

SISTEM KONTROL PENGADUK PADA ALAT PENGERING GABAH BERBASIS MIKROKONTROLER ATMEGA 8

MIXER CONTROL SYSTEM ON THE PADDY DRYER BASED ON MICROCONTROLLER ATMEGA 8

Oleh: Niken Suprapti dan Agus Purwanto, Prodi Fisika Jurusan Pendidikan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Yogyakarta, E-mail: Nikensaputri17@yahoo.co.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui diagram blok sistem kontrol pengaduk, fungsi transfer sistem kontrol pengaduk dan pola distribusi suhu gabah pada alat pengering. Diagram blok sistem kontrol pengaduk tersusun atas komponen penyusun sistem kontrol. Fungsi transfer sistem kontrol pengaduk diperoleh dengan melakukan penelitian karakteristik masing-masing komponen penyusun sistem kontrol. Pola distribusi suhu gabah dalam tabung pengering diperoleh dengan menganalisis persamaan panas dimensi tiga menggunakan sistem koordinat silinder. Diagram blok sistem kontrol pengaduk tersusun atas blok sensor suhu 1, sensor suhu 2, potensiometer, mikrokontroler, *optocoupler*, transistor, *relay*, motor AC, pengaduk dan proses pengadukan. Fungsi transfer sistem kontrol pengaduk adalah perbandingan antara *output* alat pengering berupa suhu gabah dengan *input* pergeseran potensiometer. Pola distribusi suhu gabah menunjukkan bahwa suhu mengalami fluktuasi dari sumber panas sampai kulit dan tutup tabung pengering. Seiring bertambahnya waktu, fluktuasi berkurang sehingga distribusi suhu gabah menunjukkan pola *steady-state*.

Kata kunci: diagram blok, fungsi transfer, pola distribusi suhu

Abstract

The research aimed to determine block diagram of mixer control system, the transfer function of mixer control system and the pattern of temperature distribution on the dryer. The block diagram of the mixer control system was composed of components of the mixer control system. The characteristics of each control system component were studied to determine the transfer function of the mixer control system. The pattern of temperature distribution in the tube dryer was obtained by analyzing the three dimensional heat equation using a cylindrical coordinate system. The block diagram of the mixer control system was composed of block of temperatur sensor 1, temperatur sensor 2, potentiometer, microcontroller, optocoupler, transistor, relay, AC motor, mixer and block of mixer process. Transfer function of mixer control system was the ratio of the output of paddy dryer in the form of paddy temperature, were the input was potentiometer rate variations. The distribution pattern of paddy temperature showed that the temperature decreased with the temperature fluctuation from the heat generation to dryer tube cover. The fluctuation decreased with increasing time, so the paddy temperature distribution showed steady-state pattern.

Keywords: block diagram, transfer function, pattern of temperature distribution.

PENDAHULUAN

Masyarakat di Indonesia selama ini telah terbiasa melakukan pengeringan gabah dengan cara konvensional. Pengeringan gabah dengan cara konvensional biasanya membutuhkan waktu tiga hari. Ketika musim penghujan, waktu yang dibutuhkan untuk mengeringkan gabah menjadi lebih lama, berkisar antara (3-7) hari (Riska, 2013: 122). Selain itu, produk gabah hasil pengeringan

tidak seragam dan membutuhkan biaya operasional yang besar. Pengeringan gabah memerlukan lahan yang luas dengan pekerjaan yang berat karena petani harus membolak-balikkan gabah yang terhampar di atas lahan lapang setiap jamnya dan membutuhkan banyak tenaga karena dilakukan di bawah terik matahari.

Pembalikan gabah bertujuan untuk meratakan suhu gabah sehingga menimbulkan

keseragaman kadar air gabah. Semakin tinggi suhu yang digunakan untuk pengeringan, maka semakin cepat laju pengeringan. Menurut Taib dalam Risharyanto (2004: 14) pengeringan yang terlalu cepat menyebabkan permukaan bahan terlalu cepat kering, sehingga tidak sebanding dengan kecepatan pergerakan air bahan ke permukaan. Hal ini menyebabkan pengerasan pada permukaan bahan (*case hardening*). Selanjutnya air di dalam bahan tidak dapat lagi menguap karena terhalang.

Saat ini, sudah banyak sekali berkembang alat-alat pengering gabah, namun kebanyakan dari alat pengering gabah hanya mengontrol suhu tanpa mengontrol pembalikan gabah sehingga pembalikan masih dilakukan secara manual. Dengan adanya pengering gabah menggunakan sistem otomatis, diharapkan mampu menjadi solusi bagi petani untuk mendapatkan gabah dalam keadaan kering tanpa harus melakukan pembalikan gabah secara manual.

Pengeringan berbasis sistem otomatis berarti suatu alat yang dapat bekerja dengan sendirinya yang mempunyai kemampuan untuk mengoreksi keadaan yang berbeda dari keadaan normal tanpa adanya intervensi dari manusia. Alat dengan kemampuan seperti itu bekerja dengan *closed loop control system*. *Closed loop control system* merupakan salah satu jenis *control system* (Ogata, 1996: 6).

Pada sistem kontrol pengaduk, objek yang dikontrol adalah motor AC 1 fasa yang terhubung dengan pengaduk. Sistem kontrol pengaduk bekerja berdasarkan pada perbedaan

suhu gabah bagian atas dan bagian bawah. Apabila terjadi perbedaan suhu 3°C diantara keduanya, maka pengaduk akan berputar sehingga diharapkan dapat meratakan suhu gabah.

Nilai beda suhu sebesar 3°C tersebut kemudian dijadikan sebagai *set point* dari sistem kontrol pengaduk. Pemilihan nilai *set point* tersebut dilakukan melalui percobaan, dengan hasil bahwa ketika *set point* dipilih $< 3^{\circ}\text{C}$, maka pengaduk akan terus berputar sehingga sistem seperti tanpa pengontrolan. Sedangkan ketika *set point* dipilih $> 3^{\circ}\text{C}$, maka pengaduk jarang berputar sehingga menyebabkan gabah menjadi gosong karena terkena pemanas.

Proses pengeringan dilakukan dengan pengadukan berkali-kali sehingga tidak hanya permukaan atas yang mengalami proses pengeringan, namun juga pada seluruh bagian secara bergantian, sehingga pengeringan yang dilakukan akan lebih merata. Karena adanya pengadukan, maka akan terjadi kontak bahan dengan dinding dan bahan dengan bahan. Pengeringan yang terjadi akibat kontak tersebut menyebabkan perpindahan panas konduksi. Karena bentuk alat pengering menggunakan drum silinder, maka analisis persebaran panas secara konduksi dilakukan menggunakan sistem koordinat silinder.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan mulai bulan September 2015 sampai dengan bulan 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: gabah, arduino UNO, multimeter digital, termometer, CRO (*Cathode Ray Oscilloscope*), dan komponen sistem kontrol pengaduk.

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 Penempatan Sensor Suhu LM 35DZ

Pengujian penempatan sensor suhu dilakukan dengan dua kali tahapan. Tahap pertama yaitu dengan melakukan variasi massa gabah yang dimasukkan ke dalam tabung pengering sebesar 4 kg dan 8 kg. Posisi penempatan sensor dibuat tetap yaitu berjarak 4 cm dari dasar tabung. Tahap ke dua yaitu dengan melakukan variasi penempatan sensor di dalam tabung pengering sebanyak dua variasi yaitu 2 cm dari dasar tabung dan 4,5 cm dari dasar tabung dengan menggunakan massa gabah tetap 8 kg.

3. Mengukur Konduktivitas Panas Gabah

Pengukuran dilakukan dengan menempatkan 5 buah sensor suhu LM 35DZ pada 5 titik penempatan sensor di dalam paralon yang berisi gabah dengan jarak antar sensor 2,5 cm. Kemudian dilakukan pengukuran distribusi suhu terhadap waktu di 5 titik penempatan sensor. Pengukuran dilakukan pada 3 variasi keadaan gabah yaitu gabah basah, basah/kering dan kering.

4. Mengukur Panas Jenis Gabah

Panas jenis gabah diukur dengan menggunakan kalorimeter. Pengukuran dilakukan pada 3 variasi keadaan gabah yaitu gabah basah, basah/kering dan kering.

Teknik Analisis Data

1. Analisis Diagram Blok

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

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 pengaduk pada alat pengering gabah.

3. Analisis Data Hasil Percobaan Konduktivitas Panas Gabah

Pengukuran konduktivitas panas gabah menggunakan sensor suhu LM 35DZ yang menghasilkan lima titik data perubahan suhu terhadap waktu. Kelima titik data tersebut kemudian diplot menggunakan perangkat lunak Origin. Dari kelima titik data tersebut, besar gradien suhu $\frac{dT}{dx}$ dapat dihitung. Setelah nilai gradien suhu diketahui, kemudian data tersebut dimasukkan ke dalam persamaan:

$$q = -kA \frac{\partial T}{\partial x}$$

4. Analisis Data Hasil Percobaan Panas Jenis Gabah

Penentuan panas jenis gabah c_b menggunakan persamaan:

$$c_b = \frac{m_a c_a (T_f - T_{ia})}{m_b (T_{ib} - T_f)}$$

5. Analisis Distribusi Suhu Gabah dalam Tabung Pengering

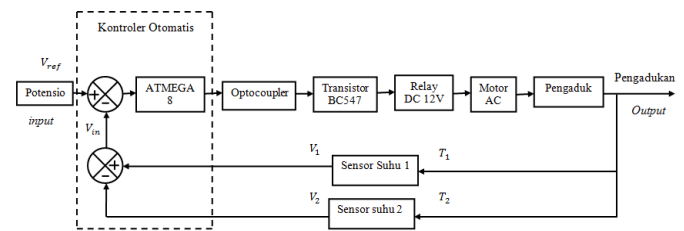
Karena tabung pengering berbentuk silinder, maka analisis distribusi suhu gabah pada proses pengeringan menggunakan sistem koordinat silinder. Karena sumber panas menggunakan *heater*, maka persamaan panas ditambah satu suku sebagai suku sumber panas.

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial u}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 u}{\partial \phi^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} = \frac{1}{\alpha^2} \frac{\partial u}{\partial t} - \frac{g_0}{k}$$

Persamaan di atas diselesaikan dengan menggunakan teknik pemisahan variabel. Solusi kemudian diplot ke dalam grafik dengan menggunakan *software* Matlab R2009a.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

1. Diagram Blok



Gambar 1. Diagram blok sistem kontrol pengaduk

Gambar 1 menunjukkan bahwa terdapat dua buah sensor suhu dengan *output* berupa tegangan V_1 dan V_2 . Tegangan *output* dari dua sensor suhu akan masuk pada elemen pembanding, yang kemudian dilakukan operasi pengurangan. Selisih antara V_1 dan V_2 disebut sebagai tegangan *input* (V_{in}). Terdapat dua buah masukan pada elemen pembanding yang kedua yaitu *output* dari potensiometer sebagai tegangan referensi (V_{ref}) dan *sinyal feedback* dari sensor suhu yang berupa tegangan *input* (V_{in}). Dua buah masukan tegangan pada elemen pembanding ke dua, akan diproses untuk dibandingkan nilainya dengan hasil berupa sinyal *error*. Hasil dari perbandingan tegangan akan menentukan keluaran dari mikrokontroler yang menuju ke saklar. Jika mikrokontroler berlogika 1, maka *optocoupler* akan *OFF*, sehingga transistor

mencapai titik saturasi atau jenuh. Akibatnya, *relay* akan aktif dan arus listrik akan mengalir ke motor AC. Motor AC dalam keadaan *ON* sehingga menggerakkan pengaduk yang menyebabkan terjadinya proses pengadukan gabah. Apabila mikrokontroler berlogika 0, maka *optocoupler* akan *ON*, sehingga transistor dalam keadaan *cut-off* dan *relay* dalam keadaan terbuka sehingga tidak ada arus yang mengalir ke motor AC yang menyebabkan pengaduk tidak berputar.

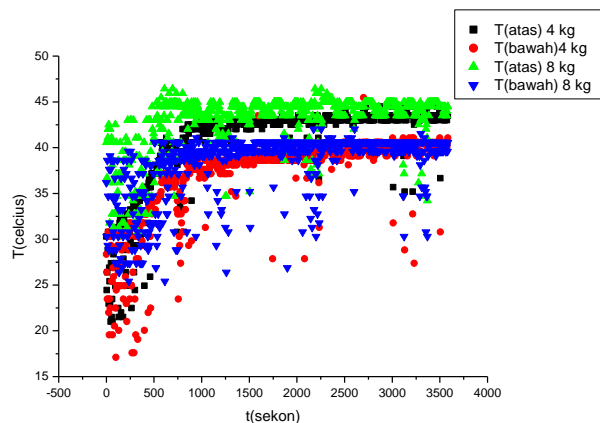
2. Fungsi Transfer

Fungsi transfer sistem kontrol pengaduk ditunjukkan dalam bentuk persamaan matematis:

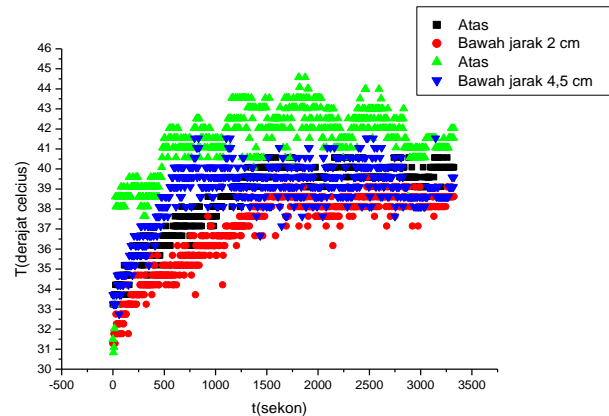
$$\frac{T(s)}{R(s)} = \frac{\left(\frac{V_0}{sR(s)} - x_5\right)\left(\frac{1}{V_i(s)}\right)\left(\frac{P}{s^2}\right)(K_p)}{1 + \left(\frac{1}{V_i(s)}\right)\left(\frac{P}{s^2}\right)(K_p) \left[\left(\frac{V_0 + x_1 \cdot T_0 + \frac{x_1 x_2}{s^2}}{\frac{T_0}{s} + \frac{x_2}{s^2}}\right) - \left(\frac{V_0 + x_3 \cdot T_0 + \frac{x_3 x_4}{s^2}}{\frac{T_0}{s} + \frac{x_4}{s^2}}\right) \right]}$$

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

3. Penempatan Sensor Suhu LM 35DZ



Gambar 2. Grafik perubahan suhu terhadap waktu pada variasi massa gabah 4 kg dan 8 kg



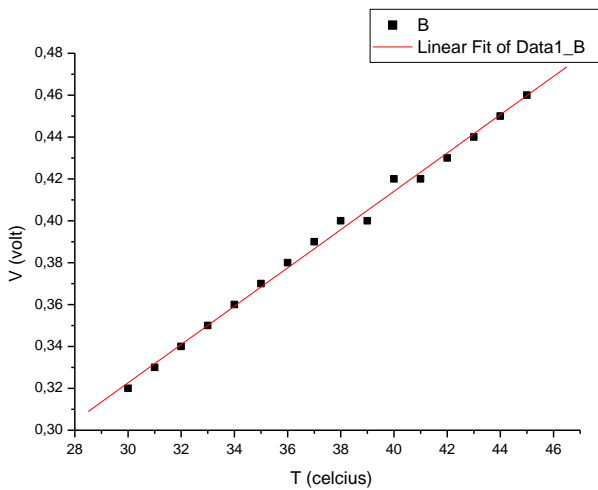
Gambar 3. Grafik perubahan suhu terhadap waktu pada variasi penempatan sensor dengan massa tetap 8 kg

Gambar 2 dan 3 menunjukkan bahwa suhu gabah semakin meningkat seiring bertambahnya waktu dan semakin lama gabah berada pada suhu yang stabil. Suhu gabah akan naik lebih cepat pada awal pengeringan dari suhu awalnya.

Pada Gambar 2, suhu gabah menunjukkan pola titik-titik data yang hampir sama pada kedua variasi. Sedangkan pada Gambar 3, suhu gabah menunjukkan pola titik-titik data yang cukup berbeda.

Berdasarkan tujuan utama pengujian penempatan sensor, maka penempatan sensor yang sesuai adalah penempatan sensor pada tahap pengujian pertama, karena posisi sensor pada tahap ini dapat mengukur suhu gabah yang nilainya tidak dipengaruhi oleh seberapa banyak massa gabah yang dikeringkan.

4. Kalibrasi Sensor Suhu LM 35DZ



Linear Regression for Data1_B:

$$Y = A + B * X$$

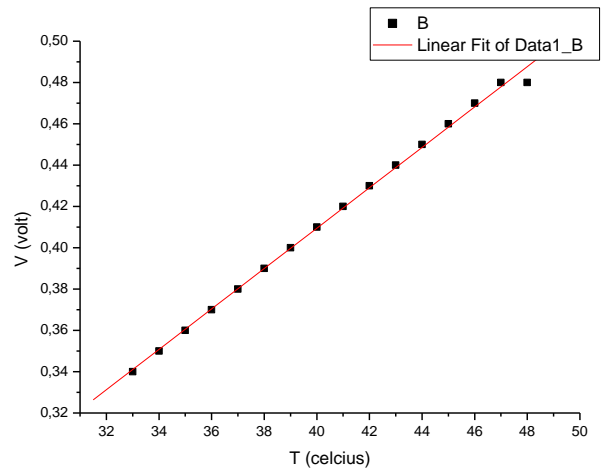
Parameter	Value	Error
A	0,04824	0,00619
B	0,00915	1,63758E-4

R	SD	N	P
0,99776	0,00302	16	<0.0001

Gambar 4. Grafik dan hasil analisis perubahan tegangan LM 35DZ 1 terhadap perubahan suhu

Fitting grafik menghasilkan persamaan

$Y = A + B * X$ dimana $Y =$ tegangan, $X =$ suhu sensor dan A adalah titik potong dengan nilai $A = (0,048 \pm 0,006) V$. Hal ini menyatakan jika suhu $0^{\circ}C$ maka sensor LM 35DZ mengeluarkan *output* tegangan sebesar $0,048 V$ dengan ketidakpastian $0,006 V$. Sedangkan B adalah gradien atau sensitivitas sensor dengan nilai $B = (0,92 \pm 0,02) \times 10^{-2} V/^{\circ}C$. Hal ini menyatakan bahwa setiap kenaikan suhu $1^{\circ}C$, terjadi kenaikan tegangan $9,2 mV$ dengan ketidakpastian $0,2 mV$.



Linear Regression for Data1_B:

$$Y = A + B * X$$

Parameter	Value	Error
A	0,01831	0,00519
B	0,00978	1,27357E-4

R	SD	N	P
0,99881	0,00235	16	<0.0001

Gambar 5. Grafik dan hasil analisis perubahan tegangan LM 35DZ 2 terhadap perubahan suhu

Gambar 5 menunjukkan grafik linier dengan persamaan $Y = A + B * X$. Dari analisis diperoleh nilai $A = (0,018 \pm 0,005) V$. Hal ini menyatakan jika suhu $0^{\circ}C$ maka sensor suhu LM 35DZ mengeluarkan *output* sebesar $0,018 V$ dengan ketidakpastian $0,005 V$. Sedangkan B adalah gradien atau sensitivitas sensor dengan nilai $B = (0,98 \pm 0,01) \times 10^{-2} V/^{\circ}C$. Hal ini menyatakan bahwa setiap kenaikan $1^{\circ}C$ terjadi kenaikan tegangan $9,8 mV$ dengan ketidakpastian $0,1 mV$.

5. Konduktivitas Panas Gabah

Tabel 1. Data nilai konduktivitas gabah berbagai keadaan

Keadaan Gabah	Nilai Konduktivitas (watt/cm ^o C)
---------------	--

Basah	$(188,30690 \pm 0,00003) \times 10^{(-5)}$
Basah/ Kering	$(155,42080 \pm 0,00001) \times 10^{(-5)}$
Kering	$(150,363126 \pm 0,000005) \times 10^{(-5)}$

Dengan bertambahnya kandungan air dalam gabah, maka konduktivitas gabah juga semakin besar. Hal ini disebabkan air mempunyai konduktivitas panas yang besar, sehingga dengan meningkatnya kandungan air akan menyebabkan kenaikan konduktivitas panas.

6. Panas Jenis Gabah

Tabel 2. Data nilai panas jenis gabah berbagai keadaan

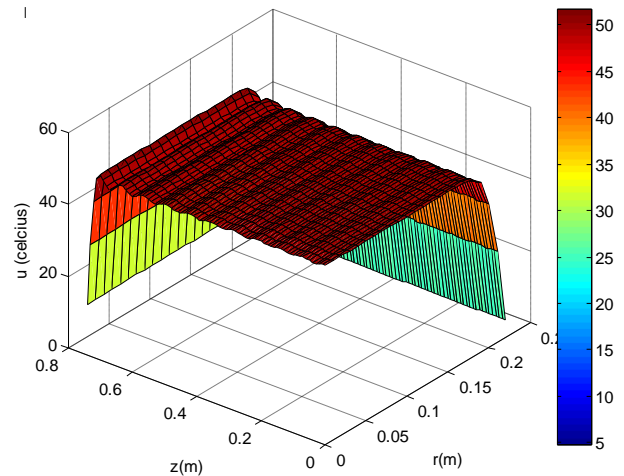
Keadaan Gabah	Nilai Panas Jenis (kal/gr°C)
Basah	$(0,6 \pm 0,2) \text{ kal/g } ^\circ\text{C}$
Basah/Kering	$(0,5 \pm 0,2) \text{ kal/g } ^\circ\text{C}$
Kering	$(0,5 \pm 0,2) \text{ kal/g } ^\circ\text{C}$

Gabah dalam keadaan basah mempunyai nilai panas jenis paling besar. Hal ini disebabkan karena air mempunyai nilai panas jenis yang besar, sedangkan pada gabah basah mengandung air lebih banyak, sehingga semakin banyak kandungan air dalam gabah, maka semakin tinggi nilai panas jenisnya.

7. Pola Distribusi Suhu Gabah Dalam Tabung Pengering

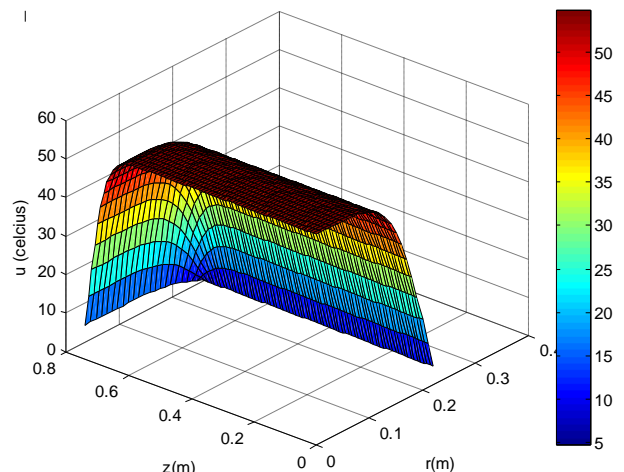
Solusi persamaan distribusi suhu gabah dengan menggunakan sistem koordinat silinder adalah:

$$u(r,z,t) = \frac{4g_0}{k\pi} \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^n}{k_m J_1(k_m) (n + \frac{1}{2})} \frac{J_0\left(\frac{k_m}{b} r\right) \cos\left(\frac{(n + 1/2)\pi}{l} z\right)}{\left(\frac{k_m}{b}\right)^2 + \left(\frac{(n + 1/2)\pi}{l}\right)^2} + \frac{4T}{\pi} \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^n}{k_m J_1(k_m) (n + 1/2)} J_0\left(\frac{k_m}{b} r\right) \cos\left(\frac{(n + 1/2)\pi}{l} z\right) e^{-\alpha^2 \left(\left(\frac{k_m}{b}\right)^2 + \left(\frac{(n + 1/2)\pi}{l}\right)^2\right) t}$$



Gambar 6. Distribusi suhu menit ke-1

Gambar 6 menunjukkan bahwa semakin jauh posisi r dan z dari pusat koordinat, suhu gabah semakin rendah. Terlihat bahwa terjadi fluktuasi panas dari titik 0,0 sampai titik terjauh. Hal ini dikarenakan penjumlahan solusi *steady-state* dengan solusi *transient*.



Gambar 7. Distribusi suhu menit ke-10

Gambar 7 menunjukkan bahwa pada menit ke-10 fluktuasi sudah tidak terlihat. Hal tersebut menunjukkan bahwa nilai solusi *transient* semakin kecil dan semakin tidak berpengaruh pada distribusi suhu gabah. Pada solusi *transient* terdapat suku eksponensial, yaitu:

$$e^{-\alpha^2 \left(\left(\frac{k_m}{b} \right)^2 + \left(\frac{(n+1/2)\pi}{l} \right)^2 \right) t}$$

Akibat pangkat eksponensial yang bernilai negatif, saat t semakin besar nilai eksponensial akan semakin kecil dan mendekati nol. Gambar 7 menunjukkan bentuk bagian *steady-state*.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Diagram blok sistem kontrol pengaduk pada alat pengering gabah tersusun atas blok sensor suhu LM 35DZ 1, blok sensor suhu LM 35DZ 2, blok potensiometer, blok mikrokontroler, blok *optocoupler*, blok transistor, blok *relay*, blok motor AC, blok pengaduk dan blok proses pengadukan.
2. Fungsi transfer sistem kontrol pengaduk adalah perbandingan antara *output* alat pengering gabah yang berupa suhu gabah dengan *input* berupa pergeseran potensiometer.
3. Pola distribusi suhu gabah menunjukkan bahwa suhu mengalami penurunan disertai dengan fluktuasi dari sumber panas sampai kulit dan tutup tabung pengering.

Seiring dengan bertambahnya waktu, fluktuasi semakin berkurang sehingga distribusi suhu gabah menunjukkan pola *steady-state*.

Saran

Sistem kontrol pengaduk 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. Bentuk dari pengaduk pada alat pengering gabah diganti dengan model pengaduk yang lebih tepat agar kapasitas alat pengering dapat lebih banyak lagi.
2. Sistem keluaran gabah diperbaiki agar pengeluaran gabah lebih mudah dan tidak bocor apabila terjadi pengadukan gabah.
3. Pemanas diletakkan sejajar di bagian atas semua karena jika pemanas yang di bawah mengenai gabah, akan menyebabkan gabah menjadi gosong.

DAFTAR PUSTAKA

- Ogata, Katsuhiko. 1996. *Modern Control Engineering (Teknik Kontrol Automatik)*. (Alih bahasa: Edi Laksono). Jakarta : Erlangga.
- Risharyanto. 2005. Pengaruh Reflektor Terhadap Karakteristik Pengeringan dan Kualitas Produk pada Model Pengering Gabah Sistem Radiasi Infra Merah. *Tugas Akhir*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Riska, Listiyana, Rahim Arlanta S. dan Siswo Sumardiono. 2013. Studi

Eksperimental Alat Pengereng Gabah
Sistem Resirkulasi Kontinyu Tipe
Konveyor Pneumatik. *Jurnal Teknologi*

Kimia dan Industri (No.2). Hlm 122-
129.