



TUGAS AKHIR - TF 145565

**RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN
SUHU UNTUK PENGOPTIMALAN PEMBUATAN
PUPUK KOMPOS PADA *FERTILIZER MAKER***

EKLIANSYAH PUTRO UTOMO
NRP. 2413 031 044

Dosen Pembimbing
Detak Yan Pratama S.T, M.Sc.

PROGRAM STUDI D3 METROLOGI DAN INSTRUMENTASI
JURUSAN TEKNIK FISIKA
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016



TUGAS AKHIR - TF 145565

**RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN
SUHU UNTUK PENGOPTIMALAN PEMBUATAN
PUPUK KOMPOS PADA *FERTILIZER MAKER***

EKLIANSYAH PUTRO UTOMO
NRP. 2413 031 044

Dosen Pembimbing
Detak Yan Pratama S.T, M.Sc.

PROGRAM STUDI D3 METROLOGI DAN INSTRUMENTASI
JURUSAN TEKNIK FISIKA
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016

**RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN
SUHU UNTUK PENGOPTIMALAN PEMBUATAN
PUPUK KOMPOS PADA *FERTILIZER MAKER***

TUGAS AKHIR

Oleh :

**Ekliansyah Putro Utomo
NRP. 2413 031 044**

**Surabaya, 27 Juli 2016
Mengetahui / Menyetujui**

Dosen Pembimbing I



**Detak Yan Pratama S.T., M.Sc.
NIP. 19840101 201212 1 002**

**Ketua Jurusan
Teknik Fisika FTI - IIS**

**Agus Muhammad Hatta S.T., M.Sc., Ph.D
NIP. 19780902 200312 1 002**



**Ketua Program Studi
DIII Metrologi dan Instrumentasi**



**Dr. Ir. Purwadi Agus D., M.Sc.
NIP. 19620822 198803 1 001**

**RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN
SUHU UNTUK PENGOPTIMALAN PEMBUATAN
PUPUK KOMPOS PADA *FERTILIZER MAKER***

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Ahli Madya
pada
Program Studi D3 Metrologi dan Instrumentasi
Jurusan Teknik Fisika
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

Ekliansyah Putro Utomo
NRP. 2413 031 044

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Detak Yan Pratama, S.T., M.Sc. (Pembimbing I)
2. Ir. Harsono Hadi, M.T., Ph.D. (Ketua Penguji)
3. Dr. Ir. Purwadi Agus D, M.Sc. (Penguji I)
4. Arief Abdurrakhman, S.T., M.T. (Penguji II)
5. Ir. Roekmono, M.T. (Penguji III)
6. Murry Raditya, S.T., M.T., (Penguji IV)

**SURABAYA
JULI 2016**

RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN SUHU UNTUK PENGOPTIMALAN PEMBUATAN PUPUK KOMPOS PADA *FERTILIZER MAKER*

Nama Mahasiswa : Ekliansyah Putro Utomo
NRP : 2413 031 044
Program Studi : D3-Metrologi dan Instrumentasi
Jurusan : Teknik Fisika FTI-ITS
Dosen Pembimbing : Detak Yan Pratama S.T., M.Sc.

Abstrak

Sistem pengendalian saat ini sangat dibutuhkan dan diperhatikan oleh masyarakat. Khususnya untuk lingkungan kerja atau industri yang lingkungannya menggunakan alat-alat instrumen otomatis. Begitu pula pada pupuk kompos. Sistem pengendalian sangat dibutuhkan dalam proses produksi guna mengoptimalkan pembuatan pupuk kompos. Variabel-variabel yang dikendalikan untuk proses pembuatan pupuk kompos adalah suhu, kelembaban, dan level katalisator (EM4 dan Molase). Suhu atau temperature merupakan suatu besaran yang menunjukkan derajat panas suatu benda. Dimana semakin tinggi energi atom-atom penyusun benda tersebut maka semakin tinggi pula suhunya. Pengaruh pengendalian suhu pada proses pembuatan pupuk kompos adalah dimana bakteri EM4 dan Molase sangat sensitif oleh tinggi atau rendahnya suhu. Bakteri EM4 dan Molase akan tumbuh optimal dengan rentang suhu tidak kurang dari 20⁰C dan tidak lebih dari 60⁰C. Komponen-komponen yang digunakan pada rancang bangun sistem pengendalian suhu pada Fertilizer Maker ini yaitu sensor Termokopel Tipe-K, Arduino sebagai mikrokontroler, fan sebagai aktuator pada setpoint maksimum (55⁰C) dan solenoid valve sebagai aktuator pada setpoint minimum (35⁰C). Hasil yang didapat selama proses produksi pupuk kompos pada Fertilizer Maker adalah *settling time* sistem selama 170 detik dan hasil pengukuran suhu sangat optimal yaitu pada range 37⁰C – 41⁰C.

Kata Kunci : Sistem Pengendalian, Pupuk Kompos, Suhu, Termokopel Tipe-K, Fertilizer Maker

**DESIGN OF TEMPERATURE CONTROL SYSTEM
FOR OPTIMALIZATION OF FERTILIZER PRODUCTION ON
FERTILIZER MAKER**

Nama Mahasiswa : Ekliansyah Putro Utomo
NRP : 2413 031 044
Program Studi : D3-Metrologi dan Instrumentasi
Jurusan : Teknik Fisika FTI-ITS
Dosen Pembimbing : Detak Yan Pratama S.T., M.Sc.

Abstract

The current control system is needed and cared for by the community. Especially for the working environment or industry that scope to use tools automated instrument. Similarly, in compost. Control system is needed in order to optimize the production process of composting. The variables are controlled for the composting process is temperature, humidity, and the level of catalyst (EM4 and molasses). Temperature or temperature is a quantity that indicates the degree of heat of an object. Where the higher energy the atoms making up the object, the higher the temperature. Influence of temperature control in the process of composting is where bacteria EM4 and molasses are very sensitive to high or low temperatures. EM4 and molasses bacteria will grow optimally at a temperature range of not less than 20°C and not more than 60°C. The components used in the temperature control system design on Fertilizer Maker is a K-type thermocouple sensors, Arduino as a microcontroller, fan as the actuators at maximum setpoint (55°C) and the solenoid valve as an actuator in the minimum setpoint (35°C). The results obtained during the production of compost on Fertilizer Maker are this system has settling time 170 sec and has a very optimal temperature is in the range of 37°C – 41°C.

Kata Kunci : Control System, Fertilizer, Temperature, K-Type Thermocouple sensor, Fertilizer Maker

DAFTAR ISI

	Hal
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Permasalahan	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Metodologi Penelitian.....	2
1.6 Sistematika Laporan	3
BAB II. DASAR TEORI	5
2.1 Temperatur	5
2.2 Sistem Pengendalian.....	5
2.3 Sistem Pengendalian <i>On-Off</i>	6
2.4 Pupuk Organik.....	7
2.5 Kompos.....	7
2.6 Sensor Termokopel.....	8
2.7 LCD 16x2	9
2.8 <i>Solenoid Valve</i>	10
2.9 Mikrokontroler.....	11
2.10 Relay	13
BAB III. PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT ..	17
3.1 Blok Diagram Perancangan Alat	17
3.2 Studi Literatur.....	18
3.3 Perancangan dan Pembuatan <i>Hardware Fertilizer Maker</i>	18

3.4 Perancangan dan Pembuatan <i>Software</i>	20
3.5 Perancangan dan Pembuatan Mekanik	21
3.6 Desain Alat Total	22

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN 23

4.1 Hasil Rancang Bangun.....	23
4.2 Pengujian Sensor Termokopel Tipe-K	23
4.3 Pengujian Sistem	24
4.4 Data Pengujian Kalibrasi Sensor	28

BAB V. PENUTUP 33

5.1 Kesimpulan.....	33
5.2 Saran	33

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN A (Listing Program di Mikrokontroler)

LAMPIRAN B (Datasheet Module Sensor MAX6675)

BIOGRAFI PENULIS

DAFTAR GAMBAR

	Hal
Gambar 2.1	Diagram Blok Sistem Pengendalian Otomatis 5
Gambar 2.2	Grafik Sistem Pengendalian <i>On-Off</i> 6
Gambar 2.3	LCD 16x2 10
Gambar 2.4	<i>Solenoid Valve</i> 11
Gambar 2.5	Arduino Uno 13
Gambar 2.6	Relay SRD 5vdc 14
Gambar 3.1	Flowchart Perancangan Alat 17
Gambar 3.2	Diagram Blok Sistem Pengendalian Suhu 18
Gambar 3.3	Rangkaian Modul Relay 19
Gambar 3.4	Rangkaian Arduino Uno dengan Modul Relay 20
Gambar 3.5	Pemrograman pada <i>Software</i> Arduino 21
Gambar 3.6	Sistem Mekanik pada <i>Fertilizer Maker</i> 22
Gambar 3.7	Desain Total <i>Fertilizer Maker</i> 22
Gambar 4.1	Respon Suhu terhadap Jenis Medium 24
Gambar 4.2	Grafik <i>Settling Time</i> Sensor Termokopel Tipe-K 27
Gambar 4.3	Grafik Sampel Data Produksi 5 Jam 28
Gambar 4.4	Grafik Respon Suhu Terhadap V 30

DAFTAR TABEL

	Hal
Tabel 4.1 Data Pengujian Sensor Suhu	24
Tabel 4.2 Data Pengujian Aktuator Sistem	25
Tabel 4.3 Data Pengujian Sensor pada Sistem	26
Tabel 4.4 Sampel Data Produksi 5 Jam	27
Tabel 4.5 Data Pencarian <i>Range</i> Suhu dan Tegangan	29
Tabel 4.6 Kalibrasi Pemeriksaan Skala	30
Tabel 4.7 Perhitungan Untuk Nilai UA ₁	31
Tabel 4.8 Perhitungan Untuk Nilai UA ₂	32

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada zaman yang modern ini penggunaan pupuk organik sangat minim. Saat ini masyarakat luas lebih memilih menggunakan pupuk kimia. Padahal, pupuk kompos yang baik adalah pupuk yang memiliki suhu normal yang berkisar antara 35°C – 55°C dan pupuk kimia dapat menyebabkan kerusakan pada tanah karena dapat menyebabkan kenaikan suhu yang drastic pada tanah (*Sutedjo et al.* (1991)). Oleh karena itu diperlukan pupuk organik untuk membantu pemulihan kesuburan tanah. Di dalam pembuatan pupuk organik, pengendalian suhu adalah sesuatu yang berperan penting dalam pembuatannya. Pengendalian suhu digunakan untuk menunjang masak atau tidaknya produk pupuk yang telah diproduksi. Saat ini, pengendalian suhu pada pembuatan pupuk kompos masih terbilang manual karena tidak ada nilai yang *fix* untuk mengatur atau mengendalikan matangnya pupuk kompos. Pada beberapa tempat yang memproduksi pupuk kompos di Surabaya, suhu pada pembuatan pupuk kompos dikendalikan hanya dengan hitungan hari. Dalam praktiknya, suhu juga perlu dikendalikan agar produksi pupuk kompos matang dengan temperatur yang ideal untuk pematangan pupuk kompos. Salah satu cara untuk mengendalikan temperatur pada produksi pupuk kompos adalah dengan menggunakan sensor suhu. Sensor suhu akan men-*sensing* inputan yang ada pada dalam *fertilizer maker* lalu mentransmisikan data untuk menjalankan aktuator apabila temperatur yang ada pada *fertilizer maker* terlalu dingin atau terlalu panas. Untuk bisa mendapatkan takaran yang tetap pada beberapa kali pembutan, maka dibutuhkan *range* untuk mengetahui pada temperatur berapa pupuk kompos dapat masak dengan sempurna. Oleh karena itu solusi dalam bentuk “RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN SUHU UNTUK PENGOPTIMALAN PEMBUATAN PUPUK KOMPOS PADA *FERTILIZER MAKER*” ini dapat dijadikan judul tugas akhir.

1.2 Permasalahan

Permasalahan yang diangkat dalam Tugas Akhir ini yaitu:

- a. Bagaimana prosedur dan metode pengendalian suhu pada *Fertilizer Maker*?
- b. Bagaimana merancang sistem pengendalian suhu pada *Fertilizer Maker*?

1.3 Tujuan

Tujuan dikerjakannya Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

- a. Mahasiswa dapat mengetahui prosedur dan metode uji respon sistem pada *Fertilizer Maker*
- b. Mahasiswa dapat merancang sistem pengendalian suhu pada *fertilizer maker*

1.4 Batasan Masalah

Untuk memfokuskan penyelesaian masalah pada penelitian tugas akhir ini maka batasan masalah yang diangkat adalah sebagai berikut:

- a. Sensor suhu yang digunakan adalah Termokopel tipe-K
- b. Sampah organik yang digunakan adalah daun kering
- c. Aktuator yang digunakan pada pengendalian suhu ini adalah *fan* dan kompor gas yang sudah dipasang solenoid valve
- d. Controller yang digunakan adalah Arduino

1.5 Metodologi Penelitian

Penyelesaian tugas akhir ini dilakukan melalui beberapa tahap yaitu:

- a. Pencarian dan Pembelajaran Literatur
Sebagai upaya pemahaman terhadap materi yang menunjang tugas akhir dilakukan studi literatur mengenai sensor Termokopel tipe-K beserta modul MAX6675, mikrokontroler Arduino UNO dan prinsip prinsip elektronika. Literatur yang digunakan diambil dari buku pendukung, laporan Tugas Akhir yang serupa dan dari jurnal penelitian sejenis yang telah dilakukan
- b. Pembuatan Mekanik Fertilizer Maker

Meliputi pemilihan bengkel yang sesuai mengenai harga dan keseuaian kemampuan bekerja dengan gambaran alat yang sudah ada, dan pemilihan komponen-komponen yang digunakan dalam sistem, misalnya: pemilihan aktuator

- c. Pengerjaan sistem elektrik pada *Fertilizer Maker*
Dibuat pemrograman agar sistem pengendalian dapat berjalan, kemudian dibuat rangkaian switch untuk aktuator agar dapat menerima perintah pemrograman
- d. Pengintegrasian *Software* dan *Hardware*
Pengintegrasian antara *software* dan *hardware* merupakan langkah terakhir dalam pembuatan alat sistem pengendalian suhu pada *Fertilizer Maker*. Ditahap ini pasti akan terjadi banyak *trial* dan *error* dalam penyelesaian dan analisis data
- e. Pengambilan Data Pengujian dan *Finishing* Alat
Pengujian dilakukan untuk keperluan analisa keseluruhan sistem meliputi pengujian *hardware* dan *software*, hal iini diharapkan dapat diketahui sistem bekerja dengan baik atau tidak. *Finishing* alat hanya untuk memperbaiki apa yg kurang dan menyempurnakan tampilan alat
- f. Pembuatan Laporan Tugas Akhir

1.6 Sistematika Laporan

Laporan penelitian tugas akhir ini dibagi dalam beberapa bab dengan rincian sebagai berikut:

BAB I Pendahuluan

Bab ini berisi penjelasan tentang latar belakang, permasalahan, tujuan, batasan masalah, metodologi penelitian, dan sistematika laporan.

BAB II Teori Penunjang

.Bab ini berisi penjelasan tentang teori penunjang mengenai definisi suhu, definisi sistem pengendalian, sistem pengendalian on-off, pupuk organic, kompos, sensor Termokopel, LCD 16x2, Solenoid Valve, Arduino Uno, Relay

BAB III Perancangan Sistem

Bab ini membahas tentang langkah langkah yang harus dilalui dalam pembuatan *hardware* sistem pengendalian suhu pada *Fertilizer Maker*. Produk akhir dari tahap ini adalah rancangan dan model yang siap untuk dibuat, diuji, dan dianalisa.

BAB IV Pengujian dan Analisa

Bab ini berisikan analisa dan pembahasan dari hasil pengujian.

BAB V Kesimpulan dan Saran

Bab ini berisi kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan dan saran unntuk pengembangan dan penelitian selanjutnya

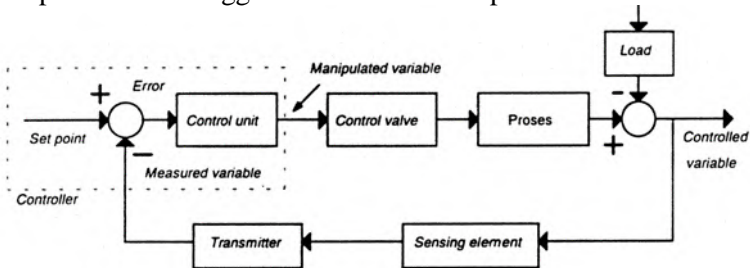
BAB II DASAR TEORI

2.1 Temperatur

Suhu atau temperature merupakan suatu besaran yang menunjukkan derajat panas suatu benda. Dimana semakin tinggi energi atom-atom penyusun benda tersebut maka semakin tinggi pula suhunya. Suhu dapat dinyatakan dalam 4 macam besaran yaitu °Celcius, °Kelvin, °Fahnreheit dan °Reamur.

2.2 Sistem Pengendalian

Sistem pengendalian bertujuan untuk mengontrol proses atau *plant* yang terjadi di industri. Operasi yang berjalan di industri ini dapat bersifat diskret (*on-off*), misal *valve* terbuka atau tertutup, motor hidup atau mati, konveyor jalan atau berhenti, dan lain-lain. Selain itu juga secara kontinyu, suatu pengaturan untuk mempertahankan tinggi cairan dalam tanki pada nilai tertentu.



Gambar 2.1 Diagram Blok Sistem Pengendalian Otomatis

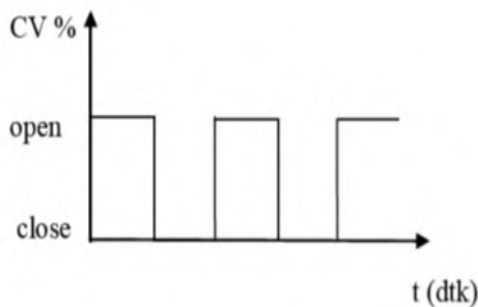
Di dalam diagram blok sistem pengendalian otomatis, terdapat komponen-komponen pokok seperti elemen proses, elemen pengukuran (*sensing element* dan *transmitter*), elemen *controller* (*control unit*) dan *final control element*. Di dalam gambar bagian atas *controller* mempunyai *summing junction* dengan tanda positif dan negatif. Di titik inilah langkah membandingkan dilakukan dengan mengurangi besaran *set point* dengan sinyal *measurement variable*. Hasilnya adalah sinyal *error*. Tanda negatif di *summing junction* membawa arti yang sangat

spesifik bagi sistem. Karena tanda ini sistem di atas disebut *negative feedback control system*.

2.3 Sistem Pengendalian *On-Off*

Sistem pengendali *on-off* hanya bekerja pada dua posisi, yaitu pada posisi *on* dan posisi *off*. Seumpama *final control element* berupa *control valve*, kerja *valve* hanya akan terbuka penuh atau tertutup penuh. Karena kerjanya yang *on-off*, hasil pengendali *on-off* akan menyebabkan *process variable* yang bergelombang. Perubahan *process variable* akan seirama dengan perubahan posisi *final control element*. Besar kecilnya fluktuasi *process variable* ditentukan oleh titik dimana *controller on* dan titik dimana *controller off*.

Pengendalian *on-off* seringkali menggunakan *dead band* suatu *process switch*. Contoh pengendalian *on-off* yang paling mudah ditemui adalah pengendalian suhu pada setrika listrik atau pompa. Kerja pengendalian *on-off* banyak dipakai di sistem pengendalian yang sederhana karena harganya yang relative murah. Namun tidak semua proses dapat dikendalikan secara *on-off*, karena banyak operasi proses yang tidak dapat mentolerir fluktuasi *process variable*. Jadi, syarat utama untuk memakai pengendali *on-off* bukan untuk menghemat biaya pembelian unit *controller* melainkan karena proses memang tidak dapat mentolerir fluktuasi *process variable* pada batas-batas kerja pengendalian *on-off*.



Gambar 2.2 Grafik Sistem Pengendalian *On-Off*

2.4 Pupuk Organik

Pupuk organik adalah pupuk yang sebagian besar atau seluruhnya terdiri atas bahan organik yang berasal dari sisa tanaman, dan atau hewan yang telah mengalami rekayasa berbentuk padat atau cair yang digunakan untuk memasok bahan organik, memiliki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah (Peraturan Menteri, No. 2/Pert/HK.060/2/2006).

Pupuk organik merupakan hasil akhir dan hasil antara dari perubahan atau peruraian bagian dari hasil sisa tanaman dan hewan. Pupuk organik berasal dari bahan organik yang mengandung berbagai macam unsur, meskipun ditandai dengan adanya nitrogen dalam bentuk persenyawaan organik, sehingga mudah diserap oleh tanaman.

Pupuk organik tidak meninggalkan sisa asam anorganik di dalam tanah dan mempunyai kadar persenyawaan C-Organik yang tinggi. Pupuk organik kebanyakan tersedia di alam (terjadi secara ilmiah), misalnya kompos, pupuk kandang, pupuk hijau, dan guano (Sumekto, 2006).

2.5 Kompos

Kompos merupakan istilah untuk pupuk organik buatan manusia yang dibuat dari proses pembusukan sisa-sisa buangan makhluk hidup (tanaman maupun hewan). Proses pembuatan kompos dapat berjalan secara aerob dan anaerob yang saling menunjang pada kondisi lingkungan tertentu. Secara keseluruhan, proses ini disebut dekomposisi (Yuwono, 2005).

Kompos yang baik adalah kompos yang sudah mengalami pelapukan dengan ciri-ciri warna yang berbeda dengan bahan pembentukannya, tidak berbau, kadar air rendah, dan memiliki suhu ruang.

Manfaat kompos antara lain sebagai berikut:

1. Menyediakan unsur hara mikro bagi tanaman
2. Menggemburkan tanah
3. Memperbaiki struktur dan tekstur tanah
4. Meningkatkan porositas, aerasi, dan komposisi mikroorganisme tanah

5. Meningkatkan daya ikat tanah terhadap air
6. Memudahkan pertumbuhan akar tanaman
7. Menyimpan air tanah lebih lama
8. Meningkatkan efisiensi pemakaian pupuk kimia
9. Bersifat multi lahan karena dapat digunakan di lahan pertanian, perkebunan, reklamasi lahan kritis, maupun padang golf.

Kompos memiliki keunggulan dibanding pupuk kimia, karena memiliki sifat-sifat seperti berikut ini:

1. Mengandung unsur hara makro dan mikro yang lengkap, walaupun dalam jumlah yang sedikit
2. Dapat memperbaiki struktur tanah dengan cara berikut:
 - a. Meningkatkan daya serap tanah terhadap air dan zat hara
 - b. Memperbaiki kehidupan mikroorganisme di dalam tanah dengan cara menyediakan bahan makanan bagi mikroorganisme tersebut
 - c. Memperbesar daya ikat tanah berpasir, sehingga tidak mudah terpecah
 - d. Memperbaiki drainase dan tata udara di dalam tanah
 - e. Membantu proses pelapukan bahan mineral
 - f. Melindungi tanah terhadap kerusakan yang disebabkan oleh erosi
 - g. Meningkatkan kapasitas tukar kation (KTK)
3. Menurunkan aktivitas mikroorganisme tanah yang merugikan (Sumekto, 2006).

2.6 Sensor Termokopel

Pada dasarnya terdapat 8 jenis tipe termokopel. Perbedaannya terdapat pada bahan dan aplikasi penggunaannya. Mulai dari tipe K, tipe E, tipe J, tipe N, tipe B, tipe R, tipe S, dan tipe T.

Termokopel tipe-K, terdiri dari dua buah konduktor yang berbeda komposisi, yaitu Kromel-Alumel. Termokopel ini merupakan termokopel yang biasa digunakan dalam berbagai kegiatan industri. Selain harganya yang murah, termokopel ini juga mempunyai jangkauan yang cukup tinggi. Termokopel tipe-K

memiliki batas suhu antara $-270\text{ }^{\circ}\text{C}$ sampai $+1370\text{ }^{\circ}\text{C}$, dengan sensitivitas mendekati $40\text{ }\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$.

2.7 LCD 16x2

M1632 merupakan Modul LCD Matrix dengan konfigurasi 16 karakter dan 2 baris dengan setiap karakternya dibentuk oleh 8 baris pixel dan 5 kolom pixel (1 baris pixel terakhir adalah kursor). Penjelasan masing-masing kaki LCD M1632 adalah sebagai berikut:

- Kaki 1 (GND) : Kaki ini berhubungan dengan tegangan 0 volt (Ground) dari LCD.
- Kaki 2 (VCC) : Kaki ini berhubungan dengan tegangan +5 volt yang merupakan tegangan untuk sumber daya dari HD44780.
- Kaki 3 (VEE/VLCD) : Tegangan pengatur kontras LCD, kaki ini terhubung pada V5. kontras mencapai nilai maksimum pada saat kondisi kaki ini pada tegangan 0 volt.
- Kaki 4 (RS) : Register Select, kaki pemilih register yang akan diakses. Untuk akses ke Register Data, logika dari kaki ini adalah 1 dan untuk akses ke Register Perintah, logika dari kaki ini adalah 0.
- Kaki 5 (R/W) : Logika 1 pada kaki ini menunjukkan bahwa modul LCD sedang pada mode pembacaan dan logika 0 menunjukkan bahwa modul LCD sedang pada mode penulisan. Untuk aplikasi yang tidak memerlukan pembacaan data pada Modul LCD, kaki ini dapat dihubungkan langsung ke Ground.
- Kaki 6 (E) : Enable Clock LCD, kaki mengaktifkan clock LCD. Logika 1 pada kaki ini diberikan pada saat penulisan atau pembacaan data.
- Kaki 7-14 (D0-D7) : Data Bus, kedelapan kaki Modul LCD ini adalah bagian di mana aliran data sebanyak 4 bit ataupun 8 bit mengalir saat proses penulisan maupun pembacaan data.
- Kaki 15 (Anoda) : Berfungsi untuk tegangan positif data Backlight modul LCD sekitar 4,5 volt.

Kaki 16 (Katoda) : Tegangan negatif backlight modul LCD sebesar 0 volt



Gambar 2.3 LCD 16x2

2.8 Solenoid Valve

Didalam solenoid terdapat kawat yang melingkar pada inti besi. Ketika arus listrik mengalir melalui kawat, maka terjadi medan magnet untuk menghasilkan energi yang akan menarik inti besi ke dalam. Dan ketika tidak diberi arus listrik maka medan magnet akan hilang dan energi yang menarik inti besi ke dalam akan hilang juga sehingga membuat posisi inti besi ke posisi awal. Solenoid adalah peralatan yang dipakai untuk mengkonversi signal elektrik atau arus listrik menjadi gerak linear mekanik. Solenoid dibuat dari kumparan dan inti besi yang dapat digerakkan. Kekuatan menarik dan mendorong ditentukan oleh jumlah lilitan pada kumparan. Sentakan dari solenoid adalah sangat penting. Sentakan kecil akan dihasilkan tingkat operasi yang tinggi, dan daya yang dibutuhkan juga lebih sedikit. Pipa katup, seperti keran untuk panas dan dingin air keran adalah jenis yang paling terlihat katup. Katup lain dijumpai pada setiap hari termasuk katup kontrol gas di kompor, katup kecil dipasang ke mesin cuci dan mesin pencuci piring, dan perangkat keamanan dipasang untuk sistem air panas. Katup dapat dioperasikan secara manual, baik oleh tangan roda, tuas atau pedal. Katup mungkin juga otomatis, didorong oleh perubahan tekanan, temperatur, atau aliran. Perubahan ini dapat bertindak atas sebuah diafragma atau piston yang pada gilirannya mengaktifkan katup. Contoh dari jenis katup ditemukan biasanya adalah katup pengaman dipasang untuk system air panas atau

boiler. Sistem kontrol menggunakan katup lebih kompleks membutuhkan kontrol otomatis berdasarkan input eksternal (misalnya, mengatur mengalir melalui pipa ke set point berubah) membutuhkan aktuator. Sebuah aktuator akan stroke katup tergantung pada input dan set-up, sehingga katup yang akan diposisikan secara akurat, dan memungkinkan kontrol atas berbagai persyaratan



Gambar 2.4 Solenoid Valve

2.9 Mikrokontroler

Sebuah mikrokontroler telah berisi semua komponen yang memungkinkannya beroperasi mandiri, dan telah dirancang secara khusus untuk tugas monitoring dan / atau kontrol. Karena itu, selain prosesor saja, juga sudah memuat memori, interface pengendali, satu atau lebih timer, interrupt controller, dan yg terakhir pasti memuat tidak sedikit I / O pin yang memungkinkan untuk langsung menghubungkannya lingkungannya.

2.9.1 Arduino Uno

Arduino ini merupakan sebuah board mikrokontroler yang didasarkan pada ATmega328. Arduino Uno memuat semua yang dibutuhkan untuk menunjang mikrokontroler, mudah menghubungkannya ke sebuah komputer dengan sebuah kabel USB atau mensuplainya dengan sebuah adaptor AC ke DC atau menggunakan baterai untuk memulainya. ATmega328 pada Arduino Uno hadir dengan sebuah bootloader yang memungkinkan

kita untuk mengupload kode baru ke ATmega328 tanpa menggunakan pemrogram hardware eksternal.

Kontroler yang digunakan pada tugas akhir ini adalah arduino uno. Arduino Uno adalah board mikrokontroler berbasis ATmega328. Memiliki 14 pin input dari output digital dimana 6 pin input tersebut dapat digunakan sebagai output PWM (Pulse Width Modulation) dan 6 pin input analog, 16 MHz osilator kristal, koneksi USB, jack power, ICSP header, dan tombol reset. Untuk mendukung mikrokontroler agar dapat digunakan, cukup hanya menghubungkan board Arduino Uno ke komputer dengan menggunakan kabel USB dan AC adaptor sebagai suplay atau baterai untuk menjalankannya.

Kelebihan Arduino diantaranya adalah tidak perlu perangkat chip programmer karena didalamnya sudah ada bootloader yang akan menangani upload program dari komputer, Arduino sudah memiliki sarana komunikasi USB, sehingga pengguna laptop yang tidak memiliki port serial/RS323 bisa menggunakannya. bahasa pemrograman relatif mudah karena software Arduino dilengkapi dengan kumpulan library yang cukup lengkap, dan Arduino memiliki modul siap pakai (shield) yang bisa ditancapkan pada board Arduino. Misalnya shield GPS, Ethernet, SD Card, dll.

2.9.2 Bahasa Arduino

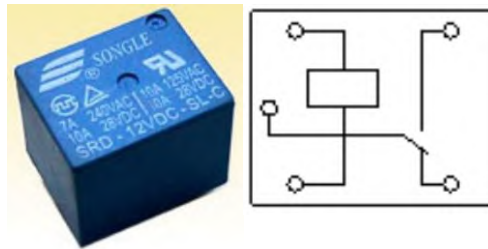
Bahasa Arduino diimplementasi dari C/C++ dalam pengkabelan. Ketika kita membuat sketsa program Arduino, secara tidak langsung kita membuat *library* pengkabelan yang sudah ada dalam Arduino IDE. Hal tersebut yang bisa membuat kita menciptakan program yang berjalan hanya dengan menggunakan dua fungsi yaitu: *setup()* dan *loop()*. Bahasa pengkabelan terinspirasi dari bahasa *Processing* dan struktur program Arduino diturunkan dari bahasa *Processing* dimana terdapat dua fungsi pembuat program yaitu *setup()* dan *draw()*.



Gambar 2.5 Arduino Uno

2.10 Relay

Relay adalah sebuah saklar yang dikendalikan oleh arus. Relay memiliki sebuah kumparan tegangan rendah yang dililitkan pada sebuah inti. Terdapat sebuah armatur besi yang akan tertarik menuju inti apabila arus mengalir melewati kumparan. Armatur ini terpasang pada sebuah tuas berpegas. Ketika armatur tertarik menuju inti, kontak jalur bersama akan berubah posisinya dari kontak normal-tertutup ke kontak normal-terbuka. Relay dibutuhkan dalam rangkaian elektronika sebagai eksekutor sekaligus interface antara beban dan sistem kendali elektronik yang berbeda sistem power supplynya. Secara fisik antara saklar atau kontaktor dengan elektromagnet relay terpisah sehingga antara beban dan sistem kontrol terpisah. Bagian utama relay elektro mekanik adalah sebagai berikut. Kumparan elektromagnet saklar atau kontaktor swing armatur spring (pegas). Tampilan relay dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2.6 Relay SRD 5Vdc

Relay dapat digunakan untuk mengontrol motor AC dengan rangkaian kontrol DC atau beban lain dengan sumber tegangan yang berbeda antara tegangan rangkaian kontrol dan tegangan beban. Rangkaian penggerak relay dapat dilihat pada gambar 2. Diantara aplikasi relay yang dapat ditemui diantaranya adalah : Relay sebagai kontrol ON/OFF beban dengan sumber tegang berbeda. Relay sebagai selektor atau pemilih hubungan. Relay sebagai eksekutor rangkaian delay (tunda) Relay sebagai protektor atau pemutus arus pada kondisi tertentu. Sifat – sifat relay : 1) Impedansi kumparan, biasanya impedansi ditentukan oleh tebal kawat yang digunakan serta banyaknya lilitan. Biasanya impedansi berharga 1 – 50 K Ω Guna memperoleh daya hantar yang baik. 2) Daya yang diperlukan untuk mengoperasikan relay besarnya sama dengan nilai tegangan dikalikan arus. 3) Banyaknya kontak-kontak jangkar dapat membuka dan menutup lebih dari satu kontak sekaligus tergantung pada kontak dan jenis relaynya. Jarak antara kontak-kontak menentukan besarnya tegangan maksimum yang diizinkan antara kontak tersebut(Bishop, 2004)

Rangkaian driver relay adalah rangkaian yang dibangun dari bermacam-macam komponen elektronika yang memiliki fungsi

saling mendukung antara komponen yang satu dengan komponen yang lain. Masingmasing komponen tersebut digunakan untuk mencapai satu tujuan, yaitu dapat membuat saklar elektronik.

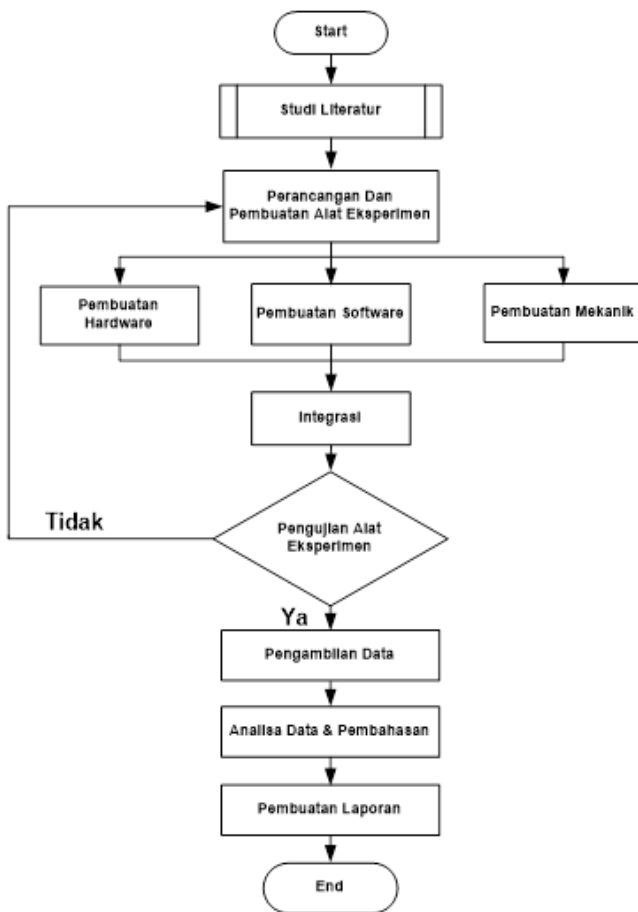
Saklar dapat menyambung dan memutuskan arus listrik. Selain itu rangkaian driver relay merupakan rangkaian elektronika yang bisa mengendalikan pengoperasian sesuatu dari jarak jauh. Dengan demikian, harus dibuat fungsi rangkaian pengendali yang sama. Bahkan sebaiknya saklar elektronik tersebut bersifat otomatis tanpa ada orang yang bertugas menekan saklar tersebut. Komponen transistor dapat berfungsi sebagai switch. Untuk dapat berfungsi sebagai switch, maka titik kerja transistor harus dapat berpindah pindah dari daerah saturasi (switch dalam keadaan “on”) ke daerah cut-off (switch dalam keadaan “off”). Komponen transistor dapat berfungsi sebagai switch, walaupun bukan sebagai switch ideal. Transistor bipolar adalah komponen yang bekerja berdasarkan ada-tidaknya arus pemicuan pada kaki Basisnya. Pada aplikasi driver relay, transistor bekerja sebagai saklar yang pada saat tidak menerima arus pemicuan, maka transistor akan berada pada posisi cut-off dan tidak menghantarkan arus, $I_c=0$. Dan saat kaki basis menerima arus pemicuan, maka transistor akan berubah ke keadaan saturasi dan menghantarkan arus. Pada Gambar 2 terdapat 2 buah transistor jenis NPN yang disusun secara Darlington. Transistor ini berfungsi sebagai saklar elektronik yang akan mengalirkan arus jika terdapat arus bias pada kaki basisnya dan akan menyumbat arus jika tidak terdapat arus bias pada kaki basisnya

Halaman ini Dikosongkan

BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

3.1 Blok Diagram Perancangan Alat

Konsep dasar pada perancangan dan pembuatan sistem pengendalian suhu dilakukan dengan tahapan-tahapan seperti pada flowchart dibawah ini:



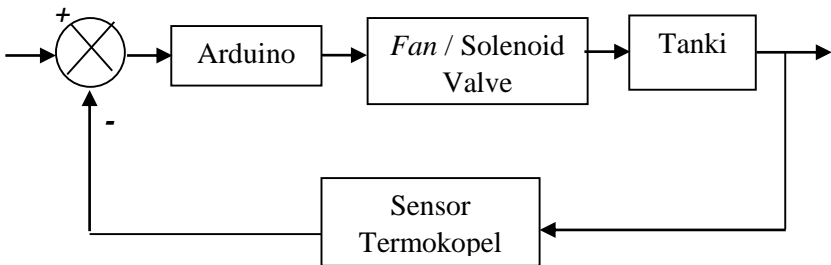
Gambar 3.1 Flowchart Perancangan Alat

3.2 Studi Literatur

Dalam pembuatan alat pengendalian Suhu, diawali dengan melakukan studi literatur mengenai perancangan alat dan teori pengendalian agar didapatkan pemahaman terhadap materi yang menunjang tugas akhir. Sumber literatur didapatkan dari buku-buku pendukung, website, dan jurnal ilmiah sebagai media informasi penunjang tugas akhir.

3.3 Perancangan dan Pembuatan *Hardware Fertilizer Maker*

Pada perancangan sistem pengendalian suhu ini terdapat diagram blok untuk merancang alat pengendali suhu pada *Fertilizer Maker* yang dapat dilihat pada Gambar 3.2.



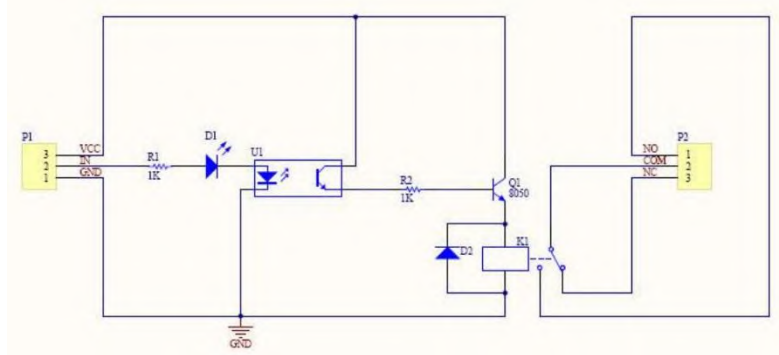
Gambar 3.2 Diagram Blok Sistem Pengendalian Suhu

Pada Gambar 3.2 dapat dijelaskan bahwa sistem pengendalian suhu pada *Fertilizer Maker* merupakan pengendalian tertutup atau pengendalian *Close Loop*, dimana proses control dilakukan secara berulang-ulang untuk mendapatkan nilai keluaran yang sesuai dengan nilai set poin. Komponen-komponen yang digunakan dalam proses pengendalian suhu ini adalah Sensor Termokopel Tipe-K dengan modul MAX6675 sebagai sensor suhu, Arduino sebagai kontroler, *Fan* dan kompor sebagai aktuator.

Prinsip kerja dari pengendalian suhu pada *Fertilizer Maker* adalah sensor termokopel tipe-k akan *men-sensing* masukan suhu yang terdapat dalam pupuk kompos lalu akan mentransmisikan sinyal ke kontroler yaitu Arduino untuk menyeleksi aktuator mana yang akan bekerja. Jika suhu yang didapat $<35^{\circ}\text{C}$ maka aktuator kompor

yang akan bekerja untuk memanaskan pupuk kompos agar bakteri EM4 yang ada didalam pupuk tidak mati. Jika suhu yang didapat $>55^{\circ}\text{C}$ maka aktuator *Fan* yang bekerja untuk mendinginkan suhu pada pupuk kompos. Karena pupuk kompos bisa dikatakan baik jika suhu dalam pembuatan pupuk kompos tidak lebih dari 55°C dan tidak kurang dari 35°C .

Aktuator yang digunakan pada pengendalian ini adalah *Fan* dan Kompor, namun kompor yang digunakan akan bersifat otomatis dan menggunakan *solenoid valve*. Sebelum sinyal output arduino diterima oleh *solenoid valve*, sinyal harus diperkuat terlebih dahulu agar besarnya tegangan sesuai dengan tegangan yang dibutuhkan untuk mengaktifkan aktuator. Dalam hal ini diperlukannya komponen relay beserta dengan modulnya, karena relay berfungsi untuk melakukan proses *switching* tegangan dari 5Vdc menjadi 12Vdc. Berikut adalah gambar rangkaian modul relay dan rangkaian arduino yang terhubung ke modul relay.



Gambar 3.3 Rangkaian Modul Relay

Modul relay merupakan suatu rangkaian yang berfungsi untuk mendukung kinerja relay agar dapat melakukan proses *switching* dengan sempurna. Modul relay terdiri dari beberapa komponen yaitu optocoupler, transistor, dioda dan relay. Komponen tersebut diintegrasikan menjadi sebuah modul sehingga relay dapat menerima sinyal keluaran arduino uno yang memiliki daya kecil.



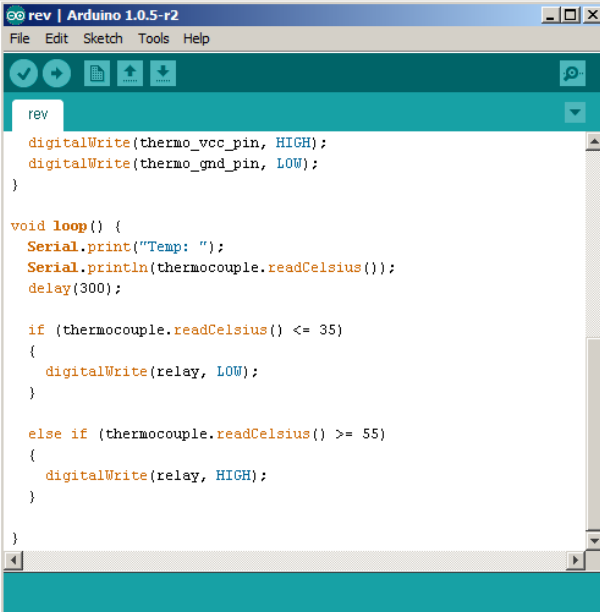
Gambar 3.4 Rangkaian Arduino Uno dengan Modul Relay

Sinyal yang dihasilkan dari modul relay adalah sinyal on-off. Sinyal ini kemudian yang berfungsi untuk mengaktifkan atau membuka *solenoid valve* pada kompor dan Fan dan mematikan atau menutup *solenoid valve* pada kompor dan Fan. *Solenoid valve* merupakan jenis *valve* yang hanya dapat menerima sinyal *high* dan *low* saja. Oleh karena itu pada pengendalian ini, *solenoid valve* hanya dapat membuka dan menutup secara penuh laju gas bertekanan yang dihasilkan oleh LPG menuju ke kompor. Jika *solenoid valve* menerima sinyal *high* atau tegangan input maka *solenoid valve* akan aktif dan membuka sehingga dapat mengalirkan gas dari LPG.

3.4 Perancangan dan Pembuatan Software

Perancangan *software* digunakan untuk mendukung kerja hardware yang telah dibuat. Pada perancangan *software* ini digunakan *software* arduino (IDE) untuk mempermudah melakukan proses pemrograman dan upload menuju *board* arduino. *Software* ini berfungsi untuk mengintegrasikan arduino dengan komponen lain seperti modul relay, sensor suhu Termokopel Tipe-K dengan modul MAX6675 dan LCD 16x2. Program yang dibuat dalam software ini terdiri dari program untuk mengubah besaran analog sensor Termokopel Tipe-K menjadi besaran digital agar mempermudah proses selanjutnya, program ini disebut dengan program ADC (*Analog to Digital Converter*) yang sudah ada pada modul MAX6675. Selain itu, dibuat juga program yang berfungsi untuk melakukan

pengendalian dengan menggunakan logika *if* serta program untuk mengirimkan sinyal digital menuju LCD 16x2 agar dapat menampilkan data tekanan yang telah diolah oleh arduino. Sehingga setelah proses pemrograman dan upload menuju board arduino, hardware dapat bekerja sesuai dengan program yang telah dibuat. Berikut adalah gambar proses pemrograman pada software arduino (IDE).



```

rev
digitalWrite(thermo_vcc_pin, HIGH);
digitalWrite(thermo_gnd_pin, LOW);
}

void loop() {
  Serial.print("Temp: ");
  Serial.println(thermocouple.readCelsius());
  delay(300);

  if (thermocouple.readCelsius() <= 35)
  {
    digitalWrite(relay, LOW);
  }

  else if (thermocouple.readCelsius() >= 55)
  {
    digitalWrite(relay, HIGH);
  }
}

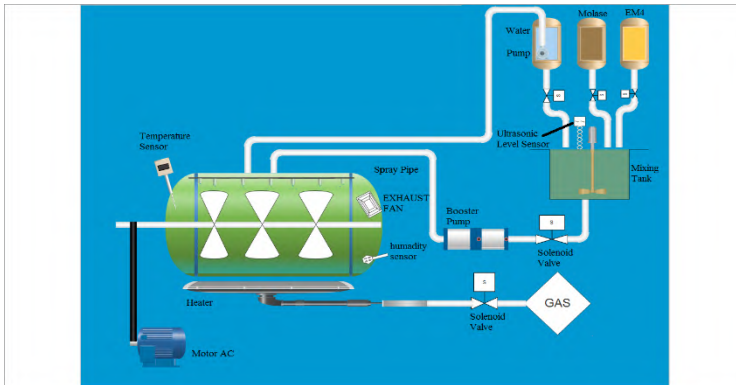
```

Gambar 3.5 Pemrograman pada *Software* Arduino (IDE)

3.5 Perancangan dan Pembuatan Mekanik

Fertilizer Maker dibuat dengan menggunakan besi setebal 1.5mm dengan ukuran 60cmx60cm. Didalam tanki besi terdapat pengaduk atau pencacah daun yang berbentuk panjang dengan menggunakan besi yang berfungsi untuk mengaduk dan mencacah pupuk kompos yang akan diproduksi dengan menggunakan Motor AC. *Fertilizer Maker* mempunyai komponen-komponen penting seperti sensor, kontroler, dan aktuator pada setiap pengendaliannya.

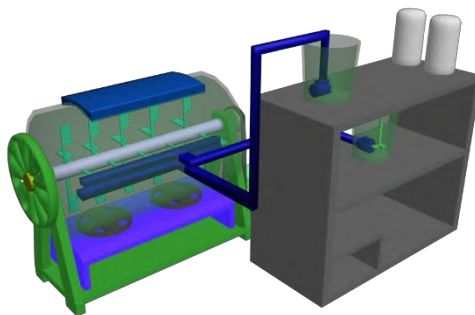
Contoh pada pengendalian suhu menggunakan 1 sensor dengan 2 aktuator. Pada pengendalian kelembaban memiliki 1 sensor dengan 2 aktuator. Pada pengendalian *mixing* level campuran katalisator memiliki 1 mixing tank, 3 tabung katalisator tiap-tiap senyawa bakteri, 1 booster pump.



Gambar 3.6 Sistem Mekanik pada *Fertilizer Maker*

3.6 Desain Alat Total

Berikut adalah desain total alat *Fertilizer Maker* dengan seluruh komponen yang terdapat dalam sistem:



Gambar 3.7 Desain Total *Fertilizer Maker*

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Rancang Bangun

Telah selesai dibuat sistem pengendalian suhu pada *Fertilizer Maker* berdasarkan hasil rancangan menggunakan sensor Termokopel Tipe-K yang mempunyai *range* pembacaan dari 0-1000^oC.

Sistem pengendalian suhu pada *Fertilizer Maker* ini menggunakan sistem pengendalian *on-off* dengan dua kondisi karena pada pengendalian suhu ini terdapat kondisi dimana pupuk kompos bersuhu minimum dan maksimum pada proses pembuatannya. Pengendalian ini berfungsi agar pembuatan atau produksi pupuk kompos mempunyai suhu yang tepat dan meminimalisir adanya kegagalan pada saat pembuatan. Sistem pengendalian suhu pada *Fertilizer Maker* menggunakan dua aktuator yang mana mempunyai *setpoint* untuk mengaktifkan salah satu aktuator dan atau menonaktifkan kedua aktuator.

Sesuai dengan tujuan dilakukannya pengendalian suhu, suhu pada proses pembuatan pupuk harus sama dengan *setpoint*, maka diperlukan sistem kontrol yang dapat mengaktifkan salah satu aktuator dan atau menonaktifkan kedua aktuator. Sistem pengendalian ini terdiri dari Sensor Termokopel Tipe-K, Arduino Uno sebagai kontroler, relay, *fan* sebagai aktuator suhu rendah, dan Solenoid Valve yang telah disambungkan dengan kompor sebagai aktuator suhu tinggi.

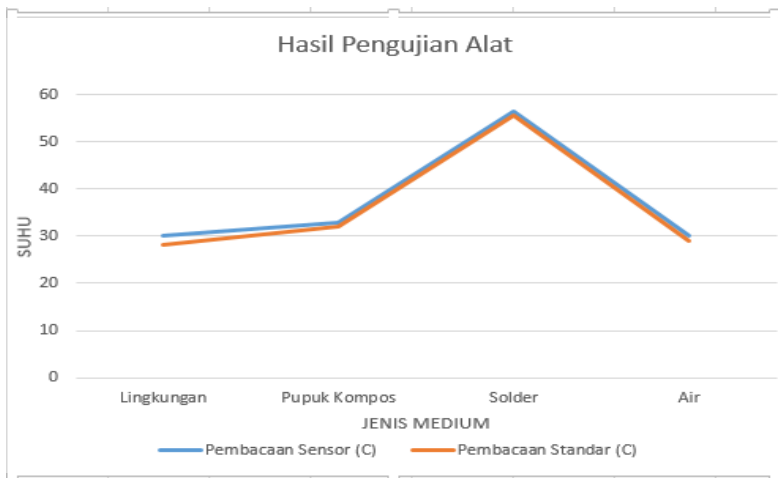
4.2 Pengujian Sensor Termokopel Tipe-K

Sensor suhu yang digunakan pada sistem pengendalian suhu ini adalah Sensor Termokopel Tipe-K yang mana mempunyai *range* pembacaan dari 0-1000^oC. tujuan pengujian sensor Termokopel Tipe-K ini adalah untuk mengukur suhu yang terbaca pada pin digital yang tersedia didalam rangkaian mikrokontroler Arduino Uno dengan respon 2 detik. Berdasarkan pengujian penambahan suhu menggunakan 3 medium berbeda, yaitu: suhu lingkungan, pupuk, solder, dan air didapatkan data sebagai berikut:

Tabel 4.1 Data Pengujian Sensor Suhu

Percobaan Ke-	Jenis Medium	Pembacaan Sensor ($^{\circ}\text{C}$)	Pembacaan Standar
1	Lingkungan	30.00	28.25
2	Pupuk Kompos	33.00	32
3	Solder	56.50	55.75
4	Air	30.00	29

Dari data diatas dapat disimpulkan bahwa Sensor Termokopel Tipe-K dapat membaca dengan baik setiap pergantian medium yang diukur. Berikut adalah grafik respon pembacaan suhu oleh tiap medium yang diukur.

**Gambar 4.1** Respon Suhu Terhadap Jenis Medium yang Berbeda

4.3 Pengujian Sistem

4.3.1 Pengujian Aktuator pada Sistem

Pada pengujian sistem ini dilakukan dengan cara memberikan sinyal input yang berupa *Process Variable* (PV) dimana pengendalian suhu merupakan sistem pengendalian *on-off*. Dengan menentukan nilai *setpoint* yang diinginkan, selanjutnya suhu pada

pupuk kompos dikondisikan mencapai suhu minimum pembuatan yaitu 35°C dan suhu maksimum pembuatan pupuk yaitu 55°C . Apabila suhu kurang dari *setpoint* pada suhu minimum, maka *Solenoid Valve* akan membuka dan mengalirkan gas menuju kompor pemanas akan aktif dan apabila suhu melebihi dari *setpoint* pada suhu maksimum maka *Fan*.

Tabel 4.2 Data Pengujian Aktuator pada Sistem

Suhu Terbaca ($^{\circ}\text{C}$)	Aktuator 1 (<i>Fan</i>)	Aktuator 2 (<i>Solenoid Valve</i>)
31.25	OFF	ON
35.25	OFF	OFF
57.25	ON	OFF
31.25	OFF	ON

Dari Tabel 4.2 dapat disimpulkan bahwa jika suhu kurang dari batas minimum *setpoint* maka *Solenoid Valve* aktif dan jika suhu melebihi batas maksimum *setpoint* maka *fan* akan aktif. Namun, jika suhu berada pada antara batas minimum dan batas maksimum *setpoint* maka kedua aktuator akan mati.

4.3.2 Pengujian Sensor pada sistem

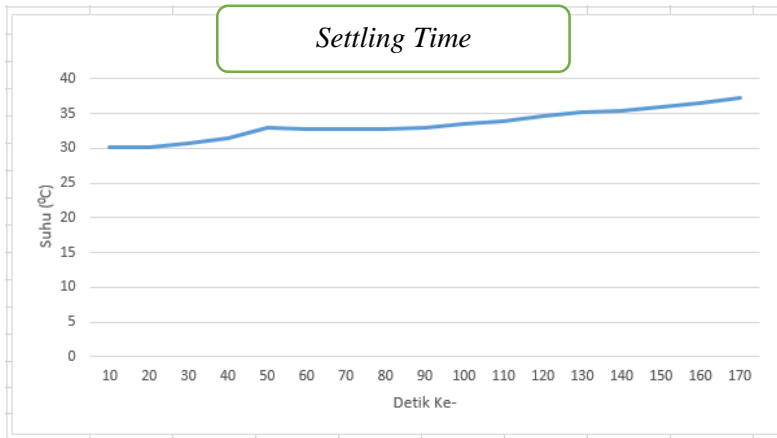
Pada pengujian sensor Termokopel Tipe-K dilakukan dengan cara menguji *Settling Time* pada sensor, yaitu seberapa cepat suatu sensor mendekati nilai *setpoint*. Pada *Fertilizer Maker* *setpoint* yang digunakan ada dua, yaitu batas maksimum suhu sebesar 55°C dan batas minimum suhu sebesar 35°C .

Pada pengujian kali ini menggunakan *Settling Time* pada batas minimum yaitu sebesar 35°C . Setelah dilakukan pengujian, hasil yang didapat adalah respon sensor suhu Termokopel Tipe-K untuk mencapai *setpoint* batas minimum dari keadaan suhu lingkungan (30.25°C) adalah 2 menit 50 detik. Berikut adalah data dari pengujian.

Tabel 4.3 Data pengujian Sensor pada Sistem

Suhu (⁰ C)	Detik Ke-
30.25	10
30.25	20
30.75	30
31.50	40
33.00	50
32.75	60
32.75	70
32.75	80
33.00	90
33.50	100
34.00	110
34.75	120
35.25	130
35.50	140
36.00	150
36.50	160
37.25	170

Dari Tabel 4.3 diatas dapat dilihat bahwa *Settling Time* sensor Termokopel Tipe-K menunjukkan kenaikan yang stabil meskipun pada 30 detik pertama suhu tetap sama dengan suhu lingkungan karena panas dari kompor pemanas memerlukan waktu untuk merambat ke seluruh ruangan pada tanki produksi pupuk kompos. Perubahan suhu tidak stabil pada detik ke 40 sampai 60 dikarenakan panas yang dihasilkan oleh kompor pemanas yang mengenai tanki produksi mulai memenuhi seluruh ruangan tanki produksi. Hal tersebut wajar terjadi karena Termokopel mengenai bagian bawah tanki produksi yang terkena panas berlebih dari kompor pemanas. Setelah detik ke 60, suhu mengalami kenaikan stabil sampai mencapai setpoint batas minimum suhu optimal. Untuk memperjelas respon sensor, terdapat grafik respon seperti gambar dibawah ini.



Gambar 4.2 Grafik *Settling Time* Sensor Termokopel Tipe-K

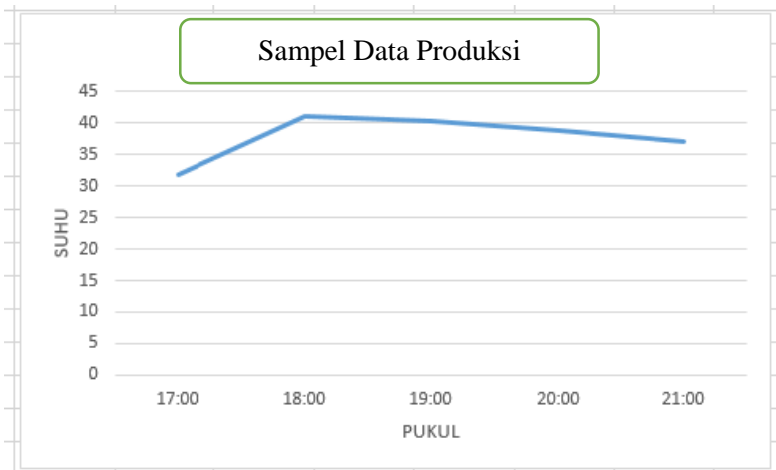
4.3.3 Hasil Pengujian Keseluruhan pada Proses Produksi

Proses produksi pada *Fertilizer Maker* cukup baik karena sistem-sistem yang dikontrol berjalan dengan baik. Semua setpoint terlampaui dengan baik dan koneksi antara variabel yang dikontrol dengan aktuator yang digunakan sangat baik. Khususnya pada pengendalian suhu, suhu pada produksi pupuk kompos berada antara setpoint minimum dan setpoint maksimum, dimana suhu pada produksi pupuk kompos berkisar antara 37°C sampai dengan 41°C. Berikut adalah sampel data pengujian keseluruhan pada proses produksi selama 5 jam (17.00 – 21.00 WIB).

Tabel 4.4 Sampel Data Produksi Selama 5 jam

Pukul	Suhu (°C)	Aktuator	
		Fan	Solenoid Valve
17.00	31.75	OFF	ON
18.00	41.00	OFF	OFF
19.00	40.25	OFF	OFF
20.00	38.75	OFF	OFF
21.00	37.00	OFF	OFF

Dari Tabel 4.4 dapat dilihat bahwa pengendalian suhu pada *Fertilizer Maker* berjalan dengan baik. Suhu pupuk kompos pada proses produksi stabil pada antara batas bawah setpoint dan batas atas setpoint. Bila suhu tersebut bisa konstan sampai proses produksi selesai (4-6 minggu), maka produksi pupuk kompos dapat dikatakan berhasil dan layak pakai. Berikut ini adalah grafik pengujian sampel pada proses produksi selama 5 jam.



Gambar 4.3 Grafik Sampel Data Produksi Selama 5 Jam

4.4 Data Pengujian Kalibrasi Sensor

Kalibrasi sensor sangat dibutuhkan karena sensor harus memiliki pembacaan yang akurat. Oleh karena itu, sensor uji harus melakukan perbandingan dengan sensor yang telah sesuai dengan pembacaan yang ditetapkan (standar). Pada pengujian kalibrasi sensor ini menggunakan Termometer Digital milik Laboratorium Fisis sebagai kalibratornya. Hasil dari kalibrasi ini merupakan kalibrasi dari sensor suhu Termokopel Tipe-K. Adapun perhitungan kalibrasi pada sensor dimulai dari mencari span sebagai berikut:

Tabel 4.5 Data Pencarian *Range* Suhu dan Tegangan

Suhu ($^{\circ}\text{C}$)	Tegangan (V)
36.75	0.980
37.00	1.380
37.25	1.421
37.50	1.500
38.00	1.732
38.25	1.802
39.75	1.840
39.00	2.020
39.25	2.019
39.50	2.026
40.00	2.245
40.50	2.360
41.00	2.373
41.75	2.416
42.50	2.426
43.25	2.398
44.75	2.427
45.25	2.400
45.50	2.409
48.75	2.464
55.00	2.494
56.00	2.501

Span suhu = Nilai Maksimum – Nilai Minimum

Span suhu = $56^{\circ}\text{C} - 36.75^{\circ}\text{C}$

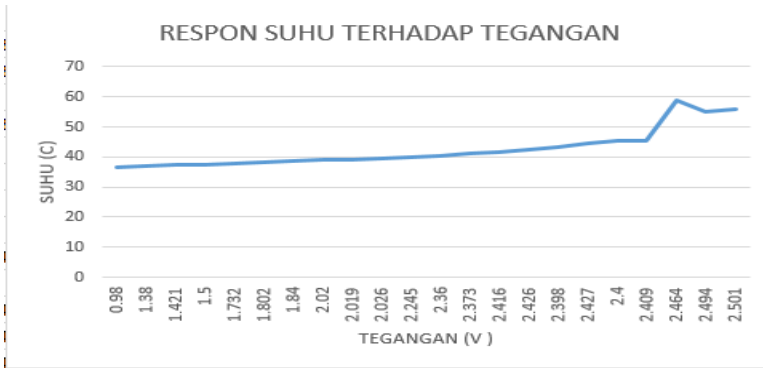
Span suhu = 19.25°C

Span tegangan = Nilai Maksimum – Nilai Minimum

Span tegangan = $2.501 \text{ V} - 0.98 \text{ V}$

Span tegangan = 1.521 V

Dari hasil data Tabel 4.5 didapat grafik respon suhu terhadap tegangan sebagai berikut:



Gambar 4.4 Grafik Respon Suhu Terhadap Tegangan

Setelah mendapatkan hasil dari span sebesar 19.25°C , maka selanjutnya pengujian akurasi dan kepresisian dari sensor yang dilakukan menggunakan perhitungan kalibrasi dengan metode pemeriksaan skala.

Tabel 4.6 Kalibrasi Pemeriksaan Skala

No.	Pembacaan Alat	Pembacaan Standart	Koreksi
1	32.00	31	-1
2	32.00	31	-1
3	32.50	31	-1.5
4	32.00	31	-1
5	32.00	31	-1
Jumlah	160.50	155	-5.5
Rata-rata	32.10	31.00	-1.1
Standart Deviasi Koreksi			0.22
Ua1 =			0.1
Nilai Minimum Koreksi =			-1.5
Nilai Maksimum Koreksi =			-1

Setelah metode pemeriksaan skala berhasil didapat, dilakukan metode pembacaan berulang yang mana melakukan pengambilan data 10x pada setiap titik setpoint yang digunakan pada sistem. Dimana data tersebut guna mencari nilai UA_1 (Ketidakpastian Pengukuran), UA_2 (Ketidakpastian Regresi), UB_1 (Ketidakpastian Resolusi), U_c (Ketidakpastian Cakupan), dan U_{expan} (Ketidakpastian Diperluas). Selanjutnya dapat diketahui kelayakan pakai dari sensor dengan membandingkan nilai U_{expan} dengan *range* kelayakan pakai sebuah alat ukur yaitu tidak lebih dari 5% pembacaan maksimum.

Tabel 4.7 Perhitungan untuk Nilai UA_1

No.	Pembacaan	Pembacaan Alat										Rata-Rata Pemb.	Koreksi (y)	2(Kuadrat
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
1	35.4	36	36.75	35	35.25	35.75	36.25	36.25	36.25	36.2	36.25	36.00	-0.59	0.35
2	42	43	43.5	43.25	43.25	43.5	43	43.75	43.75	43.75	43.75	43.45	-1.45	2.10
3	57.2	58.2	58.5	58	58.5	58.25	58	58	58.25	58.5	58.75	58.30	-1.10	1.20
Jumlah												137.74	-3.14	3.66

Nilai Ketidakpastian (UA_1) dapat ditentukan dengan mencari standar deviasi terlebih dahulu dengan rumus:

$$\text{Standar Deviasi} = \sqrt{\frac{yi - yi^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{3.66}{2}} = 0.781$$

$$UA_1 = \frac{\delta}{\sqrt{n}} = \frac{0.781}{\sqrt{3}} = 0.451$$

Dimana:

δ = Standar deviasi

n = banyak data

UA_1 = Ketidakpastian pengukuran

Derajat Kebebasan (V) = $n-1$

Derajat Kebebasan (V) = $3-1$

Derajat Kebebasan (V) = 2

Jika UA_1 sudah didapat, maka dilanjutkan dengan mencari nilai UA_2 . Untuk mengetahui nilai dari UA_2 , dibutuhkan nilai Y_{reg} terlebih dahulu dengan cara dilakukan pencarian nilai a dan b. Tabel berikut merupakan data untuk mencari nilai Ketidakpastian Pendekatan Regresi atau UA_2 .

Tabel 4.8 Perhitungan untuk Nilai UA_2

t_i^2	$t_i * y_i$	Y_{reg}	Residu (R)	SSR	y_i^2 (Kuadrat)
1253.1	-21.063	-3.47	2.88	8.27	0.35
1764	-60.9	-3.62	2.17	4.71	2.10
3271.8	-63.634	-3.97	2.87	8.24	1.20

Untuk mengetahui nilai Y_{reg} dengan persamaan:

$$Y_{reg} = a + (b * t_i)$$

$$a = \bar{y} - (b * t_{rata\ rata})$$

$$b = \frac{((n * \sum(t_i * y_i)) - (\sum y - \sum t))}{((n * \sum t_i^2) - \sum t^2)}$$

Dari persamaan diatas didapat nilai a = -2.669 dan nilai b = -0.022. Maka didapat nilai Y_{reg} seperti pada tabel. Nilai residu (R) pada tabel didapatkan dari persamaan $(y_i - Y_{reg})$ dan nilai SSR = 21.22 yang didapatkan dari persamaan $[\sum R^2]$.

$$UA_2 = \sqrt{\frac{SSR}{n-2}} = \sqrt{\frac{21.22}{3-2}} = 4.606$$

Dimana :

UA_2 : Ketidakpastian Regresi

n : Jumlah data

SSR : *Sum Square Residual*

$$UB_1 = \frac{\frac{1}{2} Resolusi}{\sqrt{3}} = \frac{\frac{1}{2} 0.25}{\sqrt{3}} = 0,171$$

$$Uc = \sqrt{(UA_1^2 + UA_2^2 + UB_1^2)} = 158.5$$

$$U_{expan} = k \cdot Uc = 2,01 * 158.5 = 318.6$$

LAMPIRAN A
(Listing Program di Mikrokontroler)

```
#include <max6675.h>
#include <LiquidCrystal.h>
LiquidCrystal lcd(13,12,11,10,9,8);
// Thermocouple
//int thermo_gnd_pin = 6;
//int thermo_vcc_pin = 5;
int thermo_so_pin = 4;
int thermo_cs_pin = 3;
int thermo_sck_pin = 2;
// Aktuator
int relay_fan = 7;
int relay_sv = 6;

MAX6675 thermocouple(thermo_sck_pin, thermo_cs_pin,
thermo_so_pin);

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  delay(2000);

  pinMode(relay_fan, OUTPUT);
  pinMode(relay_sv, OUTPUT);
  //pinMode(thermo_vcc_pin, OUTPUT);
  //pinMode(thermo_gnd_pin, OUTPUT);
  //digitalWrite(thermo_vcc_pin, HIGH);
  //digitalWrite(thermo_gnd_pin, LOW);
}

void loop() {
  Serial.print("Temp: ");
  Serial.println(thermocouple.readCelsius());
  delay(1000);
}
```

```
lcd.print(thermocouple.readCelsius());  
lcd.setCursor(0,1);  
lcd.print("Suhu=");  
lcd.setCursor(7,1);  
lcd.print("C");  
delay(1000);
```

```
    if (thermocouple.readCelsius() <= 35)  
    {  
        digitalWrite(relay_fan, HIGH);  
        digitalWrite(relay_sv, LOW);  
    }  
    if(thermocouple.readCelsius() >37 && thermocouple.readCelsius  
(<55)  
    {digitalWrite (relay_fan,HIGH);  
digitalWrite (relay_sv, HIGH);}  
    else if (thermocouple.readCelsius() >= 55)  
    {  
        digitalWrite(relay_fan, LOW);  
        digitalWrite(relay_sv, HIGH);  
    }  
  
}
```



Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C)

MAX6675

General Description

The MAX6675 performs cold-junction compensation and digitizes the signal from a type-K thermocouple. The data is output in a 12-bit resolution, SPI™-compatible, read-only format.

This converter resolves temperatures to 0.25°C, allows readings as high as +1024°C, and exhibits thermocouple accuracy of 8LSBs for temperatures ranging from 0°C to +700°C.

The MAX6675 is available in a small, 8-pin SO package.

Features

- ◆ Direct Digital Conversion of Type -K Thermocouple Output
- ◆ Cold-Junction Compensation
- ◆ Simple SPI-Compatible Serial Interface
- ◆ 12-Bit, 0.25°C Resolution
- ◆ Open Thermocouple Detection

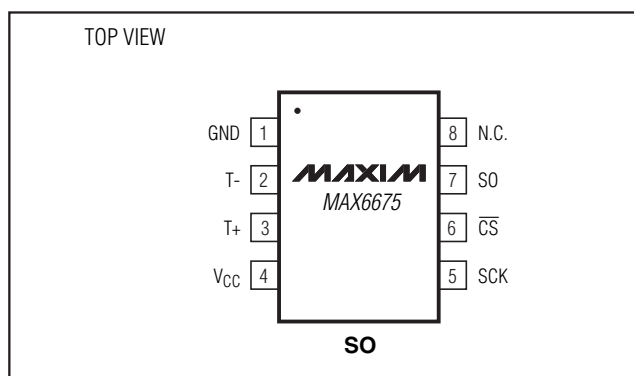
Ordering Information

PART	TEMP RANGE	PIN-PACKAGE
MAX6675ISA	-20°C to +85°C	8 SO

Applications

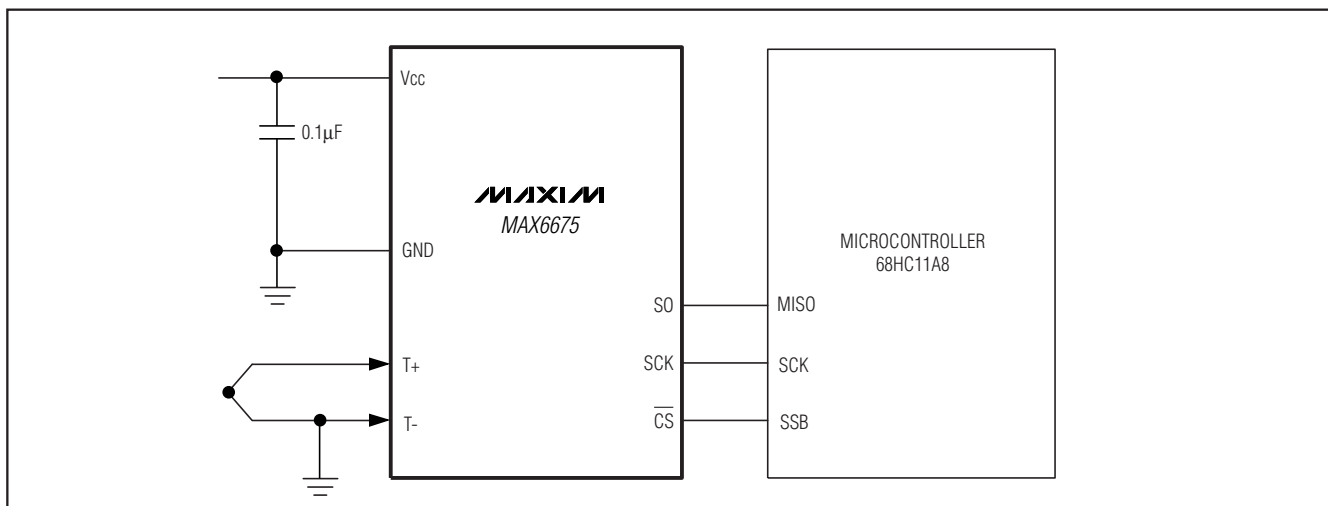
Industrial
Appliances
HVAC
Automotive

Pin Configuration



SPI is a trademark of Motorola, Inc.

Typical Application Circuit



Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C)

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Supply Voltage (V_{CC} to GND) -0.3V to +6V
 SO, SCK, CS, T-, T+ to GND -0.3V to V_{CC} + 0.3V
 SO Current 50mA
 ESD Protection (Human Body Model) ±2000V
 Continuous Power Dissipation (T_A = +70°C)
 8-Pin SO (derate 5.88mW/°C above +70°C) 471mW
 Operating Temperature Range -20°C to +85°C

Storage Temperature Range -65°C to +150°C
 Junction Temperature +150°C
 SO Package
 Vapor Phase (60s) +215°C
 Infrared (15s) +220°C
 Lead Temperature (soldering, 10s) +300°C

Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(V_{CC} = +3.0V to +5.5V, T_A = -20°C to +85°C, unless otherwise noted. Typical values specified at +25°C.) (Note 1)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
Temperature Error		T _{THERMOCOUPLE} = +700°C, T _A = +25°C (Note 2)	V _{CC} = +3.3V	-5		+5	LSB
			V _{CC} = +5V	-6		+6	
		T _{THERMOCOUPLE} = 0°C to +700°C, T _A = +25°C (Note 2)	V _{CC} = +3.3V	-8		+8	
			V _{CC} = +5V	-9		+9	
		T _{THERMOCOUPLE} = +700°C to +1000°C, T _A = +25°C (Note 2)	V _{CC} = +3.3V	-17		+17	
			V _{CC} = +5V	-19		+19	
Thermocouple Conversion Constant					10.25		μV/LSB
Cold-Junction Compensation Error		T _A = -20°C to +85°C (Note 2)	V _{CC} = +3.3V	-3.0		+3.0	°C
			V _{CC} = +5V	-3.0		+3.0	
Resolution					0.25		°C
Thermocouple Input Impedance					60		kΩ
Supply Voltage	V _{CC}			3.0		5.5	V
Supply Current	I _{CC}				0.7	1.5	mA
Power-On Reset Threshold		V _{CC} rising		1	2	2.5	V
Power-On Reset Hysteresis					50		mV
Conversion Time		(Note 2)			0.17	0.22	s
SERIAL INTERFACE							
Input Low Voltage	V _{IL}					0.3 x V _{CC}	V
Input High Voltage	V _{IH}			0.7 x V _{CC}			V
Input Leakage Current	I _{LEAK}	V _{IN} = GND or V _{CC}				±5	μA
Input Capacitance	C _{IN}				5		pF

Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C)

MAX6675

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

(V_{CC} = +3.0V to +5.5V, T_A = -20°C to +85°C, unless otherwise noted. Typical values specified at +25°C.) (Note 1)

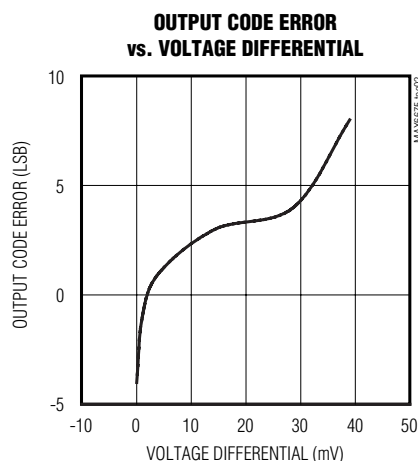
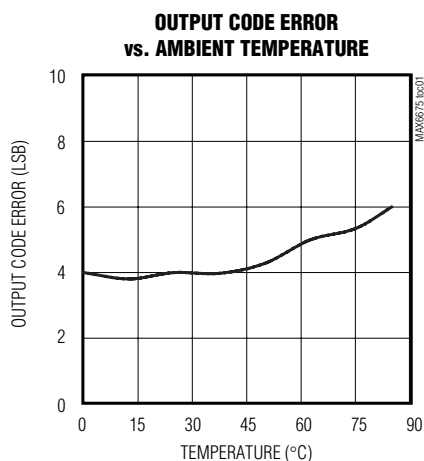
PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Output High Voltage	V _{OH}	I _{SOURCE} = 1.6mA	V _{CC} - 0.4			V
Output Low Voltage	V _{OL}	I _{SINK} = 1.6mA			0.4	V
TIMING						
Serial Clock Frequency	f _{SCL}				4.3	MHz
SCK Pulse High Width	t _{CH}		100			ns
SCK Pulse Low Width	t _{CL}		100			ns
CSB Fall to SCK Rise	t _{CSS}	C _L = 10pF	100			ns
CSB Fall to Output Enable	t _{DV}	C _L = 10pF			100	ns
CSB Rise to Output Disable	t _{TR}	C _L = 10pF			100	ns
SCK Fall to Output Data Valid	t _{DO}	C _L = 10pF			100	ns

Note 1: All specifications are 100% tested at T_A = +25°C. Specification limits over temperature (T_A = T_{MIN} to T_{MAX}) are guaranteed by design and characterization, not production tested.

Note 2: Guaranteed by design. Not production tested.

Typical Operating Characteristics

(V_{CC} = +3.3V, T_A = +25°C, unless otherwise noted.)



Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C)

Pin Description

PIN	NAME	FUNCTION
1	GND	Ground
2	T-	Alumel Lead of Type-K Thermocouple. Should be connected to ground externally.
3	T+	Chromel Lead of Type-K Thermocouple
4	V _{CC}	Positive Supply. Bypass with a 0.1μF capacitor to GND.
5	SCK	Serial Clock Input
6	$\overline{\text{CS}}$	Chip Select. Set $\overline{\text{CS}}$ low to enable the serial interface.
7	SO	Serial Data Output
8	N.C.	No Connection

Detailed Description

The MAX6675 is a sophisticated thermocouple-to-digital converter with a built-in 12-bit analog-to-digital converter (ADC). The MAX6675 also contains cold-junction compensation sensing and correction, a digital controller, an SPI-compatible interface, and associated control logic.

The MAX6675 is designed to work in conjunction with an external microcontroller (μC) or other intelligence in thermostat, process-control, or monitoring applications.

Temperature Conversion

The MAX6675 includes signal-conditioning hardware to convert the thermocouple's signal into a voltage compatible with the input channels of the ADC. The T+ and T- inputs connect to internal circuitry that reduces the introduction of noise errors from the thermocouple wires.

Before converting the thermoelectric voltages into equivalent temperature values, it is necessary to compensate for the difference between the thermocouple cold-junction side (MAX6675 ambient temperature) and a 0°C virtual reference. For a type-K thermocouple, the voltage changes by 41μV/°C, which approximates the thermocouple characteristic with the following linear equation:

$$V_{\text{OUT}} = (41\mu\text{V} / ^\circ\text{C}) \times (T_{\text{R}} - T_{\text{AMB}})$$

Where:

V_{OUT} is the thermocouple output voltage (μV).

T_R is the temperature of the remote thermocouple junction (°C).

T_{AMB} is the ambient temperature (°C).

Cold-Junction Compensation

The function of the thermocouple is to sense a difference in temperature between two ends of the thermocouple wires. The thermocouple's hot junction can be read from 0°C to +1023.75°C. The cold end (ambient temperature of the board on which the MAX6675 is mounted) can only range from -20°C to +85°C. While the temperature at the cold end fluctuates, the MAX6675 continues to accurately sense the temperature difference at the opposite end.

The MAX6675 senses and corrects for the changes in the ambient temperature with cold-junction compensation. The device converts the ambient temperature reading into a voltage using a temperature-sensing diode. To make the actual thermocouple temperature measurement, the MAX6675 measures the voltage from the thermocouple's output and from the sensing diode. The device's internal circuitry passes the diode's voltage (sensing ambient temperature) and thermocouple voltage (sensing remote temperature minus ambient temperature) to the conversion function stored in the ADC to calculate the thermocouple's hot-junction temperature.

Optimal performance from the MAX6675 is achieved when the thermocouple cold junction and the MAX6675 are at the same temperature. Avoid placing heat-generating devices or components near the MAX6675 because this may produce cold-junction-related errors.

Digitization

The ADC adds the cold-junction diode measurement with the amplified thermocouple voltage and reads out the 12-bit result onto the SO pin. A sequence of all zeros means the thermocouple reading is 0°C. A sequence of all ones means the thermocouple reading is +1023.75°C.

Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C)

Applications Information

Serial Interface

The *Typical Application Circuit* shows the MAX6675 interfaced with a microcontroller. In this example, the MAX6675 processes the reading from the thermocouple and transmits the data through a serial interface. Force \overline{CS} low and apply a clock signal at SCK to read the results at SO. Forcing \overline{CS} low immediately stops any conversion process. Initiate a new conversion process by forcing \overline{CS} high.

Force \overline{CS} low to output the first bit on the SO pin. A complete serial interface read requires 16 clock cycles. Read the 16 output bits on the falling edge of the clock. The first bit, D15, is a dummy sign bit and is always zero. Bits D14–D3 contain the converted temperature in the order of MSB to LSB. Bit D2 is normally low and goes high when the thermocouple input is open. D1 is low to provide a device ID for the MAX6675 and bit D0 is three-state.

Figure 1a is the serial interface protocol and Figure 1b shows the serial interface timing. Figure 2 is the SO output.

Open Thermocouple

Bit D2 is normally low and goes high if the thermocouple input is open. In order to allow the operation of the open thermocouple detector, T- must be grounded. Make the ground connection as close to the GND pin as possible.

Noise Considerations

The accuracy of the MAX6675 is susceptible to power-supply coupled noise. The effects of power-supply noise can be minimized by placing a 0.1 μ F ceramic bypass capacitor close to the supply pin of the device.

Thermal Considerations

Self-heating degrades the temperature measurement accuracy of the MAX6675 in some applications. The magnitude of the temperature errors depends on the thermal conductivity of the MAX6675 package, the

mounting technique, and the effects of airflow. Use a large ground plane to improve the temperature measurement accuracy of the MAX6675.

The accuracy of a thermocouple system can also be improved by following these precautions:

- Use the largest wire possible that does not shunt heat away from the measurement area.
- If small wire is required, use it only in the region of the measurement and use extension wire for the region with no temperature gradient.
- Avoid mechanical stress and vibration, which could strain the wires.
- When using long thermocouple wires, use a twisted-pair extension wire.
- Avoid steep temperature gradients.
- Try to use the thermocouple wire well within its temperature rating.
- Use the proper sheathing material in hostile environments to protect the thermocouple wire.
- Use extension wire only at low temperatures and only in regions of small gradients.
- Keep an event log and a continuous record of thermocouple resistance.

Reducing Effects of Pick-Up Noise

The input amplifier (A1) is a low-noise amplifier designed to enable high-precision input sensing. Keep the thermocouple and connecting wires away from electrical noise sources.

Chip Information

TRANSISTOR COUNT: 6720

PROCESS: BiCMOS

Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C)

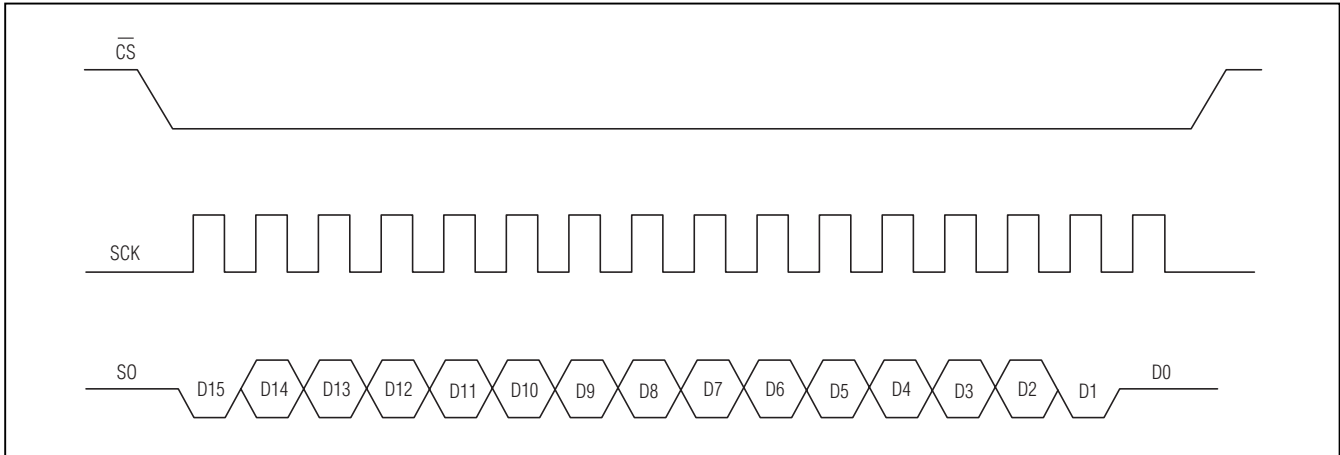


Figure 1a. Serial Interface Protocol

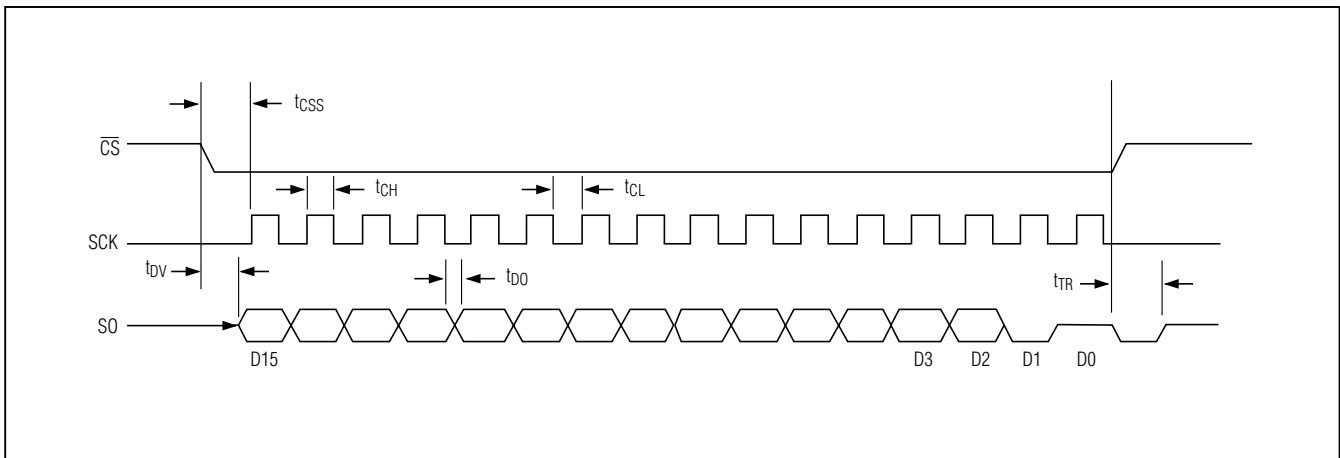


Figure 1b. Serial Interface Timing

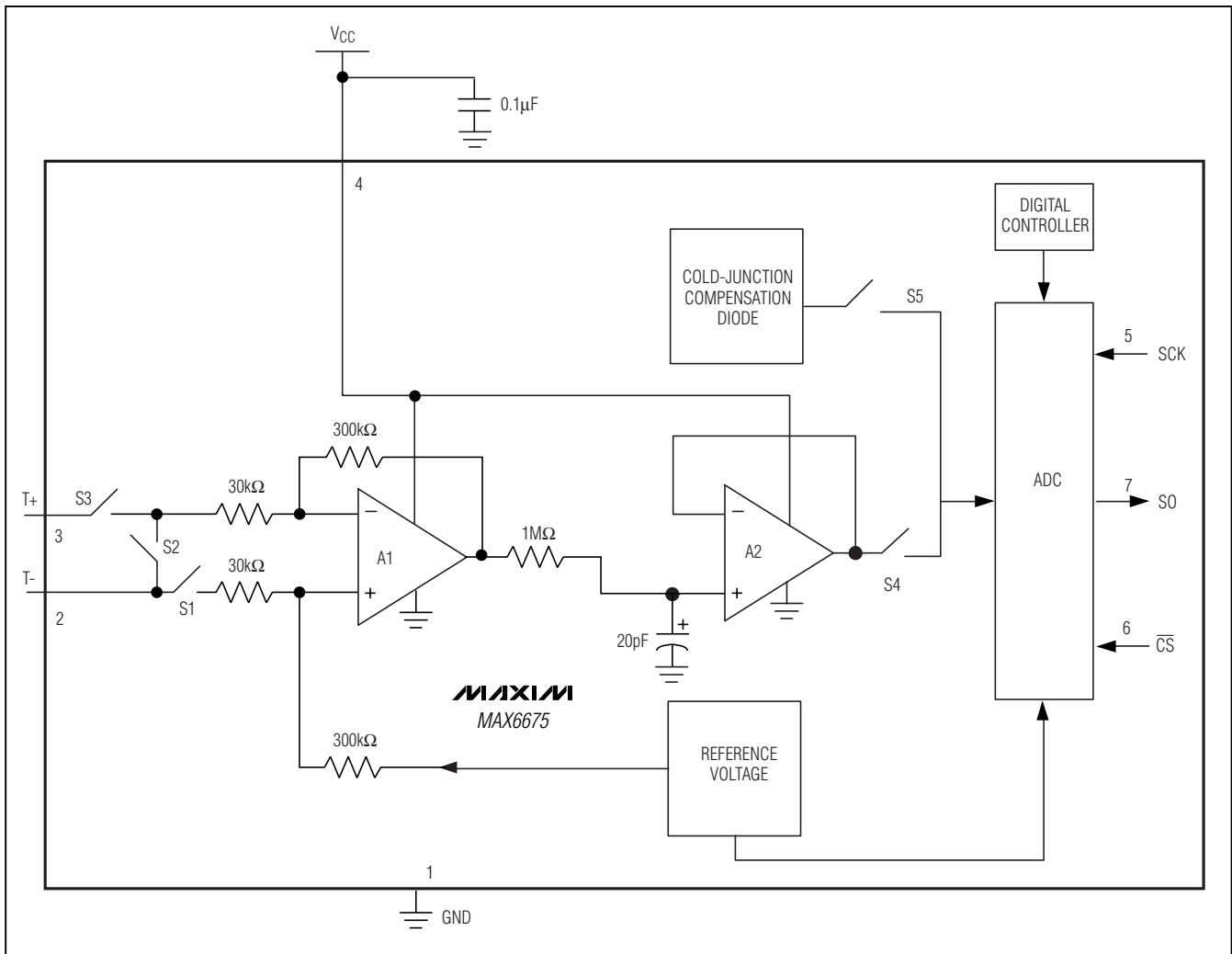
BIT	DUMMY SIGN BIT	12-BIT TEMPERATURE READING											THERMOCOUPLE INPUT	DEVICE ID	STATE	
		14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4				3
Bit	15													2	1	0
	0	MSB											LSB		0	Three-state

Figure 2. SO Output

Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C)

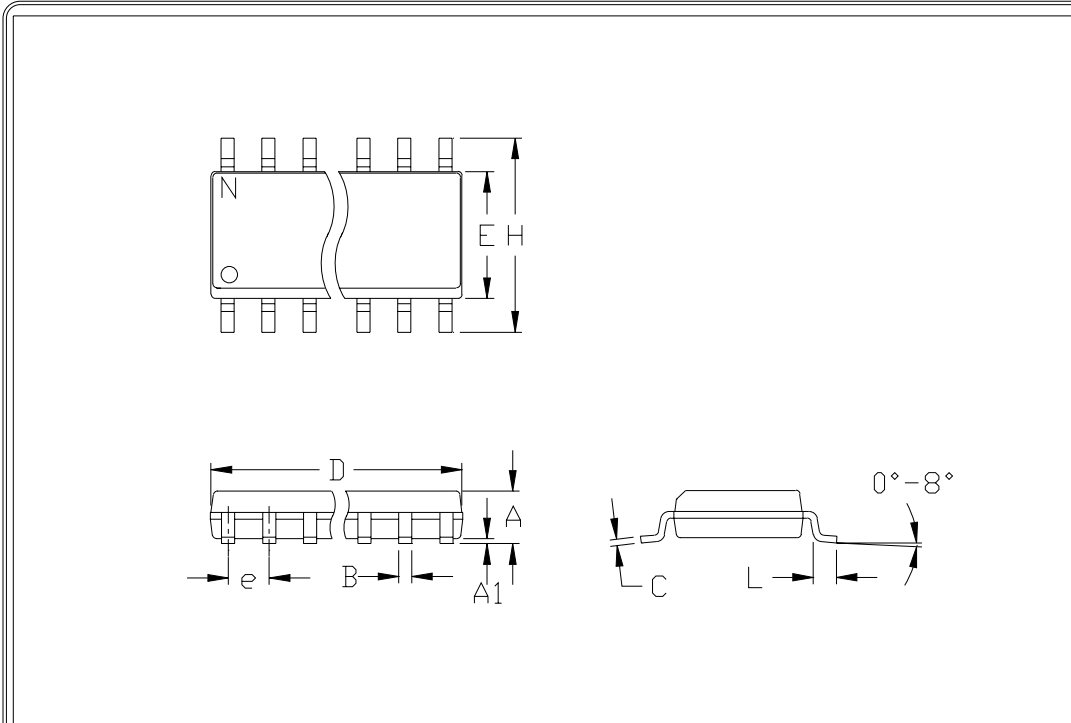
Block Diagram

MAX6675



Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C)

Package Information



	INCHES		MILLIMETERS	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	0.053	0.069	1.35	1.75
A1	0.004	0.010	0.10	0.25
B	0.014	0.019	0.35	0.49
C	0.007	0.010	0.19	0.25
e	0.050		1.27	
E	0.150	0.157	3.80	4.00
H	0.228	0.244	5.80	6.20
h	0.010	0.020	0.25	0.50
L	0.016	0.050	0.40	1.27

	INCHES		MILLIMETERS		N	MS012
	MIN	MAX	MIN	MAX		
D	0.189	0.197	4.80	5.00	8	A
D	0.337	0.344	8.55	8.75	14	B
D	0.386	0.394	9.80	10.00	16	C

NOTES:

1. D&E DO NOT INCLUDE MOLD FLASH
2. MOLD FLASH OR PROTRUSIONS NOT TO EXCEED .15mm (.006")
3. LEADS TO BE COPLANAR WITHIN .102mm (.004")
4. CONTROLLING DIMENSION: MILLIMETER
5. MEETS JEDEC MS012-XX AS SHOWN IN ABOVE TABLE
6. N = NUMBER OF PINS

 <small>120 SAN GABRIEL DR. SUNNYVALE CA 94086 FAX (408) 737 7794</small> <small>PROPRIETARY INFORMATION</small>	PACKAGE FAMILY OUTLINE: SOIC .150" <small>TITLE</small>		21-0041 A
			<small>DOCUMENT CONTROL NUMBER REV</small>

Maxim cannot assume responsibility for use of any circuitry other than circuitry entirely embodied in a Maxim product. No circuit patent licenses are implied. Maxim reserves the right to change the circuitry and specifications without notice at any time.

8 Maxim Integrated Products, 120 San Gabriel Drive, Sunnyvale, CA 94086 408-737-7600

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari pengerjaan dari rancang bangun sistem pengendalian suhu pada *Fertilizer Maker*, dapat disimpulkan bahwa:

- a. Pengendalian suhu pada *Fertilizer Maker* cukup baik dengan mengondisikan suhu antara 35⁰C dan 55⁰C
- b. Hasil pengujian produksi pupuk kompos memiliki rata-rata suhu 38⁰C
- c. *Settling Time* sensor Termokopel tipe-K adalah 170 detik nuntut mencapai setpoint bawah (35⁰C)

5.2 Saran

Adapun saran untuk rancang bangun sistem pengendalian suhu pada *Fertilizer Maker* adalah sebagai berikut:

- a. Penggunaan Termokopel Tipe-K harus hati-hati karena rawan *bending*
- b. Sistem *Grounding* harus bagus

DAFTAR PUSTAKA

- Gunterus, Frans. 1997. *Falsafah Dasar: Sistem Pengendalian Proses*. Jakarta: PT. Elex Media Komputindo.
- Mumi Yuniwati; Frendi Iskarima; Adiningsih Padulemba, 2012, “Optimasi Kondisi Proses Pembuatan Kompos Dari Sampah Organik Dengan cara Fermentasi Dengan EM4”.
- Ika Nurina Rachmawati, Rony Dwi Noriyati, Totok Soehartanto., 2013, “Sistem Pengendalian Temperatur pada Dinding Bioreaktor Anaerob Secara Real Time”
- Saeful Karim dan Sunardi, 2003, “Penentuan Elektromontasi Termal Beberapa Jenis Termokopel dengan Pasangan Logam yang Bervariasi”
- AMALIA, K., YENRI, D., & AISUWARYA, R. (n.d.). PERANCANGAN SISTEM MONITORING SUHU, KELEMBABAN DAN TITIK EMBUN UDARA SECARA REALTIME MENGGUNAKAN MKROKONTROLER ARDUINO DENGAN LOGIKA FUZZY YANG DAPAT DIAKSES MELALUI INTERNET
- M. Anang Firmansyah, 2010, “Teknik Pembuatan Kompos”
- Djuandi, Feri. 2011. “Pengenalan Arduino”.

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di kota Surabaya, 27 Oktober 1995. Diberi nama terbaik dari kedua orang tua, yaitu Ekliansyah Putro Utomo. Bapak bernama Eko Budiono, Ibu bernama Yuliarsih dan mempunyai tiga orang adik kandung yang bernama Mario Dhava Ferdiansyah, Adriano Marxis Firmansyah, dan Syahlo Alicia Budiono. Alamat asli rumah di Surabaya terdapat pada Jl. Tanah Merah Utara 5 No. 18 RT.8 RW.9 Kelurahan Tanah Kali Kedinding Kecamatan Kenjeran. Penulis menyelesaikan Sekolah Dasar pada tahun 2007 di SDN Tanah Kali Kedinding IV/557 Surabaya, pada tahun 2010 penulis menamatkan SMP N 15 Surabaya dan pada tahun 2013 penulis menamatkan sekolah menengah di SMA N 7 Surabaya. Penulis mempunyai minat terhadap bidang minat dan bakat. Dari semenjak dibangku SMP hingga sekarang dibangku kuliah, penulis masih aktif menggeluti bidang minat dan bakat. Pada tahun 2016 ini, penulis mampu menyelesaikan gelar ahli madya di Program Studi DIII-Metrologi dan Instrumentasi, Jurusan Teknik Fisika Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Penulis berhasil menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Rancang Bangun Sistem Pengendalian Suhu untuk Pengoptimalan Pembuatan Pupuk Kompos pada *Fertilizer Maker*”. Bagi pembaca yang memiliki kritik, saran, atau ingin berdiskusi lebih lanjut mengenai tugas akhir ini, dapat menghubungi penulis melalui email ekybeng@gmail.com.