

SISTEM KONTROL SUHU PADA ALAT PENGERING GABAH BERBASIS MIKROKONTROLER ATMEGA 8

TEMPERATURE CONTROL SYSTEM ON THE PADDY DRYER MACHINE BASED ON ATMEGA 8 MICROCONTROLLER

Oleh: Husnul Amri¹⁾, Agus Purwanto²⁾

Mahasiswa Program Studi Fisika, Fakultas MIPA Universitas Negeri Yogyakarta¹⁾,

Dosen Program Studi Fisika, Fakultas MIPA Universitas Negeri Yogyakarta²⁾

amrihusnul@gmail.com¹⁾, agus_purwanto@uny.ac.id²⁾

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui diagram blok sistem kontrol suhu pada alat pengering gabah beserta analisis fungsi transfer yang berlaku untuk sistem tersebut dan mengetahui laju transfer panas konveksi dalam tabung pengering gabah. Suhu di dalam tabung pengering gabah dikontrol menggunakan rangkaian sistem kontrol suhu yang tersusun atas dua masukan yang dibandingkan oleh mikrokontroler ATmega 8 yaitu *output* dari potensiometer (V_{ref}) dan *feedback* dari sensor suhu LM 35 DZ (V_{sensor}). Apabila hasil perbandingan (*error*) lebih dari 0, maka keluaran mikrokontroler pada port B.5 akan berlogika *HIGH* yang membuat saklar sistem (optocoupler dan transistor) mengaktifkan *relay*, sehingga arus AC akan mengalir ke pemanas dan menghasilkan energi berupa panas, begitu juga sebaliknya. Alat ini mampu mengendalikan suhu yang dibutuhkan untuk mengeringkan gabah, yaitu sebesar 50°C dengan waktu pengeringan selama (4-4,5) jam. Diagram blok dan fungsi transfer sistem kontrol suhu pada alat pengering gabah bekerja berdasarkan *set point* dari potensiometer dan *feedback* dari sensor suhu LM 35 DZ, yang menjadi acuan mikrokontroler dalam mengendalikan saklar dan aktuator sistem. Koefisien konveksi pada proses pengeringan diperoleh berdasarkan dua kondisi, yaitu sebesar $(246,15 \pm 100) \text{ W/m}^2\text{°C}$ pada kondisi tabung tanpa gabah dan $(-25 \pm 80) \text{ W/m}^2\text{°C}$ pada kondisi tabung berisi gabah 3 kg.

Kata kunci: sistem kontrol, suhu, alat pengering gabah, konveksi

Abstract

*This research aimed to know the block diagram of temperature control system on the paddy dryer machine and it's transfer function analysis and to know the convection heat transfer rate inside the dryer tube. The temperature in the dryer tube was controlled by a circuit of temperature control system consisting of two inputs which were compared by ATmega 8 microcontroller. These were the output of the potentiometer (V_{ref}) and feedback from the temperature sensor LM 35 DZ (V_{sensor}). When the comparison result (*error*) was higher than 0, then port B.5 of microcontroller would give HIGH logic output to the switching systems (optocoupler and transistor) and the relay would be activated, so that AC current would flow to the heater generating heat. Otherwise, when the error was 0, the relay would be inactivated and there was no heat generated by the heater. This machine was able to control the temperature required for paddy drying process at 50°C with (4-4,5) hour drying time. Block diagrams and transfer function of temperature control system on paddy dryer machine worked based on set point from the potentiometer and feedback from the temperature sensor LM 35 DZ, which became reference for microcontroller to control the switches and actuator system. Convection coefficient on the drying process were obtained in two different conditions, these were $(246,15 \pm 100) \text{ W/m}^2\text{°C}$ when dryer tube was empty and $(-25 \pm 80) \text{ W/m}^2\text{°C}$ when dryer tube was filled by 3 kg of paddy.*

Keywords: control system, temperature, paddy dryer machine, convection

PENDAHULUAN

Sebagai negara agraris, Indonesia memiliki sangat banyak potensi di bidang

pertanian. Contoh dari potensi pertanian yang dimiliki oleh Indonesia adalah padi yang kemudian diolah menjadi salah satu bahan

makan pokok dari masyarakat Indonesia, yaitu beras. Sebagai salah satu bahan makanan pokok Indonesia, tingkat kebutuhan akan beras selalu meningkat dari tahun ke tahun, dimana pada tahun 2015 tingkat konsumsi beras di Indonesia adalah sebanyak 114 kg beras per kapita per tahun atau sekitar 14 juta ton beras per tahun di skala nasional (Maharani, 2015. <http://www.republika.co.id/berita/nasional/um/um/15/03/21/nliht-berapa-tingkat-konsumsi-beras-secara-nasional>). Besarnya kebutuhan tersebut tentu harus diimbangi dengan produksi beras yang besar, sehingga tidak terjadi kekurangan beras di Indonesia serta meminimalisir biaya yang digunakan untuk impor beras dari negara lain.

Peningkatan produksi beras dapat dilakukan dengan berbagai cara, misalnya memperluas lahan penanaman, peningkatan subsidi pupuk dan benih padi, ataupun mempercepat proses pascapanen. Proses pascapanen padi terdiri dari dua tahap. Tahap pertama mencakup proses pemanenan, perontokan, pembersihan dan pengangkutan gabah, sedangkan tahap kedua mencakup proses pengeringan dan pengepakan/penyimpanan gabah (Sulardjo, 2014). Seluruh proses pascapanen padi tersebut cukup fleksibel dalam pelaksanaannya, kecuali pada proses pengeringan. Proses pengeringan sangat tergantung pada cuaca, dimana pada cuaca yang cerah sekalipun, dibutuhkan (2-3) hari bagi gabah yang baru dipanen untuk benar-benar kering dengan suhu sekitar 50 °C.

Permasalahan tersebut kemudian diatasi dengan adanya alat pengering gabah yang dibuat oleh masyarakat ataupun difasilitasi oleh pemerintah kepada kelompok tani tertentu.

Alat pengering gabah yang ada di masyarakat ataupun kelompok tani mayoritas bersifat semi otomatis, atau masih tergantung pada campur tangan manusia dalam proses pengeringannya. Misalnya, proses pengeringan menggunakan sistem *box dryer* yang sudah otomatis untuk suhu pemanasnya, namun masih manual dalam proses buka/tutup saluran suhu. Persebaran suhu pada gabah masih harus diawasi oleh manusia dan juga sebagian besar hanya akan hemat biaya apabila dioperasikan pada skala besar, yaitu (4-5) ton. Untuk itu, alat pengering yang benar-benar sepenuhnya bersifat otomatis diperlukan, sehingga kerja manusia dapat terbantu, dengan ketelitian yang lebih tinggi dan kapasitas yang lebih fleksibel.

Alat pengering gabah yang bersifat *closed loop* dapat mengontrol suhu alat tepat stabil pada 50 °C sebagai batas maksimal. Oleh karena itu, untuk mewujudkannya, dirancang sebuah sistem dengan umpan balik yang diberikan oleh sensor suhu. Sistem tersebut akan terdiri dari sebuah kipas perata suhu (*blower*), elemen pemanas (*heater*), serta sensor suhu. Pada dasarnya, sistem akan mengendalikan suhu ruangan berdasarkan persebaran panas dari *heater* di dalam tabung karena efek dari adanya *blower*.

Perangkat sistem menggunakan sebuah mikrokontroler ATmega yang dapat

diprogram sesuai keinginan. Selain harga yang terjangkau, penggunaan mikrokontroler juga sangat membantu dengan siklus kerja yang cepat, serta fleksibel untuk pembacaan berbagai sensor yang sudah tersedia di pasaran. Kerusakan dari sistem mikrokontroler juga lebih mudah diidentifikasi, sehingga apabila terjadi permasalahan tidak akan membutuhkan waktu yang lama untuk memperbaiki ataupun mengetahui sumber permasalahannya.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan mulai November 2015 sampai dengan Juli 2016 bertempat di Bengkel Fisika, Laboratorium Jurusan Pendidikan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Yogyakarta.

Instrumen Penelitian

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: arduino UNO, multimeter digital, termometer, sensor suhu LM 35 DZ, sensor tekanan MPX5100, anemometer GM816 dan komponen sistem kontrol suhu.

Teknik Pengambilan Data

1. Menguji dan Mengkalibrasi Sensor Suhu LM 35DZ

Pengujian sensor suhu LM 35DZ dilakukan dengan mengukur tegangan pada sensor suhu LM 35DZ yang dikalibrasi dengan

termometer sehingga diketahui tegangan sensor pada suhu tertentu.

2. Menguji Karakteristik Komponen Sistem Kontrol

Pengujian karakteristik tiap komponen sistem kontrol dilakukan dengan mengamati keluaran masing-masing komponen berdasarkan pemberian variasi masukan.

3. Menguji Penempatan Sensor Suhu LM 35DZ

Pengujian penempatan sensor suhu dilakukan dengan meletakkan sensor di 21 titik dengan jarak antar titik sejauh 10 cm serta pada setiap titik diambil data selama 2 menit dengan menjaga suhu tabung stabil pada suhu 50°C.

4. Mengamati Jenis Aliran Dalam Tabung

Pengamatan dilakukan dengan menggunakan alat simulasi aliran fluida. Pola aliran dilihat dengan menyalakan *blower*, lalu memberikan asap pada alat simulasi, sehingga akan terbentuk pola aliran yang kemudian direkam.

5. Mengukur Kecepatan Aliran

Pengukuran kecepatan aliran dilakukan dengan memasukkan anemometer GM816 ke dalam tabung pada koordinat (-22,20,0) selama 1 menit, sehingga dapat diketahui data kecepatan angin rata-rata dalam tabung.

6. Mengukur Suhu dan Tekanan Permukaan

Pengukuran suhu dan tekanan dalam tabung dilakukan bersamaan pada 7 titik di permukaan tabung dengan variasi kondisi tanpa gabah dan diberi gabah 3 kg. Jarak antar

titik pengukuran sebesar 10 cm dan pada setiap titik diambil data selama 5 menit.

Teknik Analisis Data

1. Analisis Diagram Blok

Setelah diketahui karakteristik masing-masing komponen sistem kontrol suhu secara keseluruhan, maka selanjutnya digambar diagram blok sistem sesuai dengan prinsip kerja dan rangkaian sistem kontrol suhu.

2. Analisis Fungsi Transfer

Mendefinisikan masing-masing *input* dan *output* komponen sistem untuk merumuskan fungsi transfernya. Sebelumnya, *input* dan *output* komponen sistem ditransformasi dalam domain s dengan transformasi Laplace karena fungsi transfer adalah rasio transformasi Laplace *output* dengan transformasi Laplace *input*. Fungsi transfer setiap komponen saling dihubungkan sesuai dengan bentuk diagram blok sistem hingga diperoleh fungsi transfer sistem kontrol suhu pada alat pengering gabah.

3. Analisis Penempatan Sensor Suhu LM 35 DZ

Analisis penempatan sensor suhu LM 35 DZ dilakukan dengan merata-rata data pada setiap titik serta mencari nilai standar deviasinya. Kemudian data tersebut diplot untuk uji diskripsi rata-rata berbobot yang nantinya dapat digunakan untuk menentukan data yang dipilih untuk proses rata-rata. Nilai rata-rata akan memberikan posisi penempatan sensor suhu yang terbaik di dalam tabung.

4. Analisis Koefisien Konveksi

Koefisien konveksi ditentukan berdasarkan persamaan:

$$h = \frac{f}{8} (\rho c_p u_m)$$

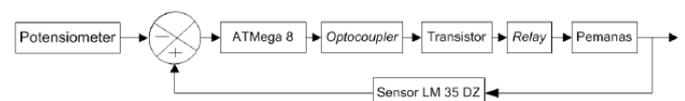
dengan f :

$$f = \frac{2\Delta p D}{L \rho u_m^2}$$

Sifat fluida pada persamaan tersebut ditentukan berdasarkan tabel sifat fluida pada tekanan 1 atm berdasarkan suhu *film* (Cengel and Ghajar, 2015:926). Kemudian penurunan tekanan per satuan jarak diketahui berdasarkan plot data tekanan tiap titik di permukaan, serta data kecepatan rata-rata diperoleh dari pengukuran menggunakan anemometer. Seluruh hasil perhitungan kemudian dimasukkan ke dalam persamaan untuk memperoleh koefisien konveksi.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

1. Diagram Blok

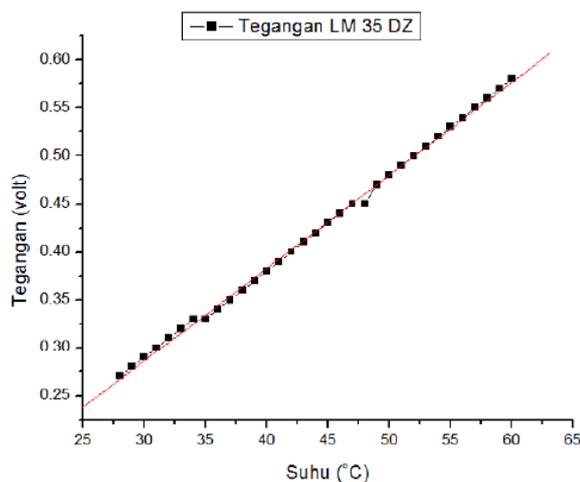


Gambar 1. Diagram blok sistem kontrol suhu

Gambar 1 menunjukkan bahwa terdapat dua buah masukan pada blok komparator, yaitu *output* dari potensiometer sebagai tegangan referensi (V_{ref}) dan *sinyal feedback* dari sensor suhu yang berupa tegangan *input* (V_{sensor}). Hasil dari proses perbandingan pada blok komparator adalah sinyal *error*. Sinyal *error* kemudian akan menentukan keluaran dari mikrokontroler yang menuju ke saklar. Jika mikrokontroler

memberi keluaran berlogika *HIGH*, maka *optocoupler* akan *OFF*, sehingga transistor mencapai titik saturasi atau jenuh. Akibatnya, *relay* akan aktif dan arus listrik akan mengalir menuju ke elemen *heater*. Heater yang menyala akan memberikan energi berupa panas ke udara yang disebarkan oleh *blower*. Apabila mikrokontroler berlogika *LOW*, maka *optocoupler* akan *ON*, sehingga transistor dalam keadaan *cut-off* dan *relay* dalam keadaan terbuka, dimana arus AC tidak mengalir ke elemen *heater*, sehingga tidak ada panas yang dihasilkan.

2. Kalibrasi Sensor Suhu LM 35DZ



Parameter	Value	Error
A	-0.00421	0.00292
B	0.00968	6.47835E-5
R	SD	N P
0.99931	0.00354	33 <0.0001

Gambar 2. Grafik dan hasil analisis perubahan tegangan LM 35DZ terhadap perubahan suhu

Fitting grafik menghasilkan persamaan

$$Y = A + BX \text{ dimana } Y = \text{tegangan, } X = \text{suhu}$$

sensor dan A adalah titik potong grafik pada sumbu tegangan, sedangkan B adalah gradien atau sensitivitas sensor. Berdasarkan grafik pada Gambar 2, dapat dinyatakan bahwa untuk setiap kenaikan suhu 1°C, terjadi kenaikan tegangan keluaran sensor LM 35 DZ sebesar 9,68 mV.

3. Fungsi Transfer

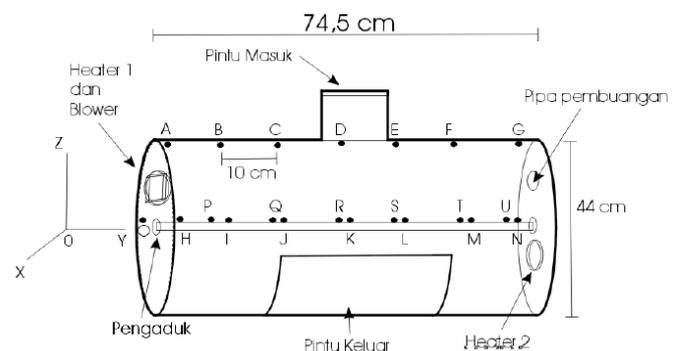
Fungsi transfer sistem kontrol suhu ditunjukkan dalam bentuk persamaan matematis:

$$\frac{T(s)}{R(s)} = \frac{-(-0,208 + \frac{4,84}{sR(s)})(\frac{1}{Vi(s)})(\frac{P}{s^2})(K)}{1 - (0,00968 - \frac{0,00421}{sT(s)})(\frac{1}{Vi(s)})(\frac{P}{s^2})(K)}$$

Fungsi transfer sistem kontrol suhu pada alat pengering gabah merupakan perbandingan antara *output* alat pengering gabah yang berupa suhu $T(s)$ tabung dengan *input* berupa pergeseran potensiometer $R(s)$.

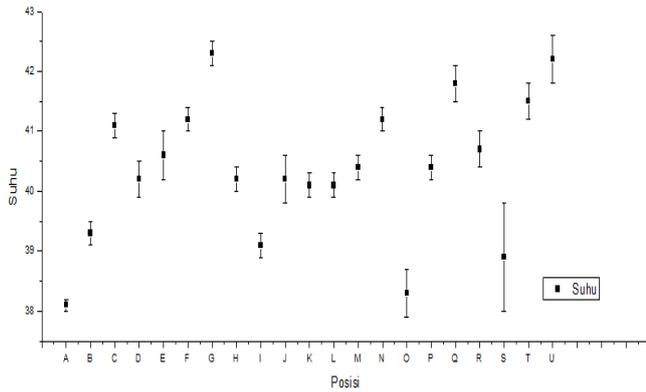
4. Penempatan Sensor Suhu LM 35DZ

Pengambilan data penempatan sensor suhu dilakukan pada 21 titik sesuai Gambar 3.



Gambar 3. Posisi pengambilan data penempatan sensor suhu LM 35 DZ

Hasil rata-rata suhu beserta deviasinya ditunjukkan oleh grafik pada Gambar 4 berikut:



Gambar 4. Grafik suhu pada tiap posisi penempatan sensor

Gambar 4 digunakan sebagai acuan uji diskripansi pada proses rata-rata berbobot. Karena terdapat beberapa pasangan data yang saling tumpang tindih (*overlapping*), maka diputuskan untuk memilih titik dengan pasangan data yang *overlap* paling banyak, yaitu berdasarkan titik D, dimana titik E,H,J,KL,M,P dan R merupakan data yang *overlap* dengan titik D. Data tersebut kemudian digunakan dalam proses rata-rata berbobot, sehingga diputuskan bahwa sensor LM 35 DZ akan diletakkan di titik H sebagai sensor suhu tabung.

5. Pengamatan Aliran

Hasil pengamatan menggunakan alat simulasi aliran ditunjukkan oleh Gambar 5.



Gambar 5. Hasil pengamatan aliran menggunakan alat simulasi aliran

Berdasarkan Gambar 5, diketahui bahwa aliran yang awalnya laminar, langsung menjadi sepenuhnya turbulen saat mengenai penghalang (disimulasikan sebagai pengganti elemen *heater* yang tepat berada di depan *blower*). Kemudian dapat disimpulkan bahwa jenis aliran di dalam tabung pengering adalah turbulen, sehingga digunakan persamaan analisis koefisien konveksi yang sesuai dengan kondisi tersebut.

6. Kecepatan Aliran Dalam Tabung

Pengamatan kecepatan aliran dalam tabung dilakukan untuk mengetahui apakah asumsi aliran yang bersifat inkompresibel dapat digunakan untuk menurunkan persamaan analisis koefisien konveksi. Asumsi aliran udara yang bersifat inkompresibel dapat digunakan apabila aliran tersebut memiliki kecepatan yang lebih rendah dari 30% kecepatan bunyi, atau sekitar 102 m/s (Vlachopoulos, 2016:IV-5).

Pengamatan kecepatan aliran di titik (-22,20,0) pada tabung memberi hasil kecepatan aliran rata-rata sebesar 2,4 m/s. Berdasarkan hasil tersebut, maka disimpulkan bahwa analisis koefisien konveksi dengan mengasumsikan aliran bersifat inkompresibel dapat dilakukan.

7. Koefisien Konveksi

Persamaan analisis koefisien konveksi di bagian teknik analisis diturunkan untuk jenis aliran turbulen di dalam tabung serta diasumsikan aliran tersebut bersifat inkompresibel (sesuai dengan hasil pengamatan yang dilakukan sebelumnya).

Koefisien konveksi dihitung pada 2 kondisi tabung yang berbeda, yaitu tanpa gabah dan diisi gabah 3 kg, dengan hasil perhitungan ditunjukkan oleh Tabel 1.

Tabel 1. Hasil perhitungan koefisien konveksi

Perlakuan	$h \pm \Delta h$ (W/m ² °C)
Tanpa gabah	(246,15 ± 100)
Gabah 3 kg	(-25 ± 80)

Pada kondisi tanpa gabah, diperoleh nilai koefisien konveksi sebesar 246,15 W/m²°C yang berarti bahwa setiap penggunaan daya sebesar 246,15 watt akan menaikkan suhu tabung untuk luas permukaan 1 m² sebesar 1 °C, sedangkan pada kondisi tabung yang diisi gabah 3 kg, diperoleh nilai koefisien konveksi sebesar -25 W/m²°C yang berarti setiap penggunaan daya sebesar 25 watt akan menurunkan suhu tabung untuk luas permukaan 1 m² sebesar 1 °C. Hasil perhitungan koefisien konveksi yang dilakukan sangat dipengaruhi oleh nilai penurunan tekanan persatuan jarak ($\Delta p/L$), dimana nilai tersebut juga menjadi penyumbang kesalahan terbesar dalam proses perhitungan koefisien konveksi.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Diagram blok sistem kontrol suhu pada alat pengering gabah tersusun atas blok sensor suhu LM 35DZ, blok potensiometer, blok mikrokontroler, blok *optocoupler*, blok transistor, blok *relay*, blok *heater* dan blok proses pemanasan.

2. Fungsi transfer sistem kontrol suhu adalah perbandingan antara *output* alat pengering gabah yang berupa suhu tabung dengan *input* berupa pergeseran potensiometer.
3. Analisis koefisien konveksi dilakukan pada 2 kondisi tabung pengering, yaitu tabung tanpa gabah dan tabung diisi gabah 3 kg. Koefisien konveksi pada tabung tanpa gabah sebesar (246,15±100) W/m²°C, sedangkan pada tabung diisi gabah 3 kg sebesar (-25±80) W/m²°C.

Saran

Sistem kontrol suhu pada alat pengering gabah yang dibuat masih banyak kekurangan, sehingga perlu perbaikan agar alat pengering gabah ini dapat bekerja lebih baik. Perbaikan yang perlu dilakukan adalah:

1. Pengkajian transfer panas konveksi secara lebih lanjut dan spesifik untuk aliran turbulen dalam tabung.
2. Mekanik sistem yang lebih baik, sehingga gabah tidak keluar melewati celah yang bocor saat proses pemanasan.
3. Penempatan *heater* 2 yang diubah ke titik yang lebih tinggi, sehingga tidak merusak gabah saat proses pemanasan.

DAFTAR PUSTAKA

- Cengel, Yunus A., and Afshin J. Ghajar. 2015. *Heat and Mass Transfer : Fundamentals Applications, Fifth Edition*. New York: McGraw-Hill Education.
- Maharani, Esthi. 2015. *Berapa Tingkat Konsumsi Beras Secara Nasional?*. Diakses dari

<http://www.republika.co.id/beritanasional/umum/15/03/21/nlihft-berapa-tingkat-konsumsi-beras-secara-nasional>, diakses pada tanggal 21 Maret 2016, jam 09.20 WIB.

Sulardjo. 2014. *Penanganan Pasca Panen Padi*. Magistra Nomor 88 Th. XXVI Juni 2014,ISSN 0215-9511.

Vlachopoulos, John. 2016. *Fundamentals of Fluid Mechanics*. Hamilton: Polydynamics.Inc.