

IMPLEMENTASI PENURUN KADAR AIR DALAM MADU DENGAN METODA PENANGAS AIR DAN PENGADUKAN MENGUNAKAN KONTROL LOGIKA FUZZY

Totok Winarno¹, Vinan Viyus²

Abstrak

Dalam mengimplementasikan alat penurun kadar air madu diperlukan sistem kontrol sebagai pengendali suhu penangas dan motor pengaduk. Untuk itu digunakan kontrol fuzzy dan kontrol dua posisi (PWM) untuk mengoptimasikan sistem, sehingga kestabilan suhu penangas dan putaran motor pengaduk dapat dibuat sesuai syarat rujukan standart SNI. Madu dalam kondisi baik jika pemanasan dilakukan pada suhu 40°C - 50°C (SNI 01-3545-2004). Untuk membuktikan hal tersebut, dilakukan uji coba dengan alat penurun kadar air madu yang suhunya diatur konstan 40°C, sebagai pembandingan (kalibrasi) adalah metoda refraktometer dan metoda Gravimetri.

Pembuatan alat dengan merealisasikan hardware dan software kontroller logika fuzzy yang ditanam dalam sistem embeded pada flash PEROM mikrokontroler Atmega16. The device is made by realizing hardware and software of fuzzy logic control which is planted in embedded system of flash PEROM Atmega 16 microcontroller.

Pada implementasi model plant penurun kadar air menunjukkan bahwa pengontrol berdasarkan logika fuzzy dapat mengendalikan heater sehingga temperatur madu konstan di sekitar 40°C. Sedangkan kontrol berdasarkan metode PWM dapat mengendalikan kecepatan putaran motor hingga 100 Rpm. Hasilnya dengan metoda Fuzzy dapat menurunkan kadar air sebesar 1,8 sampai dengan 2,8% dari kondisi awalnya pada kapasitas 3 liter madu dicapai setelah 5 jam penangasan

¹ *Totok Winarno. Dosen Program Studi Teknik Elektronika, Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Malang*

² *Vinan Viyus. Dosen Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Malang*

tanpa menggunakan vacuum. Untuk menurunkan kadar air 3-5,6% dengan kapasitas 3 liter madu dapat dicapai setelah 5 jam penangasan menggunakan vacuum. Rata-rata penyusutan volume madu tanpa menggunakan vacuum adalah 0,025 liter dan jika menggunakan vacuum adalah 0,03 liter.

Kata-kata kunci: logika fuzzy, kontrol suhu, penurun kadar air madu.

Abstract

In implementing a device to reduce water content in honey, a control system to manage the vaporizer temperature and mixing motor is required. Fuzzy control and two position control are used to optimize the system. As a result, the stability of vaporizer temperature and the rolling of motor mixing can be made according to the required standard by SNI. Honey is in good condition if heating is conducted in temperature 40°C - 50°C (SNI 01-3545-2004). A test using a device to reduce the water content is conducted. The temperature is set 40°C. Refractometer and gravimetry methode are used as a comparison (calibration). In the implementation of water content reducer model plant it showed fuzzy logic control is able to manage heater, so the honey temperature is constant around 40°C. The result is fuzzy methode can reduce the water content as much as 1.8 until 2.8%. the honey capacity is 3 liter and it can be reached after 5 hours vaporization without vacuum. To lower the water content of 3 to 5.6% with a capacity of 3 liters of honey can be achieved after 5 hours using a vacuum vaporizer. The average volume loss of honey without the use of a vacuum is 0.025 liters and if a vacuum is used the average is 0.03.

Keywords: *fuzzy logic, temperature control, honey water content reducer.*

1. PENDAHULUAN

Indonesia sangat potensial dalam pengembangan produksi madu. Tidak hanya karena wilayahnya yang sangat cocok karena termasuk daerah tropis tetapi jumlah peternaknya yang kian bertambah.

Salah satu fasilitas yang ada adalah disentra penurunan kadar air madu. Di sini terdapat alat penurun kadar air yang disebut *dehumidifier*. Alat ini memiliki kelemahan yaitu biaya proses penurunan kadar air akan sangat mahal bila madu yang diproses kurang dari 1 kuintal. Padahal tidak semua peternak madu panen dalam jumlah banyak, sehingga penurunan kadar air madu yang

selama ini sering dilakukan oleh peternak lebah adalah melakukan teknik pencampuran madu.

Selain pada penurunan kadar air, pengukuran kadar air juga menjadi masalah tersendiri bagi para peternak lebah, dengan mahalnya alat refraktometer, maka jarang sekali peternak lebah yang memilikinya. Untuk itu dengan dibuatnya alat penurunan kadar air madu ini diharapkan bisa membantu para peternak lebah yang mempunyai hasil panen sedikit. Sehingga diharapkan biaya proses akan menjadi lebih rendah dan juga tidak ada madu yang beredar di pasaran dengan kualitas rendah.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1 Sistem Pemanas Air

Dari hasil studi lapangan ditentukan heater untuk penangas yang digunakan. Pada penelitian ini heater yang digunakan merupakan heater AC satu fasa dengan kapasitas daya 300 Watt. Penentuan parameter heater dilakukan dengan pengambilan data dengan menggunakan pengukuran. Untuk mendapatkan model kontrol dari suatu proses temperatur fluida dapat dilakukan dengan menerapkan hukum kesetimbangan energi di sekitar daerah kerjanya, maka model matematis antara output proses (deviasi temperatur output) terhadap perubahan input yang terjadi dapat dicari sebagai berikut.

$$\frac{d}{dt}(V\rho C\theta T(t)) = Cw\theta in + hin. \quad (1)$$

Dimana:

V : volume tangki (konstan) dalam m^3

w : laju aliran *fluida* dalam keadaan *steady* dalam kg/menit

ρ : *densitas fluida* (konstan) dalam kg/m^3

c : Kalor jenis *fluida* (konstan) dalam $J/(Kg.^\circ C)$

θin : perubahan temperatur *fluida input* di sekitar nilai *steady* awalnya ($^\circ C$)

θT : perubahan temperatur *fluida* tangki di sekitar nilai *steady* awalnya ($^\circ C$)

hin : perubahan laju kalor masukan di sekitar nilai *steady* awalnya (J/menit)

Jika penguat daya yang digunakan bersifat *linear*, perubahan laju kalor masukan akan sebanding dengan besar perubahan sinyal control [Co],

$$hin = Ks.co \quad (2)$$

Substitusi persamaan (2) ke (1)

$$\begin{aligned} \left[\frac{d}{dt} (V\rho\theta TC(t)) = \theta in + Ks.Co \right] \\ \left[\frac{d}{dt} \left(\frac{V\rho}{w} \theta T(t) \right) = \theta in + Ks.Co \right] / Cw \\ \frac{d}{dt} \left(\frac{V\rho}{w} \theta T(t) \right) = \theta in + \frac{Ks.Co}{Cw} \\ \frac{d}{dt} \frac{V\rho}{w} (\theta T(t)) = \theta in + \frac{Ks.Co}{Cw} \\ \frac{V\rho}{w} = T \quad \frac{Ks}{cw} = K \\ T \frac{d}{dt} (\theta T(t)) = \theta in + KCo \end{aligned} \quad (3)$$

Dengan menggunakan Transformasi laplace untuk dua ruas persamaan (3) diatas akan diperoleh bentuk,

$$\theta T(s) = \frac{K}{Ts+1} co(s) + \frac{1}{Ts+1} \theta in(s) \quad (4)$$

$$\theta T(s)/co(s) = \frac{K}{Ts+1} \quad (5)$$

Pers(6) merupakan fungsi alih Plant

$$\theta T(s)/\theta in(s) = \frac{1}{Ts+1} \quad (6)$$

Pers(7) merupakan fungsi alih gangguan

2.2 Penurunan Kadar Air Madu

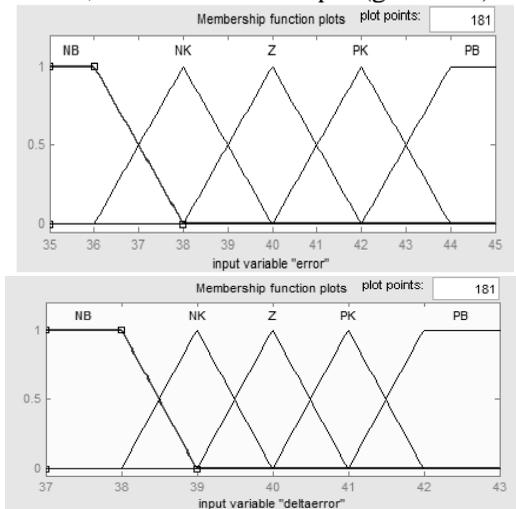
Pengukur kadar air dalam madu dapat dilakukan dengan menggunakan *bahuma* dan *refraktometer*. *Refraktometer* adalah alat yang digunakan untuk mengukur kadar/ konsentrasi bahan terlarut. Misalnya gula, garam, protein, dsb. Prinsip kerja dari refraktometer sesuai dengan namanya adalah memanfaatkan refraksi cahaya. Indeks bias dapat dibaca langsung dengan ketelitian sampai 0,001 dan dapat diperkirakan sampai 0,0002 dari gelas skala. Pengukurannya didasarkan atas prinsip bahwa cahaya yang masuk melalui prisma-cahaya hanya bisa melewati bidang batas antara cairan dan prisma kerja dengan suatu sudut

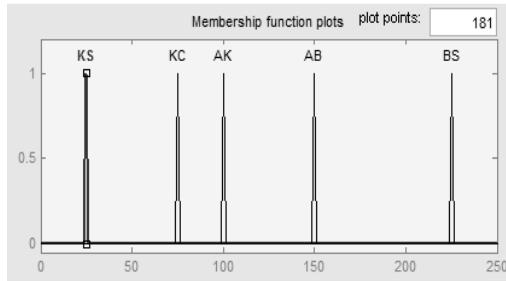
yang terletak dalam batas-batas tertentu yang ditentukan oleh sudut batas antara cairan dan alas. Persyaratan kadar air madu menurut (SNI 01-3545-2004) yang baik adalah dibawah 22% dan untuk mendapatkan standart tersebut dilakukan pemanasan dengan suhu dibawah 50°C.

2.3 Kontroler Logika Fuzzy.

Untuk suhu penangas diterapkan sistem kontrol dengan logika fuzzy yang mana pengontrol logika *fuzzy* dapat bekerja pada situasi dimana variasi parameter dan struktur dari *plant* memiliki ketidak pastian yang besar. Logika *fuzzy* mempunyai beberapa keuntungan antara lain sederhana dan fleksibel, dalam arti dapat dibangun dan dikembangkan dengan mudah tanpa harus memulainya dari nol, logika fuzzy tidak memerlukan model matematis fungsi-fungsi nonlinier yang sangat kompleks (Naba A, 2009).

Kontroler fuzzy menggunakan fuzzy mamdani yang terdiri dari dua masukan dan satu keluaran. Masukan kontroler fuzzy terdiri dari error dan delta error yang masing-masing memiliki lima fungsi keanggotan. Defusifikasi pada kontroler fuzzy menggunakan center of gravity (COG). Fungsi keanggotaan error, delta error dan output (gambar 1).





Gambar1. Model Keanggotaan Fuzzy

Untuk mendapatkan keluaran kendali diperlukan Basis pengetahuan berisi pengetahuan untuk pedoman evaluasi keadaan sistem sesuai yang diinginkan perancang. Basis pengetahuan terdiri dari basis data dan basis aturan fuzzy.

1. Basis Data

Basis data merupakan komponen untuk mendefinisikan himpunan Fuzzy dari masukan dan keluaran.

2. Basis Aturan fuzzy

Basis aturan fuzzy merupakan kumpulan pernyataan aturan 'IF-THEN' yang didasarkan kepada pengetahuan pakar.

Logika pengambilan keputusan disusun dengan cara menuliskan aturan yang menghubungkan antara masukan dan keluaran sistem fuzzy.

$$\text{IF } x \text{ is } A \text{ and } y \text{ is } B \text{ then } z = C$$

Maka defuzzifikasi sebagai proses pengubahan besaran fuzzy yang disajikan dalam bentuk himpunan-himpunan fuzzy keluaran dengan fungsi keanggotaan untuk mendapatkan kembali bentuk tegasnya (*crisp*).

3. METODE

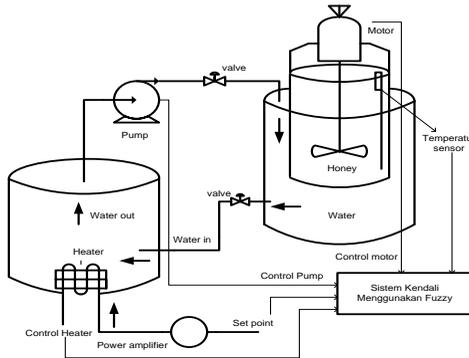
3.1 Model Mekanik Penangas

Desain mekanik alat penurun kadar Air terdiri dari penangas Madu, tempat Madu dan Heater. Heater digunakan untuk memanaskan air dengan suhu yang terkontrol yang selanjutnya disirkulasi menggunakan dua buah pompa menuju bak penangas. Penangas madu ini akan digabung dengan motor

DC sebagai pengaduk madu agar dapat segera dicapai pemerataan temperatur.

Desain mekanik alat penurun kadar Air terdiri dari penangas Madu, tempat Madu dan Heater (gambar2). Heater digunakan untuk memanaskan air dengan suhu yang terkontrol yang selanjutnya disirkulasi menggunakan dua buah pompa menuju bak penangas.

Penangas Madu berbentuk silinder seperti drum berukuran tinggi 25 Cm dengan diameter 25 Cm.



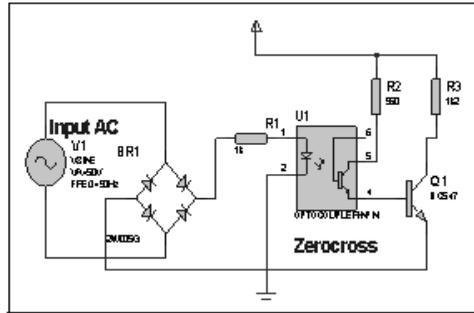
Gambar 2. Model Mekanik Penangas

Tempat Madu berbentuk silinder seperti drum berukuran tinggi 30 Cm dengan diameter 15 Cm, yang dapat menampung madu sebesar kurang lebih 2,5 liter. Motor DC yang digunakan sebagai pengaduk memiliki daya dengan kapasitas 0,75 HP, 500 rpm, jenis rotor magnet permanen, kecepatan pengadukan dibuat rendah dengan tujuan agar tidak terjadi buih pada madu yang diproses.

3.2 Model Zerocrossing dan Driver Heater

Zerocrossing detector adalah rangkaian elektronik untuk mendeteksi persilangan nol yang ada pada tegangan jala-jala. Rangkaian zerocrossing ditektor Gambar 3, akan memberikan output berupa pulsa sempit pada saat terjadi persilangan nol tegangan AC yang dideteksi. Rangkaian pembentuk dari zero crossing ditector berupa penyearah, optocoupler dan transistor

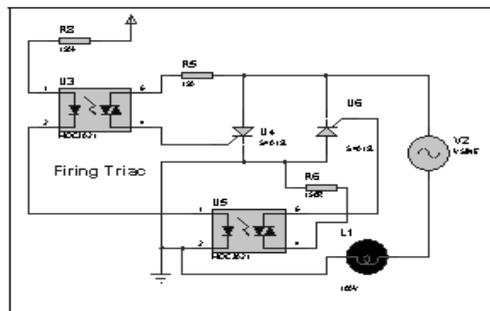
sebagai switching, bentuk pulsa yang sangat sempit akan dimantapkan menjadi tegangan kotak oleh rangkaian transistor.



Gambar 3. Model Rangkaian *Zero-crossing*

Pengaturan heater dengan menggunakan metode Firing yaitu pengaturan daya sumber heater dengan menerapkan waktu pemucuan, dengan diaturnya waktu pemberian sinyal pemucuan maka besarnya tegangan yang diterima pemanas (*heater*) juga akan bervariasi.

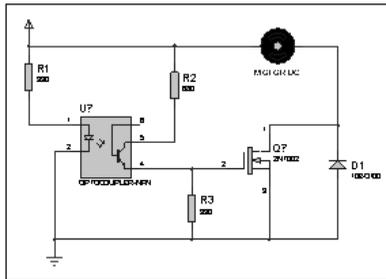
Pada rangkaian ini digunakan optocoupler sebagai kopling, keuntungan penggunaan rangkaian ini adalah lebih terjaminnya keamanan rangkaian pengendali dari pengaruh jala-jala listrik. Hal ini disebabkan terpisahnya aliran arus antara beban dengan rangkaian pengendali di dalam MOC3021



Gambar 4. Model Rangkaian *Driver Heater*

3.3 Model Driver Motor

Driver motor merupakan rangkaian yang digunakan untuk interface antara sistem kendali mikrokontroller terhadap plant (motor) yang dijalankan. Rangkaian ini mampu memberikan konsumsi kebutuhan arus motor yang besar untuk dapat tetap berputar meski beban mekanis pengadukan berubah-ubah. Sinyal input kendali akan mengaktifkan Opto sesuai lebar pulsa PWM yang diumpankan pada rangkaian FET sehingga tegangan motor dapat diatur.



Gambar 5. Model Rangkaian Driver Motor

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian Kontrol Fuzzy

Proses Fuzzifikasi adalah menentukan parameter-parameter fungsi keanggotaan pada setiap himpunan masukan. Pada pemrograman Fuzzifikasi ini digunakan parameter fungsi keanggotaan masukan berupa *error* dan *d_error*.

Pertama mendefinisikan besaran input dan output untuk temperatur maksimum 70°C dengan nilai waktu pemicuan (10-225 hexa) dipakai mengatur sudut pemicuan penyalaan *Heater*. Selanjutnya menentukan besaran range variabel besaran fuzzy seperti Tabel 1, 2 dan tabel 3 dibawah.

Tabel 1 Range variabel input Error

No	Range crisp input	Nama fuzzy variabel
1	35 – 38	NB
2	36 - 40	NK
3	38-42	Z
4	40 - 44	PK
5	42– 45	PB

Tabel 2 Range variabel input Derror

No	Range crisp input	Nama fuzzy variabel
1	37 – 39	NB
2	38- 40	NK
3	39- 41	Z
4	40 - 42	PK
5	41- 43	PB

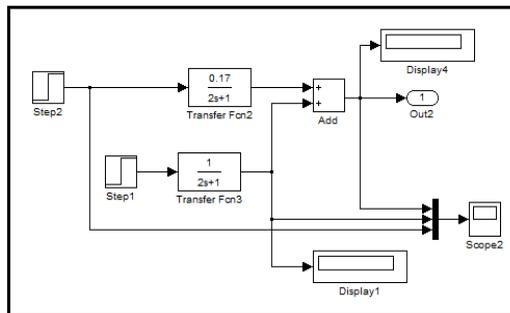
Tabel 3 Range variabel Output

No	Range crisp output	Nama fuzzy untuk Duty cycle
1	200	BS
2	150	AB
3	100	AK
4	75	KC
5	25	KS

Dengan menggunakan bentuk Transformasi laplace persamaan (4) diatas seperti,

$$\theta T(s) = \frac{K}{Ts + 1} co(s) + \frac{1}{Ts + 1} \theta in(s)$$

Maka persamaan ini dipakai untuk melakukan simulasi dalam perancangan kontroler yang merupakan bentuk Plant Penangas seperti pada Gambar 6.



Gambar 6. Model Pengendali fuzzy

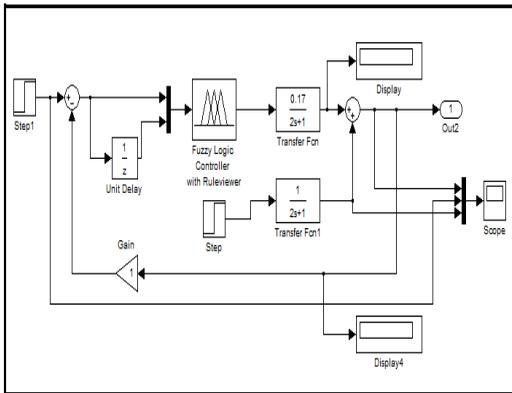
Evaluasi aturan adalah proses mengevaluasi derajat keanggotaan tiap-tiap fungsi keanggotaan himpunan fuzzy masukan ke dalam basis aturan yang telah ditetapkan.

Basis aturan yang dibuat berdasarkan tingkah laku plant yang diinginkan. Terdapat dua puluh lima aturan yang digunakan seperti Tabel 4.

Tabel 4 Basis aturan fuzzy

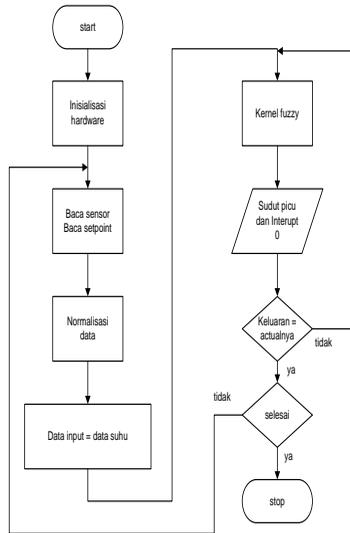
E/dE	NB	NK	Z	PK	PB
NB	K	K	AK	AK	SD
NK	K	K	AK	SD	AB
Z	K	AK	SD	AB	B
PK	AK	SD	AB	B	B
PB	SD	AB	AB	B	B

Metode pengambilan keputusan (inferensi) yang digunakan adalah metode Max-Min. Setelah semua aturan fuzzy dieksekusi, dilakukan proses agregasi dengan mengambil nilai maksimal dari masing-masing fungsi keanggotaan variabel keluaran. Blok diagram implementasi untuk model kontrol fuzzy ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Model Kontroler Algoritma Fuzzy

Pengujian ini untuk mengetahui kerja sistem dengan tujuan melakukan proses pengaturan suhu penangas berdasarkan logika fuzzy. Diagram alir dari program seperti ditunjukkan pada Gambar 8.

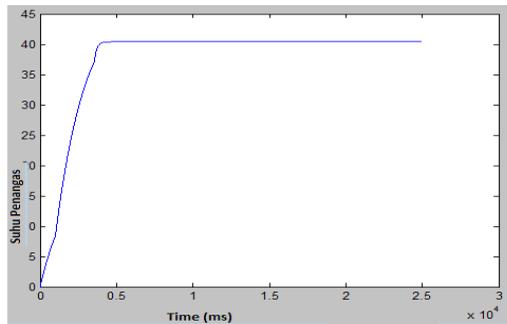


Gambar 8. Diagram Alir Program

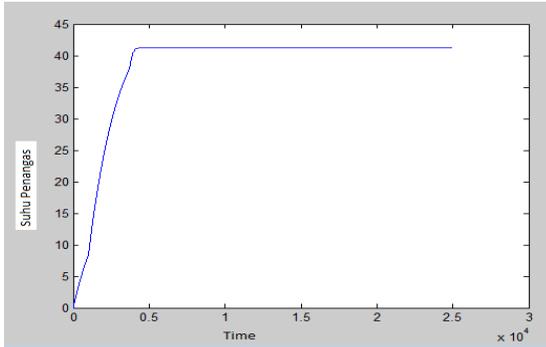
Metode yang digunakan untuk proses defuzzifikasi adalah *Center of Gravity* (COG). Dengan fungsi keanggotaan singleton, menggunakan rumus,

$$Z = \frac{\sum_i \mu_{ci}(z) \cdot Zi}{\sum_i \mu_{ci}(z)}$$

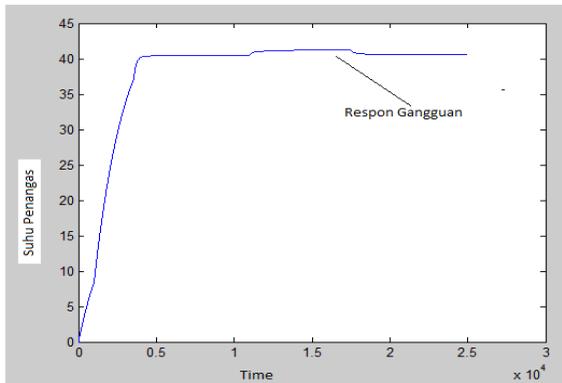
$$Output = \frac{\sum_i (fuzzy\ output) \times (posisi\ singleton)}{\sum_i (fuzzy\ output)}$$



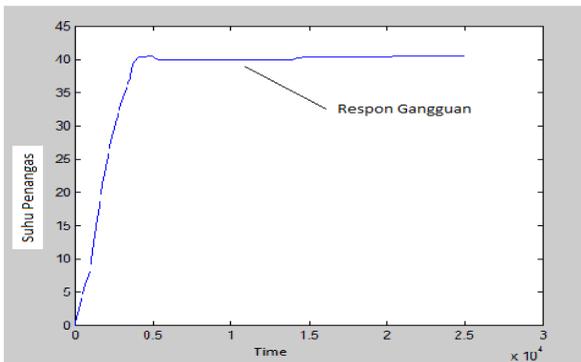
Gambar 9. Setpoint Temp 40°C



Gambar 10. Setpoint Temp 41°C



Gambar 11. Setpoint 40°C Gangguan Positif



Gambar 12. Setpoint 40°C Gangguan Negatif

4.2 Hasil Pengujian Kadar air

Uji 1

Pengujian alat penurun kadar air madu yang dibuat dilakukan proses penangasan dengan suhu 40 °C, setiap dua puluh menit sekali diukur kadar airnya seperti pada Tabel 5, setelah berjalan 5 jam hasilnya,

Kadar Air Akhir : 13,95 %

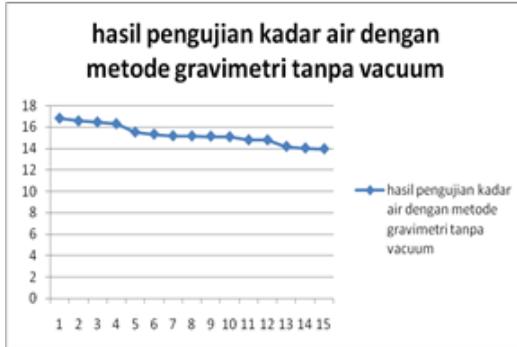
Volume Akhir : ± 0,97 Liter Madu

Penyusutan Kadar Air = Kadar air awal - Kadar air akhir =
16,84 % - 13,95 % = 2,89 %

Penyusutan Volume Madu = Volume awal - Volume akhir =
1 liter – 0,97 liter = ± 0,03 liter

Tabel 5. Pengujian sampel dengan metode Gravimetri tanpa vacuum

Waktu Pengujian/(20 Menit)	Kadar Air (%)
1	16,84
2	16,59
3	16,48
4	16,32
5	15,53
6	15,34
7	15,18
8	15,16
9	15,14
10	15,09
11	14,8
12	14,79
13	14,18
14	14,03
15	13,95



Gambar 13. Kadar Air 16,84% – 13,95%

Hasil pengujian menggunakan metoda Gravimetri pada sistem penangas tanpa menggunakan vacuum dengan waktu hampir 5 jam terjadi penurunan kadar air sebesar 2,89 % dan penyusutan sebesar 0,03 liter.

Uji 2

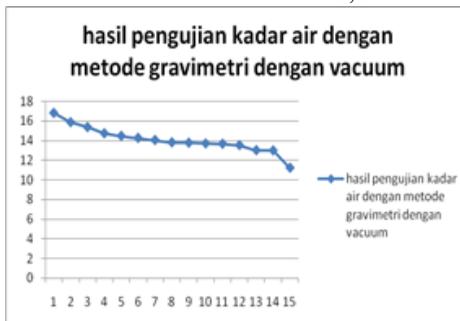
Selanjutnya dengan cara yang sama seperti pada uji 1, setelah berjalan 5 jam hasilnya,

Kadar Air Akhir : 11,21 %

Volume Akhir : ± 0,94 Liter Madu

Penyusutan Kadar Air = Kadar air awal - Kadar air akhir = 16,82 % - 11,21 % = 5,61 %

Penyusutan Volume Madu = Volume awal - Volume akhir
= 1 liter – 0,64 liter = ± 0,06 liter



Gambar 14. Kadar Air 16,82% – 11,21%

Hasil pengujian menggunakan metoda Gravimetri pada sistem penangas menggunakan vacum dengan waktu dan sampel yang sama seperti Uji 1, terjadi penurunan kadar air sebesar 5,61 % dan penyusutan sebesar 0,06 liter.

Uji 3

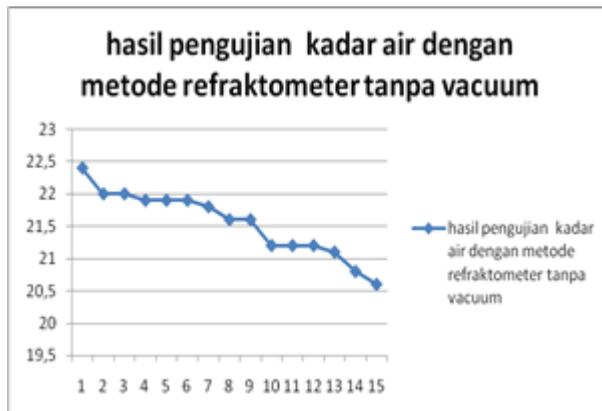
Selanjutnya dilakukan proses penangasan dengan suhu 40 °C, setiap dua puluh menit sekali diukur kadar airnya seperti pada tabel 7, setelah berjalan 5 jam hasilnya,

Kadar Air Akhir : 20,6 %

Volume Akhir : ± 0,98 Liter Madu

Penyusutan Kadar Air = Kadar air awal - Kadar air akhir = 22,4 % - 20,6 % = 1,8 %

Penyusutan Volume Madu = Volume awal - Volume akhir
= 1 liter - 0,98 liter = ± 0,02 liter



Gambar 15. Kadar Air 22,4% – 20,6%

Hasil pengujian menggunakan metoda refraktometer pada sistem penangas tanpa menggunakan vacum pada sampel 22,4% dengan waktu hampir 5 jam terjadi penurunan kadar air sebesar 1,80 % dan penyusutan sebesar 0,02 liter.

Uji 4

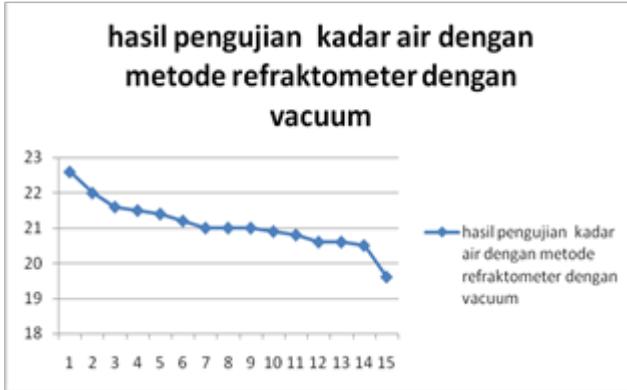
Selanjutnya dengan cara yang sama seperti pada uji 1, setelah berjalan 5 jam hasilnya,

Kadar air akhir : 19,6 %

Volume akhir : ± 0,97 liter madu

Penyusutan kadar air = kadar air awal - kadar air akhir = 22,6 % - 19,6 % = 3 %

Penyusutan volume madu = volume awal - volume akhir
= 1 liter – 0,97 liter = ± 0,03 liter



Gambar 16. Kadar Air 22,6% – 19,6%

Hasil pengujian menggunakan metoda refraktometer pada sistem penangas tanpa menggunakan vacum dengan waktu dan sampel yang sama seperti pada uji1 terjadi penurunan kadar air sebesar 3 % dan penyusutan sebesar 0,03 liter.

Dari hasil uji dapat disimpulkan rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk dapat menurunkan kadar air sebesar 1,8 sampai dengan 2,8% dari kondisi awalnya dengan kapasitas 1-3 liter madu dapat dicapai setelah 5 jam proses penangasan tanpa menggunakan vacuum.

Begitu pula rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk dapat menurunkan kadar air dibawah 3-5,6% dari kondisi awalnya dengan kapasitas 1-3 liter madu dapat dicapai setelah 5 jam proses penangasan dengan menggunakan vacuum.

Rata-rata penyusutan volume madu tanpa menggunakan vacuum adalah 0,025 liter dan penyusutan volume madu dengan menggunakan vacuum adalah 0,03 liter. Cara pengujian seperti diatas dapat digunakan untuk beberapa sampel yang lainnya.

5. PENUTUP

Dari hasil perancangan, pengujian dan analisa yang telah dilakukan pada penelitian ini, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

- 1) Pada perancangan alat, penggunaan pengatur tegangan Heater secara pengontrolan sudut fasa memberikan cakupan nilai pengaturan tegangan yang cukup besar, sehingga memudahkan dalam menentukan besarnya keluaran dari pengendali logika fuzzy.
- 2) Proses penurunan kadar air madu sebesar $\pm 2,8\%$ dari kondisi awalnya, dengan mempertahankan kandungan nutrisi pada suhu 40°C dengan tidak menggunakan Vacum memerlukan waktu ± 5 jam, sedangkan untuk waktu yang sama menggunakan vacum diperoleh nilai penyusutan sebesar $5,6\%$.
- 3) Tanggapan kontrol untuk mencapai nilai setpoint cukup baik dari kondisi posisi awal suhu, dan dapat menaikkan suhu panas heater jika terjadi penurunan suhu, tetapi untuk proses penurunan suhu agak lama, maka diperlukan pendinginan agar segera cepat dicapai kondisi awal.

Saran, untuk sistem pengaturan temperatur yang lebih baik, dapat digunakan model kontrol lain dan tetap menggunakan sistem vacum.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Badan Srtandart Nasional (SNI 01- 3545-2004), Tahun 2004.
- Coughlin, RF, dan Driscoll, FF, 1992. Penguat Operasional dan Rangkaian Terpadu Linear. Jakarta.
- D.T.H. Sihombing, Ilmu Ternak Lebah Madu, Gajah Mada University Press, Yogyakarta, 2005 Erlangga.
- Heri Andrianto, Pemrograman Mikrokontroler AVR ATMega 16. Informatika Bandung, 2008.
- Jun Yan, Michael Ryan and James Power, Using Fuzzy Logic, Prentice Hall, New York, 1994.
- Katsuhiko Ogata, Teknik Kontrol Automatik Jilid 1-2, Penerbit Erlangga, Jakarta, 1994.

- Naba, Agus, Fuzzy Logic menggunakan Matlab, Deli Publising, Andi Yogyakarta, 2009.
- Labcenter (1989-2009). Proteus ISIS Help, UK Labcenter.
- Matlab. (2006). Matlab example program. USA: Matwork, Inc.
- Petruzella. 1996. Industrial Electronic. Mc Graw-Hill International Edition. Printed in Singapore.
- Pristian Rindo S, Available online at TRANSMISI Website, <http://ejournal.undip.ac.id/index.php/transmisi> TRANSMISI, 12 (3), 2010.
- Ramon, P, Areny J.W. 1991. Sensor and signal Conditioning, AWiley-Interscience Publication. Canada.
- Wikipedia, (2012, juni). Phase_fired_Controller.html. Dipetik 872012, dari http://en.wikipedia.org/wiki/phase_fired_controller
- Wasito S. Data Sheet Book 1: Data IC Linier, TTL dan CMOS (Data Penting Komponen Elektronika), PT. Elex Media Komputindo, Jakarta, 1997.