengaruhinya seperti perlakuan pasca panen/ bahan baku, teknologi proses, pengudangan dan transportasi (Nazir, 2000).

Hasil pertanian baik secara alam ataupun yang telah diproses mengandung air yang diserap. Air yang diserap menimbulkan suatu tekanan uap air yang bervariasi dengan kadar air suatu bahan dan dari suatu bahan ke bahan yang lain. Rasio tekanan uap air dengan tekanan uap air jenuh dari air air murni pada suatu bahan disebut kelembaban nisbi keseimbangan (Syarif, 1989).

Suhu pengeringan yang baik untuk bahan hasil pertanian dengan menggunakan aliran udara pengering adalah antara 45 °C - 75 °C. Pengeringan dibawah suhu 45 °C akan menyebabkan produk yang dikeringkan masih mengandung mikroba atau jamur sehingga daya awet dan mutu produk akan rendah. Sementara itu, pengeringan diatas suhu 75 °C akan menyebabkan struktur kimiawi dan fisik produk rusak akibat perpindahan panas dan massa air yang cepat yang berdampak pada perubahan struktur sel dan zat aromatiknnya (Arkema, 1992 dalam Setiyo, 2005).

Suhu udara pengering yang terkontrol menjamin proses pengeringan dilakukan secara benar dan efisiensi penggunaan energi, sehingga kualitas bahan kering terjamin. Suhu yang terkontrol pada kisaran tertentu berpengaruh kepada laju perpindahan panas dari udara



pengering ke bahan yang dikeringkan dan laju penguapan air dari bahan ke udara pengering (Seliyo, 2005).

Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem pengontrolan suhu dengan menerapkan kontrol logika *fuzzy* untuk ruang pengering gambir. Manfaat penelitian ini adalah untuk pengembangan teknologi kontrol / otomatisasi pada bidang pertanian khususnya untuk proses pengeringan produk pertanian. Dengan penelitian ini juga dapat dipecahkan masalah pembangunan ekonomi dalam hal ini meningkatnya kualitas gambir yang selanjutnya dapat memenuhi kualifikasi yang diinginkan oleh pasar luar negeri. Dengan demikian, diharapkan akan terjadi peningkatan volume ekspor gambir dan bisa menembus langsung pasar internasional tanpa melalui pasar perantara.

## **METODE PENELITIAN**

### **Bahan dan Alat**

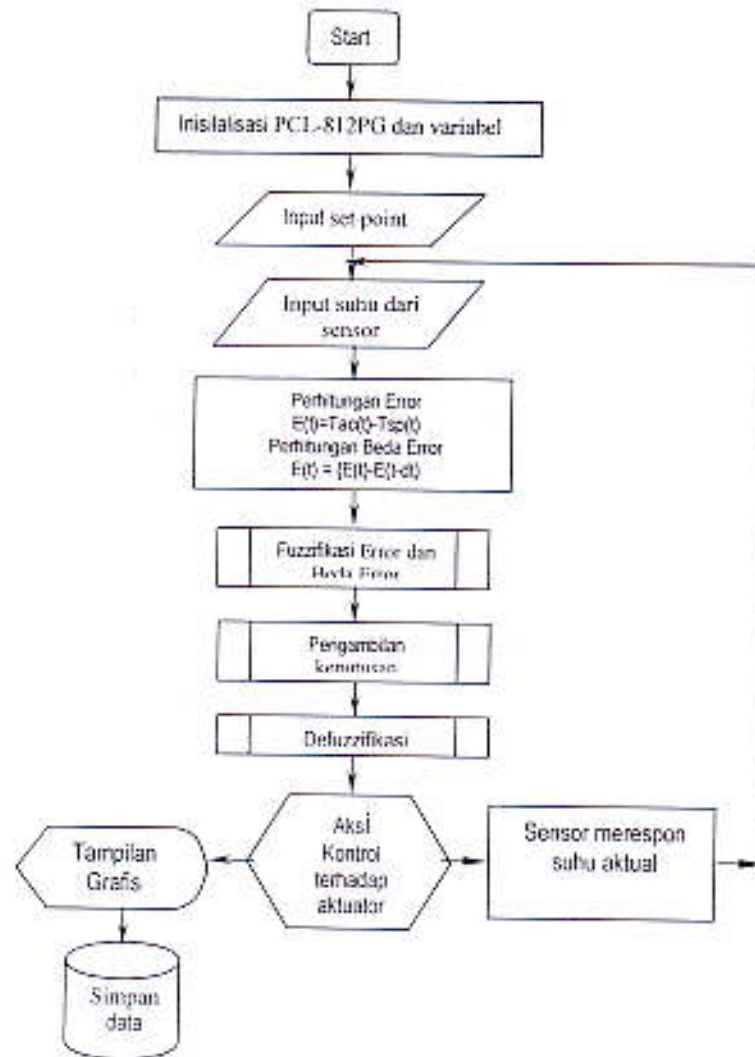
Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari (1) bahan untuk pembuatan alat pengering, (2) bahan untuk pembuatan rangkaian kontrol suhu dan aktuator dan (3) bahan pengujian (gambir) dan arang batok kelapa. Bahan untuk pembuatan alat pengering terdiri dari plat besi, plat aluminium, kawat alas, besi siku, *stryfoam*, plat seng, triplek, besi strip, plat strip dan roda. Bahan untuk pembuatan rangkaian kontrol terdiri dari sensor suhu, diode, kapasitor, tahanan, transistor, fotodiode, dan trafo.

Alat-alat yang digunakan adalah (1) alat-alat bengkel, seperti mesin pemotong plat, gerinda, dan lain-lain, (2) solder, (3) multimeter, (4) termometer digital, (5) PCL 812-PG dll.

### **Rancangan Penelitian**

Rancangan penelitian terdiri dari (1) Pembuatan alat pengering dengan sumber panas biomassa, (2) Pembuatan program pengontrolan suhu (3) Pembuatan sistem kontrol, (4) Melakukan evaluasi teknis.

Alat pengering yang telah dibuat berukuran 50 cm x 50 cm x 140 cm ( p x l x t ) dengan tipe *batch*. Sumber panas yang digunakan adalah dari arang batok kelapa. Udara panas yang ada pada ruang penghantar panas akan dialirkan ke ruang pengering melalui *plenum* dengan menggunakan *blower* / kipas. Program dibuat dengan menggunakan software *Borland Delphi* dengan menggunakan diagram alir berikut.



Gambar 1. Diagram alir program pengontrolan suhu dengan aplikasi logika fuzzy.

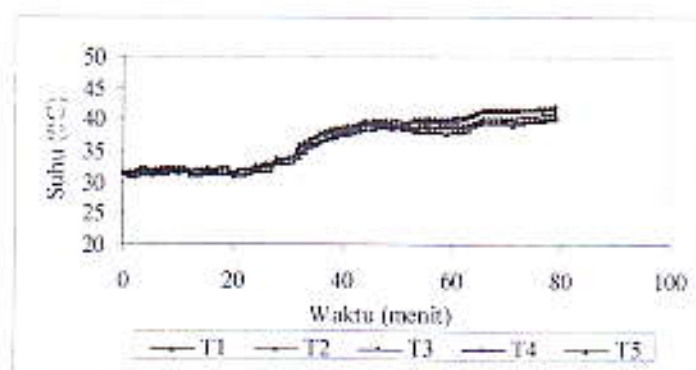
Rangkaian sistem kontrol terdiri dari rangkaian untuk sensor suhu dan aktuator. Sensor suhu bekerja berdasarkan rangkaian pembagi tegangan. Sensor yang digunakan adalah sensor jenis NTC (*Negative Temperature Coefficient*). Aktuator yang digunakan pada penelitian adalah kipas / blower. Besarnya kecepatan putaran kipas tergantung dari tegangan keluaran analog komputer. Kipas akan mempercepat atau memperlambat pularannya sesuai dengan perintah yang dikeluarkan oleh komputer.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian penyebaran suhu didalam ruang pengering dapat dilihat pada Gambar 2. Terlihat pada gambar bahwa suhu telah tersebar merata. Penyebaran suhu yang merata pada

ruang pengering menunjukkan bahwa sirkulasi udara sudah baik, hal ini disebabkan oleh adanya kipas yang dipasang didalam ruang pengering. Hasil pengolahan data penyebaran suhu memperlihatkan bahwa standar deviasinya adalah 0.6 dengan koefisien keragaman 1.5%. Karena suhu telah tersebar merata didalam ruang pengering, maka sistem kontrol yang telah dibuat dapat diuji kemampuannya untuk mengontrol suhu.

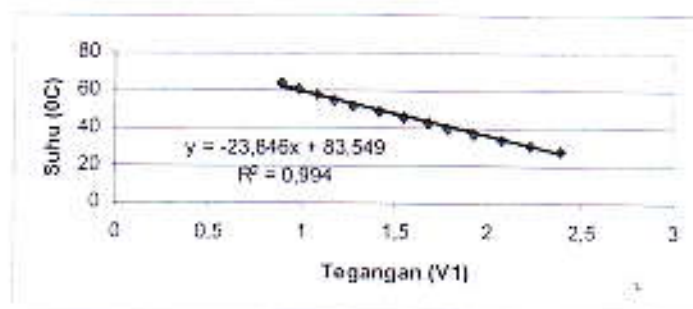
Udara merupakan konduktor panas yang jelek sehingga laju perpindahan panasnya rendah, oleh karena itu diperlukan kipas guna menggerakkan satuan massa udara yang cukup untuk melepaskan panas. Sirkulasi udara yang terjadi di dalam ruang pengering merupakan proses konveksi paksa, sehingga udara panas yang dihasilkan oleh bahan bakar disebarkan kedalam ruang pengering.



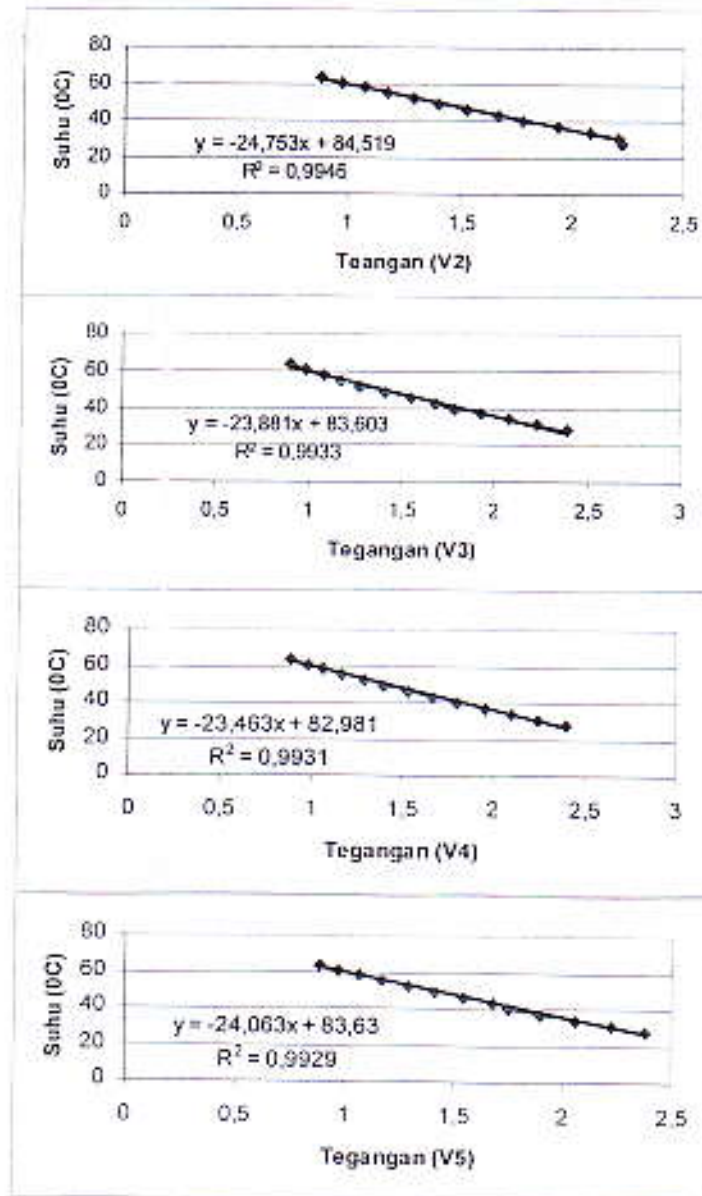
Gambar 2. Penyebaran suhu dalam ruang pengering.

### Pengujian Sistem Kontrol

Pengujian sistem kontrol meliputi kalibrasi sensor dan penentuan bit kerja aktuator. Berdasarkan hasil kalibrasi dari ke-5 sensor yang digunakan (pada Gambar 3) maka diperoleh hubungan linear antara nilai tegangan keluaran rangkaian sensor yang terbaca oleh multimeter dan nilai suhu yang terbaca oleh termometer digital.







Gambar 3. Grafik kalibrasi sensor.

Nilai koefisien determinasi dari masing-masing hubungan tersebut memperlihatkan bahwa hubungan kedua variabel tersebut adalah linear. Kelinearan ini akan menentukan kestabilan pembacaan sensor. Ketidakstabilan pengukuran sensor akan mempengaruhi besarnya tegangan yang dikeluarkan sehingga akan mempengaruhi proses pengendalian

Harsawardana (2002) menyatakan bahwa hubungan matematis antara besaran fisik dan besaran elektris ( tegangan/ arus) harus dicari untuk membangun perangkat lunak akuisisi data.



Pada umumnya spesifikasi data hanya memberikan informasi kualitatif, misalnya linearitas pada jangka tertentu.

Sinyal masukan ke komputer merupakan nilai tegangan keluaran dari rangkaian sensor suhu yang diaktifkan dengan tegangan 5 Volt DC. Nilai tegangan masukan sangat dipengaruhi oleh nilai tegangan keluaran catu daya. Tingkat ketelitian pengukuran sensor suhu akan dipengaruhi oleh nilai tegangan masukan dan sensitifitas NTC.

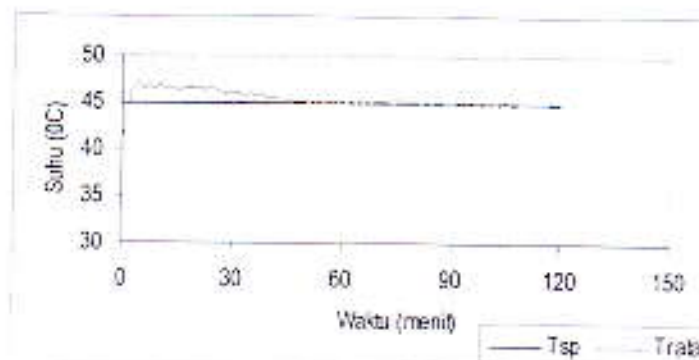
Untuk memperoleh kerja aktuator yang optimal maka ditentukan nilai bit keluaran yang berkisar antara 0 sampai 4096, yaitu batas bit minimum dan bit maksimum aktuator untuk bekerja. Hasil pengujian bit kerja aktuator dapat dilihat pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Bit kerja aktuator

No	Kriteria	Bit	Tegangan (volt)
1	Batas maksimum	4096	5
2	Batas minimum	3800	4.64

#### Uji Kemampuan Sistem Kontrol

Uji kemampuan sistem dilakukan dengan melihat distribusi suhu dalam ruang pengering yang dibandingkan dengan suhu *setpoint*. Gambar 4 memperlihatkan suhu ruang pengering dengan suhu *setpoint* selama 120 menit. Suhu *setpoint* yang digunakan adalah 45°C, hal ini sesuai dengan yang dinyatakan oleh Nazir (2000) bahwa suhu pengeringan gambir tidak boleh lebih dari 50 °C, karena semakin tinggi suhu akan menyebabkan *cathecin* yang dikandung gambir menjadi rusak dan warna gambir menjadi tidak bagus.



Gambar 4. Distribusi suhu ruang pengering dengan suhu *Setpoint* 45 °C

Suhu ruang pengering stabil disekitar *setpoint* dengan suhu rata-rata 45.5 °C, rata-rata *error* yang terjadi setelah *setpoint* dicapai adalah 0.5 dan *setpoint* dicapai pada menit ke- 51. Akan

tetapi, pada awal pengontrolan suhu terjadi *overshoot* sebesar 2 °C. Terjadinya *overshoot* disebabkan karena kipas yang digunakan masih belum kuat untuk menarik udara luar sedangkan suhu udara pada ruang plenum sudah tinggi. Selain itu, konstruksi dari alat pengering dengan bahan bakar biomassa (arang batok kelapa) juga mempengaruhi terjadinya *overshoot*. Karena konstruksi dari ruang pembakaran, ruang penghantar panas dan plenum yang dibuat dari plat besi maka konstruksi ini sangat bagus dalam hal penghantaran panas. Walaupun terjadinya *overshoot* pada awal pengontrolan, akan tetapi dengan logika *fuzzy* suhu yang tinggi dari *setpoint* akan terus diperkecil sampai mendekati *setpoint*.

Kuo (1997) menyatakan bahwa *overshoot* maksimum sering digunakan untuk mengukur kestabilan relatif dari suatu sistem kendali dan sistem dengan *overshoot* besar biasanya tidak diinginkan. Romanuddin (1997) menyatakan bahwa kinerja sistem dalam pengontrol logika *fuzzy* berbasis aturan dapat dispesifikasikan melalui respon transien, yang secara linguistik bisa diekspresikan sebagai "waktu naik yang cepat", "lewatan atau *overshoot* yang minimal" dan "error keadaan mantap yang hampir nol."

Pada gambar juga terlihat grafik suhu yang tidak halus (*smooth*). Hal ini bisa terjadi karena pengaruh derau (*noise*) pada pembacaan masukan analog oleh ADC. Terjadinya derau ini bisa disebabkan oleh sensor yang terlalu peka, sumber tegangan sensor yang tidak stabil baik dari sumber tegangan pusat atau tegangan catu daya, *ground* komputer yang kurang baik, pengaruh gelombang elektromagnetik dari komputer yang digunakan, dan kinerja dari kipas. Yuasa, Shioya, Kimura (1993) menjelaskan bahwa performansi dari sistem kontrol *fuzzy* tergantung pada parameter-parameter kontrol, fungsi keanggotaan, aturan-aturan kontrol, faktor skala dan faktor-faktor lain yang terlibat dalam sistem.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Sistem kendali suhu yang dibangun dengan menerapkan kontrol logika *fuzzy* untuk proses pengeringan gambir dengan bahan bakar biomassa telah dapat mengendalikan suhu ruang pengering.

### Saran

Perlu penelitian lebih lanjut untuk meningkatkan kemampuan sistem kontrol, diantaranya pembuatan aturan-aturan pengontrolan yang lebih baik dan memihimumkan faktor-faktor lain yang terlibat dalam sistem.



## UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Pembinaan Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi atas segala fasilitas dan pendanaan yang telah diberikan.

## Daftar Pustaka

- Astrid, Patricia. 2005. Pengontrol Fuzzy Adaptif Langsung Dan Tidak Langsung dengan dan tanpa Supervisor : Aplikasinya Pada Pengontrolan pH. jbtbitbf-gdl-s1-2005-patriciaas-427. Departemen Teknik Fisika ITB-GDL4-0. Bandung. Tgl download 22 September 2005.
- Bolton, W. 1995. Mechatronics : Electronic Control System In Mechanical Engineering. Longman.
- Cerruto, E., Consoli, A., Raciti, A., Testa, A. 1992. Adaptive Fuzzy Control of High Performance Motion System. IEEE. Dipartimento Elettrico Elettronico e Sistemistico. Universita di Catania viale Andrea Doria, 6 95125—Catania, Italy.
- Harsawardana. 2002. Problematika Perancangan Sistem Instrumentasi dan Pengukuran. Makalah seminar nasional PERTETA ' Sistem Produksi Pertanian yang Efisien dalam Perspektif Keteknikan Pertanian Memasuki AFTA 2002' Malang 3-4 Mei 2002. Unibraw-Perteta.
- Kusumadewi, Sri. 2002. Analisis Desain Sistem Fuzzy Menggunakan Tool Box Matlab.. Graha Ilmu, Yogyakarta
- Marimin. 2002. Teori Dan Aplikasi Sistem Pakar dalam Teknologi Manajerial. IPB Press, Bogor.
- Nazir, Novizar dan Aisman. 2000. Kajian Sosio-Tekno-Ekonomi Komoditi Gambir Sumatera Barat. Laporan Penelitian Dana Rutin Lembaga Penelitian Unand. Padang.
- Nazir, Novizar. 1999. Gambir: Komoditi Unggulan Sumatera Barat (dengan berbagai persoalannya) Berita Hutanku. No.4 Tahun-II. Mei 1999.
- Pertiwi, S. dan Astika, I. Wayan. 1993. Fuzzy Linear Programming untuk Penentuan Luas Garap Maksimal Suatu Sistem Operasi Pertanian. Jurnal Teknik Pertanian, Vol.3, NO.1. Jurusan Mekanisasi Pertanian – FATETA, IPB, Bogor.
- Rohmanuddin, Mohammad. 1997. Fuzzy Control System. Laboratoria Instrumentasi dan Kontrol. Jurusan Teknik Fisika ITB. Bandung.
- Sarwono, Susilo dan Subrata, Dewa Made. 1991. Kontrol Otomatik. JICA-DGHE/IPB PROJECT/ADAET: JTA-9A(132).
- Setiyo, Yohanes, 2005. Aplikasi Sistem Kontrol Suhu pada Pengeringan Buah Salak, E-mail : yohanes\_setiyo@yahoo.com.
- Srivastava, AC. 1987. Teknik Instrumentasi. Penerbit Universitas Indonesia
- Syarief, Atjeng, M. 1989. Teknik Pengolahan Hasil Pertanian. Bogor.
- Yuasa, N., Shioya, M., Kimura. 1993. Follow-Up Characteristics of A Small Automatic Guided Vehicle System with Fuzzy Control. IEEE Technical Activities Board. Dept. of Electrical Engineering Faculty of Technology Tokyo Metropolitan University. 1-1, Minamichsawa, hachioji-shi, Tokyo. 192-03, Japan.