



TUGAS AKHIR - TE 145561

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN KOMPOR LISTRIK BATIK TULIS MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER

Akhmad Nur Muzahdi
NRP 1031150000017

Dosen Pembimbing
Ir. Hany Boedinugroho, M.T.

DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO OTOMASI
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - TE 145561

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN KOMPOR LISTRIK BATIK TULIS MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER

Akhmad Nur Muzahdi
NRP 10311500000017

Dosen Pembimbing
Ir. Hany Boedinugroho, M.T.

DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO OTOMASI
Fakultas Vokasi
Institut Teknolog Sepuluh Nopember
Surabaya 2018



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

FINAL PROJECT - TE 145561

***DESIGN AND MANUFACTURE OF ELECTRICAL BATIK TULIS
STOVE USING MICROCONTROLLER***

Akhmad Nur Muzahdi
NRP 10311500000017

Supervisor
Ir. Hany Boedinugroho, M.T.

ELECTRICAL AND AUTOMATION ENGINEERING DEPARTMENT
Vocational Faculty
Institut Teknolog Sepuluh Nopember
Surabaya 2018

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan judul "**Perancangan dan Pembuatan Kompor Listrik Batik Tulis Menggunakan Mikrokontroler**" adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka.

Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, Juli 2018



Akhmad Nur Muzahdi
NRP 1031150000017

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

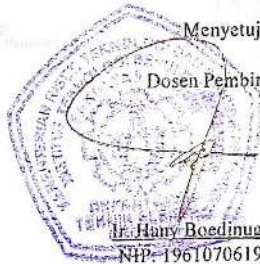
**PERANCANGAN DAN PEMBUATAN KOMPOR LISTRIK
BATIK TULIS MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER**

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan
Memperoleh Gelar Ahli Madya Teknik
Pada
Departemen Teknik Elektro Otomasi
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Menyetujui:

Dosen Pembimbing :



Dr. Hary Boedinugroho, M.T.
NIP-196107061987011001

**SURABAYA
JULI, 2018**

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN KOMPOR LISTRIK BATIK TULIS MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER

Nama : Akhmad Nur Muzahdi
Pembimbing : Ir. Hany Boedinugroho, M.T.

ABSTRAK

Proses pembuatan batik tulis menggunakan lilin batik untuk menggambar motif batik pada kain. Pengrajin batik tulis masih banyak yang menggunakan kompor konvensional untuk memanaskan lilin batik. Ada juga yang sudah menggunakan kompor listrik akan tetapi masih mengatur temperatur kompor secara manual, akibatnya lilin batik akan rusak karena temperatur yang terlalu tinggi. Selain itu, daya yang digunakan kompor listrik cukup besar yakni antara 100 sampai 300 watt sehingga akan boros listrik. Pada tugas akhir ini akan dibuat suatu kompor listrik yang dapat mengatur temperatur lilin batik secara otomatis dengan sumber daya yang hemat. Kompor listrik batik tulis menggunakan sensor *thermocouple type -K* untuk mendeteksi temperatur lilin batik. Hasil deteksi temperatur akan diproses oleh mikrokontroler ATmega 16. *Keypad* digunakan untuk memasukkan nilai temperatur yang diinginkan (*set point temperature*). Rangkaian Transistor *switching* digunakan sebagai metode *on/off* dari kompor listrik. Saat temperatur lilin batik kurang dari *set point* maka kompor listrik akan *on*, dan jika temperatur lilin batik lebih dari *set point* maka kompor listrik akan *off*. Hasil deteksi temperatur, nilai *set point* dan kondisi kompor akan ditampilkan pada LCD 20x4. Sumber listrik yang digunakan pada kompor listrik menggunakan sumber listrik DC sehingga jauh lebih hemat. Kompor listrik ini mampu menjaga temperatur lilin batik sesuai dengan *set point* yang telah diberikan dengan rata - rata error sistem sebesar 6,2625% dengan daya yang digunakan antara 40 sampai 60 watt. *Set point* temperatur yang tepat untuk lilin batik antara 60 – 70°C.

Kata Kunci : Sensor *thermocouple type - K*, kompor listrik, mikrokontroler, lilin batik tulis.

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

DESIGN AND MANUFACTURE OF ELECTRICAL BATIK TULIS STOVE USING MICROCONTROLLER

Name : Akhmad Nur Muzahdi
Supervisor : Ir. Hany Boedinugroho, M.T.

ABSTRACT

The process of making batik using batik wax to draw batik motif on cloth. Batik artisans are still many who use conventional stoves to heat batik wax. There are also already using the electric stove but still manually set the temperature of the stove, consequently batik wax will be damaged because the temperature is too high. In addition, the power used electric stove is large enough that between 100 to 300 watts so it will wasteful electricity. In this final task will be made an electric stove that can regulate batik wax temperature automatically with a resource that sparingly. Electric batik stove using K-type thermocouple sensor to detect batik wax temperature. The result of temperature detection will be processed by ATmega 16 microcontroller. Keypad is used to enter the desired temperature value (set point temperature). Transistor switching circuit is used as an on / off method of electric stove. When batik wax temperature is less than set point then electric stove will on, and if batik wax temperature more than set point then electric stove will off. Temperature detection results, set point values and stove conditions will be displayed on 20x4 LCD. The power source used on the electric stove uses a DC power source making it much more efficient. Electric stove is able to keep batik wax temperature in accordance with the set point that has been given with an average system error of 6.2625% with power used between 40 to 60 watts. Set the right temperature for batik wax between 60 - 70°C.

Keywords: *Thermocouple sensor type - K, electric stove, microcontroller, batik wax.*

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

KATA PENGANTAR

Kami panjatkan puja dan puji syukur kepada Allah Subhanahu Wa Ta'ala, karena atas limpahan rahmat dan kemudahan dari-Nya, penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik, begitu pula dengan pembuatan buku Tugas Akhir ini dengan judul :

“PERANCANGAN DAN PEMBUATAN KOMPOR LISTRIK BATIK TULIS MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER”

Tugas Akhir ini dilakukan untuk memenuhi beban satuan kredit semester (SKS) yang harus ditempuh sebagai persyaratan akademis di Departemen Teknik Elektro Otomasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya untuk menyelesaikan program pendidikan Diploma di Teknik Elektro Otomasi.

Penulis berusaha semaksimal mungkin untuk menyusun serta menyelesaikan buku laporan Tugas Akhir ini. Namun penyusun menyadari bahwa konten dalam buku laporan ini masih memiliki banyak kekurangan karena kelalaian penyusun. Oleh karena itu, penyusun menerima segala kritik dan saran yang membangun. Demi maksimalnya buku laporan Tugas Akhir ini.

Akhir kata, penulis memohon maaf atas segala kekurangan buku laporan ini. Semoga dengan adanya buku laporan Tugas Akhir ini mampu memberikan manfaat bagi pembaca maupun dalam pengembangan keilmuan dikemudian hari.

Surabaya, 25 Juni 2018

Penyusun

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

UCAPAN TERIMA KASIH

‘Puji syukur sebesar-besarnya atas berkat dan rahmat-Nya, hingga penulis masih diberikan kesempatan sehingga mampu menerima segala ilmu sebanyak-banyaknya serta kesehatan dan kemampuan untuk dapat menyelesaikan pengerjaan Tugas Akhir dan penyusunan buku laporan Tugas Akhir ini. Penulis mengucapkan banyak terima kasih secara khusus kepada :

1. Kepada Baginda Rasulullah Muhammad SAW beserta kekasih-kekasih-Nya yang telah menuntun dari jalan kegelapan menuju jalan yang lurus, yaitu agama islam.
2. Kepada Kedua Orang Tua, keluarga serta kerabat yang telah memberikan dukungan secara moril maupun material.
3. Kepada Bapak Ir. Hany Boedinugroho, MT sebagai dosen pembimbing hingga akhir pengerjaan alat Tugas Akhir maupun penyusunan laporan.
4. Seluruh Bapak dan ibu tenaga pendidik Departemen Teknik Elektro Otomasi yang telah membimbing dan membekali ilmu kepada pembimbing selama mmenempuh pendidikan di kampus Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).
5. Seluruh keluarga Hydra, angkatan 2015 Departemen Teknik Elektro Otomasi yang telah banyak memberikan bantuan, pelajaran, bimbingan, dan semangat pada proses pengerjaan.
6. Pembaca dan pemberi saran maupun kritik dalam proses pengerjaan.

Penulis berharap semua yang telah berpartisipasi dalam proses pengerjaan Tugas Akhir dalam pengerjaan alat maupun penyusunan laporan, agar mendapatkan limpahan rahmat serta barokah-Nya. Dalam hal ini, penyusun hanya dapat menyampaikan banyak ucapan terima kasih dan do’a agar kebaikan-kebaikan tersebut terbalaskan sebaik-baiknya.

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

DAFTAR ISI

	HALAMAN
HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR Error! Bookmark not defined.	
ABSTRAK	ix
ABSTRACT	xi
KATA PENGANTAR	xiii
UCAPAN TERIMA KASIH	xv
DAFTAR ISI	xvii
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR TABEL	xxi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Permasalahan.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Metodologi Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Laporan	4
1.7 Relevansi	4
BAB II TEORI DASAR	
2.1 Kompor Listrik	5
2.2 Elemen pemanas (<i>Heater</i>)	6
2.2 Sensor Temperatur.....	7
2.3 <i>Keypad</i>	9
2.4 Mikrokontroler ATmega 16.....	11
2.5 <i>Liquid Cristal Display (LCD)</i>	13
2.6 Saklar (<i>Switch</i>).....	15
2.8 CodeVision AVR.....	16
2.9 Lilin Batik.....	17
BAB III PERENCANAAN DAN IMPLEMENTASI	
<i>HARDWARE DAN SOFTWARE</i>	
3.1 Perancangan <i>Hardware</i>	20
3.1.1 Rancangan Kompor Listrik Batik Tulis	20
3.1.2 Rancangan Elemen Pemanas (<i>Heater</i>)	21
3.1.3 Perancangan <i>Minimum System</i>	24
3.1.4 Sensor Temperatur	25
3.1.5 Rangkaian Transistor <i>Switching</i>	27

3.1.6	Rangkaian <i>Keypad</i>	28
		HALAMAN
3.1.7	<i>Liquid Crystal Display</i> (LCD)	29
3.2	Perancangan <i>Software</i>	30
3.3	Perancangan Mekanik	35
BAB IV	UJI UKUR DAN UJI ALAT	
4.1	Pengujian Sensor Termokopel.....	39
4.1.1	Perbandingan Sensor Termokopel dengan Termometer.....	39
4.1.2	Pengujian Sensor Termokopel dengan Lilin Batik.....	40
4.2	Pengukuran Arus yang Diperlukan <i>Heater</i>	43
4.3	Pengujian Rangkaian Transistor <i>Switching</i>	45
4.4	Pengujian Rangkaian <i>Keypad</i> dan LCD 20×4.....	46
4.5	Pengujian Daya kompor Listrik Batik tulis	47
4.6	Pengujian Program Kompor Listrik Batik.....	48
4.7	Pengujian Kompor Listrik Batik Tulis	50
BAB V	PENUTUP	
5.1	Kesimpulan	61
5.2	Saran	62
	DAFTAR PUSTAKA	63
	LAMPIRAN A	65
	LAMPIRAN B	83
	BIODATA PENULIS	87

DAFTAR GAMBAR

	HALAMAN
Gambar 2.1	Kompur Listrik Biasa (a) dan Kompur Listrik Batik Tulis (b)..... 6
Gambar 2.2	Blok Diagram Sistem Pemanas (<i>Heater</i>)..... 7
Gambar 2.3	<i>Resistance Wire</i> 7
Gambar 2.4	Sensor Temperatur..... 9
Gambar 2.5	Konstruksi <i>Keypad</i> 3×4 dan 4×4 10
Gambar 2.6	<i>Keypad</i> 3×4 dan 4×4..... 11
Gambar 2.7	IC ATmega 16 12
Gambar 2.8	Konfigurasi PIN ATmega 16..... 13
Gambar 2.9	LCD 14
Gambar 2.10	Perangkat Saklar Elektronik 16
Gambar 2.11	Tampilan CodeVision AVR..... 17
Gambar 2.12	Lilin Batik..... 18
Gambar 3.1	Diagram Fungsional Sistem..... 19
Gambar 3.2	Rangkaian Aki dengan Kompur Listrik Batik Tulis 21
Gambar 3.3	Rangkaian <i>Heater</i> 23
Gambar 3.4	Rangkaian <i>Minimum System</i> ATmega 16 25
Gambar 3.5	Termokopel Tipe - K 26
Gambar 3.6	Rangkaian Termokopel Tipe - K dengan MAX6675 27
Gambar 3.7	Rangkaian Transistor <i>Switching</i> 28
Gambar 3.8	Rangkaian <i>Keypad</i> 29
Gambar 3.9	Rangkaian LCD 30
Gambar 3.10	<i>Flowchart</i> Sistem Pemanas Terkontrol..... 31
Gambar 3.11	Program Inisialisasi Variabel..... 32
Gambar 3.12	Program Membaca Temperatur 33
Gambar 3.13	Program <i>Scanning Keypad</i> 34
Gambar 3.14	Program Transistor <i>Switching</i> 35
Gambar 3.15	Rancangan Kompur Listrik Batik Tulis..... 36
Gambar 3.16	Mekanik Kompur Listrik Batik Tulis 37
Gambar 3.17	Mekanika Kompur Listrik Tampak Samping 37
Gambar 3.18	Mekanika Kompur Listrik Tampak Belakang 38

Gambar 4.1	Kalibrasi Termokopel.....	40
Gambar 4.2	Pengujian Rangkaian <i>Keypad</i> dan LCD.....	47
Gambar 4.3	Program Tampilan Kompor Listrik Batik (1).....	49
Gambar 4.4	Program Tampilan Kompor Listrik Batik (2).....	49
Gambar 4.5	Tampilan Pengujian Program Kompor Listrik Batik (1)	50
Gambar 4.6	Tampilan Pengujian Program Kompor Listrik Batik (1)	50
Gambar 4.7	Tampilan LCD Saat Pertama Kali Dihidupkan	51
Gambar 4.8	Tampilan LCD dengan Input <i>Set Point</i>	51
Gambar 4.9	Lilin Batik dengan Temperatur 40°C.....	54
Gambar 4.10	Lilin Batik dengan Temperatur 50°C.....	56
Gambar 4.11	Lilin Batik dengan Temperatur 60°C.....	58
Gambar 4.12	Lilin Batik dengan Temperatur 70°C.....	59
Gambar 4.13	Lilin Batik dengan Temperatur 90,3°C.....	60

DAFTAR TABEL

	HALAMAN
Tabel 4.1 Kalibrasi Termokopel.....	40
Tabel 4.2 Pengujian Sensor Termokopel dengan Lilin Batik.....	41
Tabel 4.3 Pengukuran Arus yang Diperlukan <i>Heater</i>	44
Tabel 4.4 Pengujian Rangkaian Transistor <i>Switching</i>	45
Tabel 4.5 Pengujian <i>Keypad</i> dan LCD	46
Tabel 4.6 Pengujian Daya Kompor Listrik Batik Tulis dengan 1 <i>Heater</i>	48
Tabel 4.7 Pengujian Daya Kompor Listrik BatiK Tulis dengan 2 <i>Heater</i>	48
Tabel 4.8 Pengujian Kompor Listrik dengan <i>Set Point</i> 40°C	52
Tabel 4.9 Pengujian Kompor Listrik dengan <i>Set Point</i> 50°C	54
Tabel 4.10 Pengujian Kompor Listrik dengan <i>Set Point</i> 60°C	56
Tabel 4.11 Pengujian Kompor Listrik dengan <i>Set Point</i> 70°C	58

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Batik tulis merupakan kesenian asli Indonesia dimana pada proses pembuatannya murni dengan menggunakan tangan untuk menggambar diatas kain. Didalam proses pembuatan tersebut banyak menggunakan berbagai macam alat dan bahan. Salah satu hal yang paling penting dalam proses pembuatan batik tulis adalah lilin batik. Lilin batik adalah bahan yang digunakan untuk menutup permukaan kain batik menurut gambar motif batik, sehingga permukaan yang tertutup tersebut menolak atau *resist* terhadap warna yang diberikan pada kain tersebut. Terdapat 3 jenis lilin batik yang digunakan untuk membatik yakni lilin batik parafin, lilin batik klowong, dan llin batik tembakan.. Lilin batik yang digunakan pada proses penulisan batik adalah lilin batik cair sehingga lilin batik perlu dipanaskan agar berubah dari padat menjadi cair. Lilin batik memiliki temperatur yang berbeda – beda tergantung jenisnya. Oleh karena itu, Pada proses pemanasan diperlukan temperatur yang tepat agar mendapat kualitas lilin batik yang bagus dan terhindar dari kerusakan.

Untuk mencairkan lilin batik diperlukan kompor yang digunakan untuk memanaskan lilin batik. Saat ini, masih banyak pengrajin batik tulis yang menggunakan kompor konvensional untuk memanaskan lilin batik. Hal ini akan sanga merugikan mengingat proses penulisan batik tulis berlangsung cukup lama sehingga akan menghabiskan banyak bahan bakar dan tidak ramah lingkungan. Disisi lain, terdapat kompor listrik yang biasa digunakan untuk keperluan rumah tangga. Kompor listrik ini ramah lingkungan akan tetapi kompor ini boros listrik karena mengkonsumsi daya sampai 600 watt. Baru – baru ini, terdapat kompor listrik khusus untuk batik tulis. Kompor ini lebih ramah lingkungan dan mengkonsumsi daya listrik lebih kecil dari kompor listrik yang digunakan di rumah tangga yakni dengan daya sampai 200 watt. Daya tersebut masih cukup besar mengingat kompor akan terus menyala selama proses penulisan motif pada lilin batik.

Disamping penggunaan kompor konvensional yang tidak ramah lingkungan dan konsumsi daya yang besar pada penggunaan kompor

listrik rumah tangga maupun kompor listrik khusus untuk membatik, pengaturan temperatur pada jenis kompor tersebut masih manual sehingga pengrajin akan kesusahan dalam mengatur temperatur batik, akibatnya lilin batik akan rusak karena temperature yang terlalu tinggi.

Berdasarkan kondisi tersebut, diperlukan kompor listrik khusus untuk membatik yang dapat mengontrol temperatur lilin batik agar saat proses pemanasan, lilin batik dapat terjaga pada temperatur yang tepat sesuai dengan jenis lilin batik yang digunakan. Kompor listrik batik tulis juga akan dilengkapi sumber energi dc sehingga mengkonsumsi daya rendah sehingga akan menghemat energy walaupun digunakan untuk membatik dalam waktu yang lama. Selain itu, kompor listrik bisa digunakan untuk membatik di tempat – tempat yang tidak ada sumber listrik AC. Dengan adanya kompor listrik batik tulis ini, diharapkan dapat memudahkan pengrajin batik dalam proses penulisan batik tulis dan mengurangi pengeluaran pengrajin dalam membuat batik tulis.

1.2 Permasalahan

Penulisan batik merupakan tahap yang penting pada proses pembuatan batik tulis karena pada proses tersebut menggunakan lilin batik dengan temperatur yang tepat. Temperatur lilin batik berbeda – beda sesuai dengan jenisnya sehingga kompor listrik batik tulis harus dapat mengatur temperatur yang tepat sesuai dengan jenis lilin batik yang dipanaskan. Untuk menggantikan pengaturan secara manual, maka diperlukan kompor listrik batik tulis yang secara otomatis mengatur temperatur lilin batik dan menjaga temperatur lilin batik secara konstan. Diperlukan kompor listrik batik tulis yang memiliki daya rendah sehingga dapat menghemat energi pada saat menggunakan kompor listrik dalam waktu yang lama.

1.3 Batasan Masalah

Pada tugas akhir ini, memiliki batasan-batasan masalah yang diambil, diantaranya :

1. Pengontrolan parameter yang digunakan yaitu temperatur lilin batik.
2. Sensor temperatur yang digunakan Termokopel type K dengan range temperatur $0^{\circ}\text{C} - 1024^{\circ}\text{C}$.
3. Sumber energi kompor listrik menggunakan aki 12 *volt*.

4. Tidak membahas kandungan zat kimia pada lilin batik.

1.4 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Merancang kompor listrik batik tulis yang dapat mendeteksi, mengatur dan menjaga temperatur lilin batik pada temperatur yang tepat secara konstan.
2. Merancang kompor listrik batik tulis yang hemat energi dan ramah lingkungan.
3. Merancang kompor listrik yang dapat digunakan untuk membuat di tempat – tempat yang belum terpasang sumber listrik AC.

1.5 Metodologi Penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan metodologi, yaitu, tahap persiapan, tahap perencanaan dan pembuatan alat, tahap pengujian dan analisis, dan yang terakhir adalah penyusunan laporan berupa buku Tugas Akhir.

Pada tahap persiapan yakni studi literatur yang akan dipelajari mengenai identifikasi fisik, studi tentang mikrokontroler ATmega 16 dan karakteristik baik secara *hardware* dan *software*, mempelajari pemrograman mikrokontroler ATmega 16, mempelajari sensor termokopel, mempelajari konsep transistor *switching* untuk mengatur temperatur dengan aktuator berupa *heater*, mempelajari tentang sumber listrik DC, mempelajari tentang konversi energi listrik menjadi energi panas.

Pada tahap perencanaan dan pembuatan alat akan dibuat kompor listrik yang mampu mendeteksi dan mengatur temperatur lilin batik dengan metode *on/off* untuk mengatur arus dan tegangan listrik yang akan dikonversi menjadi panas.

Pada tahap pengujian dan analisis akan mengambil data percobaan. Data percobaan yang telah diperoleh selanjutnya akan dilakukan pengujian – pengujian pada alat . Dari hasil pengujian, akan ditarik kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan. Tahap akhir penelitian adalah penyusunan laporan penelitian.

1.6 Sistematika Laporan

Pembahasan Tugas Akhir ini akan dibagi menjadi lima Bab dengan sistematika sebagai berikut:

Bab I Pendahuluan

Bab ini meliputi latar belakang, permasalahan, tujuan penelitian, metodologi penelitian, sistematika laporan dan relevansi.

Bab II Teori Dasar

Bab ini menjelaskan tentang tinjauan pustaka dari Lilin batik, kompor listrik, elemen pemanas pada kompor listrik, mikrokontroler ATmega 16, Sensor Termokopel, saklar, Kontrol PI, LCD 20x4, *keypad*, Dan software CVAVR.

Bab III Perancangan Sistem

Bab ini membahas perencanaan dan pembuatan perangkat keras (*Hardware*) yang meliputi desain alat serta pengimplementasian sensor dan aktuator yang digunakan, dan pembuatan perangkat lunak (*Software*) yang meliputi program pada *software* CVAVR untuk menjalankan alat tersebut.

Bab IV Uji Ukur dan Uji Alat

Bab ini memuat tentang pemaparan tentang hasil pengukuran dan pengujian alat seperti pengujian termokopel, pengujian *heater*, dan pengujian sistem.

Bab V Penutup

Bab ini berisi kesimpulan dan saran dari hasil pembahasan yang telah diperoleh.

1.7 Relevansi

Hasil yang diperoleh dari Tugas Akhir ini diharapkan dapat mempermudah pekerjaan pengrajin batik tulis dalam proses penulisan batik tulis karena pengrajin tidak perlu terus menerus memperhatikan kondisi lilin batik sehingga dapat fokus membatik serta dapat menjaga kualitas lilin batik dan menghindari kerusakan lilin batik. Selain itu, pengrajin dapat menghemat biaya produksi karena menggunakan kompor listrik batik tulis yang hemat energi.

BAB II

TEORI DASAR

Bab ini membahas mengenai teori dasar dari peralatan yang digunakan dalam Tugas Akhir yang berjudul perancangan dan pembuatan kompor listrik batik tulis menggunakan mikrokontroler. Materi ini digunakan sebagai dasar materi untuk perancangan dan pembuatan keseluruhan alat ini.

2.1 Kompor Listrik

Kompor listrik merupakan salah satu jenis kompor yang memiliki elemen pemanas yang ditempatkan dalam kepala kompor. Kompor listrik memiliki cara pembangkitan dan sumber panas yang berbeda dari kompor konvensional. Sumber panasnya berasal dari energi didalam arus listrik. (DCMA, 2014) Saat kompor dihubungkan ke sumber listrik maka aliran listrik akan mengalir ke dalam elemen pemanas. Dengan arus elemen pemanas tersebut maka akan terjadi pemanasan pada elemen pemanas yang diakibatkan oleh adanya tahanan elemen pemanas sehingga panas yang dihasilkan dapat digunakan untuk memasak. Pengaturan panas kompor listrik dilakukan dengan mengatur besar kecilnya arus listrik yang mengalir pada elemen pemanas. Kompor listrik yang biasa digunakan untuk memasak memiliki konsumsi daya antara 300 sampai 1000 watt. Semakin besar daya yang digunakan maka semakin besar pula panas yang dihasilkan akan tetapi penggunaan yang berlebihan akan mengakibatkan boros listrik. (Azizan, 2017)

Berbeda dengan kompor listrik yang biasa digunakan untuk memasak, Terdapat salah satu jenis kompor yang khusus digunakan untuk membuat batik. Kompor ini dirancang untuk memudahkan pengrajin batik dalam melakukan pembuatan batik tulis. Pengrajin batik tidak perlu susah untuk mengisi bahan bakar kompor karena sudah tidak lagi menggunakan kompor konvensional serta daya yang digunakan lebih hemat karena besar daya pada kompor batik tulis lebih kecil dari kompor listrik untuk urusan rumah tangga dengan rentang daya antara 100 sampai 300 watt. Pengrajin batik juga dimudahkan dalam mengatur panas kompor listrik yakni dengan hanya memutar knob pada kompor.

Bentuk fisik dari kompor listrik dan kompor listrik batik tulis dapat dilihat pada Gambar 2.1 (Santi, 2017).



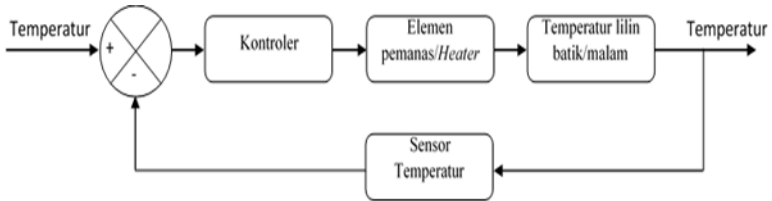
Gambar 2.1 Kompor Listrik Biasa (a) dan Kompor Listrik Batik Tulis (b) (DCMA, 2014)

2.2 Elemen pemanas (*Heater*)

Heater merupakan alat yang digunakan untuk memanaskan bahan biasanya cairan dengan menggunakan energi sebagai sumber pemanas. Pemanas listrik banyak dipakai dalam kehidupan sehari-hari, baik didalam rumah tangga ataupun pada peralatan dan mesin industri. Bentuk dan *type* dari *Electrical Heating Element* ini bermacam macam disesuaikan dengan fungsi, tempat pemasangan dan media yang akan di panaskan. Panas yang dihasilkan oleh elemen pemanas listrik ini bersumber dari kawat ataupun pita bertahanan listrik tinggi (*Resistance Wire*) biasanya bahan yang digunakan adalah nikelin yang dialiri arus listrik pada kedua ujungnya dan dilapisi oleh isolator listrik yang mampu meneruskan panas dengan baik hingga aman jika digunakan (Anwar, 2015)

Heater bekerja berdasarkan kontroler yang dinamakan kontrol proses. Kontrol proses mengacu pada sistem kontrol yang mengawasi beberapa proses sehingga *output* yang seragam dan benar dapat dipertahankan. Kontrol proses dapat melakukan hal ini dengan memantau dan menyesuaikan parameter-parameter kontrol (seperti temperatur) untuk menjamin produk *output* tetap sebagaimana

seharusnya. Contoh dari kontrol proses adalah sistem *close loop* yang mempertahankan temperatur yang telah ditetapkan menggunakan pemanas elektrik ditunjukkan pada Gambar 2.2



Gambar 2.2 Blok Diagram Sistem Pemanas (*Heater*) (Anwar, 2015)

Kontroler bekerja mengatur tegangan dan arus yang masuk ke *heater* sehingga energi panas yang dikeluarkan oleh *heater* dapat diatur sesuai dengan *set point* yang diinginkan. Kemudian sensor temperatur mengubah energi panas yang dikeluarkan oleh *heater* menjadi tegangan yang kemudian diproses oleh mikrokontroler sehingga tiap kenaikan suhu panas yang terjadi pada *heater* dapat diketahui. Bentuk fisik dari elemen pemanas dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 *Resistance Wire* (Khalid, 2017)

2.2 Sensor Temperatur

Sensor temperatur adalah sensor yang digunakan untuk mendeteksi gejala perubahan panas/temperatur/suhu pada suatu dimensi

benda atau dimensi ruang tertentu. Contoh : bimetal, termistor, termokopel, termopile, RTD (Fiqri, 2014).

Sensor temperatur *thermopile* adalah salah satu jenis detektor temperatur pasif *infrared*. Karakteristik dari sensor ini adalah mengukur temperatur berdasarkan prinsip pengukuran temperatur radiasi inframerah. Kelebihan *thermopile* terhadap sensor temperatur lainnya yakni akurasi lebih tinggi karena *range* suhu yang diukur $0^{\circ}\text{C} - 225^{\circ}\text{C}$ dengan akurasi sensor *thermopile* $\pm 2^{\circ}\text{C}$, sensor tidak perlu kontak langsung dengan obyek yang diukur, visibilitas sensor *thermopile* $41^{\circ} \times 6^{\circ}$, mampu mendeteksi api sebuah lilin atau panas di dalam ruangan bertemperatur 20°C pada jarak maksimum 2m dari mata sensor, membutuhkan catu daya 4,8V - 5,4V DC, sehingga dapat langsung dihubungkan dengan mikrokontroler.

Sensor bimetal, merupakan dua keping logam yang angka muainya berbeda kemudian dijadikan satu. Bimetal yang dipanaskan akan melengkung ke arah logam yang angka muainya kecil. Demikian juga kalau didinginkan, bimetal akan melengkung ke arah logam yang angka muainya besar.

Sensor *thermistor*, merupakan suatu jenis resistor yang sensitif terhadap adanya perubahan temperatur. Prinsip sensor *thermistor* adalah memberikan perubahan resistansi yang sebanding dengan perubahan temperatur. Perubahan resistansi yang besar terhadap perubahan temperatur yang relatif kecil.

Resistance Thermal Detector (RTD) atau dikenal dengan detektor temperatur tahanan adalah sebuah alat yang digunakan untuk menentukan nilai atau besaran suatu temperatur/suhu dengan menggunakan elemen sensitif dari kawat platina, tembaga, atau nikel murni, yang memberikan nilai tahanan yang terbatas untuk masing-masing temperatur di dalam kisaran suhunya. *Resistance Thermal Detector* merupakan sensor pasif, karena sensor ini membutuhkan energi dari luar (Lesmana, 2009).

Sensor termokopel adalah sensor temperatur yang banyak digunakan untuk mengubah perbedaan temperatur dalam benda menjadi perubahan tegangan listrik (*voltase*). Termokopel yang sederhana dapat dipasang, dan memiliki jenis konektor standar yang sama, serta dapat mengukur temperatur dalam jangkauan suhu yang cukup antara -200°C dengan batas kesalahan pengukuran kurang dari 1°C . Prinsip kerjanya memanfaatkan karakteristik hubungan antara tegangan (*volt*) dengan temperatur. Setiap jenis logam, pada temperatur tertentu memiliki

tegangan tertentu pula. Pada temperatur yang sama, logam A memiliki tegangan yang berbeda dengan logam B, terjadilah perbedaan tegangan (kecil sekali, miliVolt) yang dapat dideteksi. Sebelum menggunakan termokopel, termokopel harus dilakukan kalibrasi terlebih dahulu untuk mengetahui besar *error* dari pembacaan termokopel (Kho, 2018).

$$\%Error = \frac{\text{Nilai Termostat} - \text{Nilai Termokopel Menit Terakhir} \times 100\%}{\text{Nilai Termokopel Menit Terakhir}}$$

Sensor temperatur banyak digunakan pada peralatan-peralatan listrik maupun elektronik seperti *thermometer* temperatur ruangan, *thermometer* badan, *Rice Cooker*, Kulkas, *Air Conditioner* (Pendingin Ruangan) dan lain – lain. Jenis jenis sensor temperature dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Sensor Temperatur (Kho, 2018)

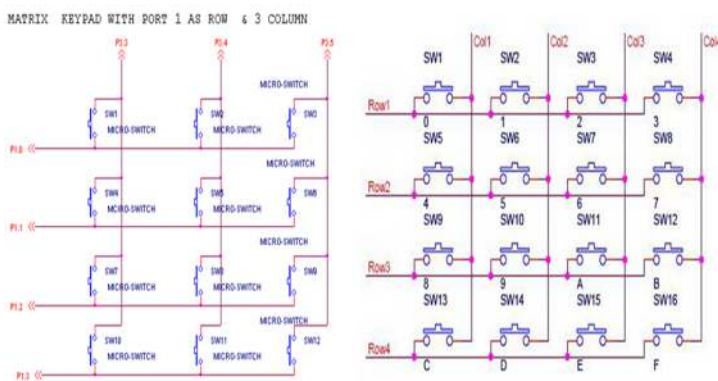
2.3 Keypad

Keypad adalah bagian penting dari suatu perangkat elektronika yang membutuhkan interaksi manusia. *Keypad* berfungsi sebagai *interface* antara perangkat (mesin) elektronik dengan manusia atau dikenal dengan istilah HMI (*Human Machine Interface*).

Penyusun tombol pada *keypad* dapat dibuat dari bermacam-macam bahan/komponen, seperti *switch* metal, *switch* karbon, dan resistif/kapasitif (*touch panel*). Penggunaan bahan tersebut disesuaikan dengan kebutuhan akan sensitifitas, aksi penekanan, dan kebutuhan akan suatu tombol khusus. Bahan *switch* metal pada *keypad* digunakan untuk

kebutuhan *keypad* atau tombol-tombol dengan arus yang besar. *Keypad* dengan bahan carbon dipakai untuk kebutuhan tombol-tombol dengan arus kecil. Biasanya itu digunakan untuk alat-alat digital yang hanya memiliki tegangan 0 dan 5v. Penerapan bahan banyak kita jumpai seperti pada *keypad* remot tv, remot AC, *joy stick*, serta masih banyak lainnya. Sedangkan bahan penyusun *keypad* yang bersifat resistif/kapasitif digunakan sebagai panel sentuh pada alat-alat elektronik, seperti hp, *smart phone*, tablet, komputer dan masih banyak lainnya. Dengan bahan resistif/kapasitif dalam pembuatan *keypad*, pada area yang lebih kecil didapatkan resolusi atau tombol yang lebih banyak. Berikut beberapa bentuk dari *keypad* yang dipakai sebagai sinyal masukan pada mikrokontroler (Kristianto & Indarto, 2013).

Matriks *keypad* 3×4 dan 4×4 merupakan contoh *keypad* yang dapat digunakan untuk berkomunikasi antara manusia dengan mikrokontroler. Matriks *keypad* 4×4 memiliki konstruksi atau susunan yang simple dan hemat dalam penggunaan *port* mikrokontroler. Konfigurasi *keypad* dengan susunan bentuk matriks ini bertujuan untuk penghematan port mikrokontroler karena jumlah *key* (tombol) yang dibutuhkan banyak pada suatu sistem dengan mikrokontroler. Konstruksi matriks *keypad* 3×4 dan matriks *keypad* 4×4 untuk mikrokontroler dapat dibuat seperti pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Konstruksi *Keypad* 3×4 dan 4×4 (Fiqri, 2014)

Konstruksi matriks *keypad* diatas cukup sederhana, yaitu terdiri *keypad* berupa saklar *push button* yang diletakan disetiap persilangan kolom dan barisnya. Rangkaian matriks *keypad* diatas dihubungkan dengan port mikrokontroler 8 bit. Sisi input atau output dari matriks *keypad* ini tidak mengikat, dapat dikonfigurasikan kolom sebagai input dan baris sebagai *output* atau sebaliknya tergantung program yang dibuat. Bentuk fisik dari *keypad* dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Keypad 3×4 dan 4×4 (Fiqri, 2014)

2.4 Mikrokontroler ATmega 16

Mikrokontroller adalah sebuah *mini chip computer* dengan kontroler 8 bit yang berfungsi sebagai pengendali dalam skala kecil. Mikrokontroler ATmega16 memiliki 8 bit dengan *pin* I/O sebanyak 32 buah dan memiliki 4 *port*. Didalam mikrokontroler sudah mempunyai ADC, PWM internal, memori dan I/O terdapat dalam satu pack IC. Mikrokontroler hanya dapat dijalankan menggunakan bahasa C dan *assembly* (Wahyudin, 2007). Tampilan IC ATmega 16 dapat dilihat pada Gambar 2.7.

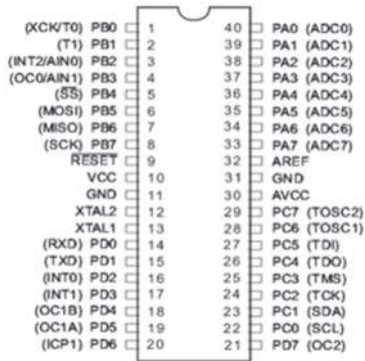


Gambar 2.7 IC ATmega 16 (Wahyudin, 2007)

Mikrokontroler ATmega16 memiliki memori program dan memori data yang dipisahkan. Begitu pula *port* data dan *port* alamat program. Sehingga proses pengaksesan data dan program dapat dilakukan secara bersamaan. Fitur-fitur yang dimiliki ATmega16 dibawah ini memungkinkan penggunaannya menjadi lebih sederhana dan tidak memerlukan IC pendukung lebih. Spesifikasi fitur dari ATmega16 sendiri diantaranya adalah :

1. Memiliki kemampuan tinggi yang beroperasi pada daya yang rendah.
2. Memiliki I/O sebanyak 32 Buah.
3. Memiliki kapasitas Flash memori 16Kbyte.
4. Terdapat unit interupsi internal dan eksternal.
5. CPU terdiri atas 32 register.
6. ADC internal dengan fidelitas 10 bit 8 channel.
7. Sistem mikroprosesor 8 bit berbasis RISC dengan kecepatan maksimal 16 MHz.
8. Port USART untuk komunikasi serial.

Mikrokontroler ATmega16 memiliki 40 pin yang dapat digunakan. ATmega16 memiliki 32 pin yang digunakan untuk *input/output*, pin-pin tersebut terdiri dari 8 pin sebagai port A. 8 pin sebagai port B. 8 pin sebagai port C. 8 pin sebagai port D. Dalam komunikasi serial, maka hanya port D yang dapat digunakan karena fungsi khusus yang dimilikinya. Untuk lebih jelas akan ditunjukkan pada tabel-tabel fungsi khusus port. Susunan pin Mikrokontroler ATmega16 ditunjukkan pada Gambar 2.8 (Winoto, 2008).



Gambar 2.8 Konfigurasi PIN ATmega 16 (Wahyudin, 2007)

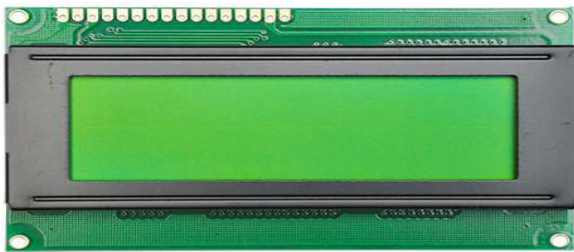
2.5 *Liquid Cristal Display (LCD)*

LCD (*Liquid Cristal Display*) adalah salah satu komponen elektronika yang berfungsi sebagai tampilan suatu data, baik karakter, huruf ataupun grafik. LCD yang dipakai merupakan tipe berkarakter 20×4 baris, yang dapat menampilkan 20 karakter dengan 4 baris. (Fiqri, 2014)

Pada aplikasinya tidak semua pin pada LCD 20×4 terpakai, melainkan hanya pin-pin yang dihubungkan dengan mikrokontroler yang digunakan saja. Pada aplikasi umumnya RW diberi logika rendah “0”. Bus data terdiri dari 4-bit atau 8-bit. Jika jalur data 4-bit maka yang digunakan adalah DB4 sampai dengan DB7. Interface LCD merupakan sebuah paralel bus, dimana hal ini sangat memudahkan dan sangat cepat dalam pembacaan dan penulisan data dari atau ke LCD. Kode ASCII yang ditampilkan sepanjang 8-bit dikirim ke LCD secara 4-bit atau 8-bit pada satu waktu. Jika mode 4-bit yang digunakan, maka 2 nibble data dikirim untuk membuat sepenuhnya 8-bit (pertama dikirim 4-bit MSB lalu 4-bit LSB dengan pulsa *clock* EN setiap *nibble*-nya). Jalur kontrol EN digunakan untuk memberitahu LCD bahwa mikrokontroler mengirimkan data ke LCD. Untuk mengirim data ke LCD program harus men-*sett* EN ke kondisi *high* “1” dan kemudian mengatur dua jalur kontrol lainnya (RS dan R/W) atau juga mengirimkan data ke jalur data bus (Zhulkarnaen, 2013).

Saat jalur lainnya sudah siap, EN harus diatur ke “0” dan tunggu beberapa saat (tergantung pada *datasheet* LCD), dan *sett* EN kembali ke *high* “1”. Ketika jalur RS berada dalam kondisi *low* “0”, data yang dikirimkan ke LCD dianggap sebagai sebuah perintah atau instruksi khusus (seperti bersihkan layar, posisi kursor dll). Ketika RS dalam kondisi *high* atau “1”, data yang dikirimkan adalah data ASCII yang akan ditampilkan dilayar. Misal, untuk menampilkan huruf “A” pada layar maka RS harus di-*sett* ke “1”. Jalur kontrol R/W harus berada dalam kondisi *low* (0) saat informasi pada data bus akan dituliskan ke LCD. Apabila R/W berada dalam kondisi *high* “1”, maka program akan melakukan *query* (pembacaan) data dari LCD. Instruksi pembacaan hanya satu, yaitu Get LCD status (membaca status LCD), lainnya merupakan instruksi penulisan. Jadi hampir setiap aplikasi yang menggunakan LCD, R/W selalu di-*sett* ke “0”. Jalur data dapat terdiri 4 atau 8 jalur (tergantung mode yang dipilih pengguna), DB0, DB1, DB2, DB3, DB4, DB5, DB6 dan DB7. Mengirim data secara paralel baik 4-bit atau 8-bit merupakan 2 mode operasi primer.

Mode 8-bit sangat baik digunakan ketika kecepatan menjadi keutamaan dalam sebuah aplikasi dan setidaknya minimal tersedia 11 pin I/O (3 pin untuk kontrol, 8 pin untuk data). Sedangkan mode 4 bit minimal hanya membutuhkan 7-bit (3 pin untuk kontrol, 4 pin untuk data). Bit RS digunakan untuk memilih apakah data atau instruksi yang akan ditransfer antara mikrokontroler dan LCD. Jika bit ini di-*sett* (RS = 1), maka *byte* pada posisi kursor LCD saat itu dapat dibaca atau ditulis. Jika bit ini di-*reset* (RS = 0), merupakan instruksi yang dikirim ke LCD atau status eksekusi dari instruksi terakhir yang dibaca. Bentuk fisik dari LCD dapat dilihat pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9 LCD (Fiqri, 2014)

2.6 Saklar (*Switch*)

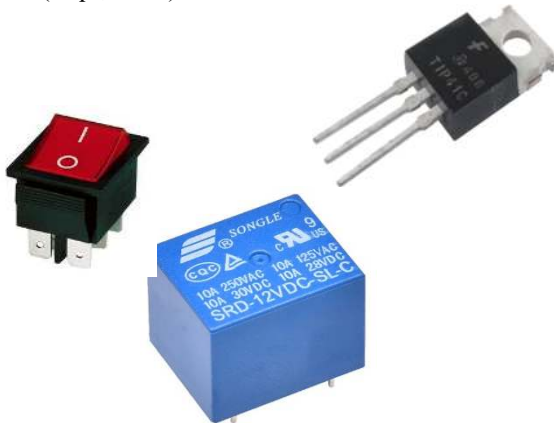
Saklar adalah suatu alat dengan dua sambungan dan bisa memiliki dua keadaan, yaitu keadaan *on* dan keadaan *off*. Keadaan *off* (tutup) merupakan suatu keadaan dimana tidak ada arus yang mengalir. Keadaan *on* (buka) merupakan satu keadaan yang mana arus bisa mengalir dengan bebas atau dengan kata lain (secara ideal) tidak ada resistivitas dan besar voltase pada saklar sama dengan nol (Fiqri, 2014).

Saklar dapat memutus atau menyambung arus / tegangan listrik lemah atau komponen elektronika yang dapat digunakan untuk memindahkan aliran arus / tegangan listrik rendah dari satu konduktor ke konduktor lain. Di dunia elektronika, saklar (*switch*) berfungsi sebagai pemutus dan penghubung arus listrik. Ketika kondisi saklar *off* (*open circuit*) maka arus listrik yang tadinya mengalir melalui saklar akan terputus, demikian juga sebaliknya yakni jika kondisi saklar *on* (*close circuit*) maka arus listrik akan kembali mengalir melewati saklar tersebut. Jenis-jenis saklar berdasarkan kondisi awal kontaktor yang ada di dalamnya :

1. Saklar *On-Off*: Saklar jenis ini mempunyai dua kondisi yaitu *on* (terhubung) dan *off* (terputus). Saklar jenis ini sering digunakan pada lampu penerangan rumah.
2. Saklar *Normaly On* atau *Normaly Close*, Kondisi awal saklar ini adalah *On* (terhubung) tetapi jika ditekan, digeser, atau digerakkan secara manual, maka kontaktor saklar akan berubah menjadi *Off* (terputus). Saklar jenis ini adalah bagian dari saklar *On-Off*.
3. Saklar *Normaly Off* atau *Normaly Open*, Kondisi awal saklar ini adalah *Off* (terputus) dan akan berubah menjadi *On* (terhubung) jika diaktifkan dengan cara ditekan, digeser, atau digerakkan secara manual. Saklar ini juga merupakan bagian dari saklar *On-Off*.
4. Saklar *Push-On*, Kondisi awal saklar ini adalah *Off* dan akan berubah menjadi *On* hanya ketika ditekan. Jika dilepas, maka saklar akan kembali ke posisi *Off*. Saklar jenis ini dapat ditemukan pada bel rumah atau bel cerdas cermat.
5. Saklar *Push-Off*, Kondisi awal dari saklar ini adalah *On* dan hanya akan berubah kondisi (menjadi *Off*) apabila saklar ditekan.

Kontaktor saklar akan kembali On ketika saklar dilepas. Saklar jenis ini dapat ditemukan di industri-industri untuk mengontrol relay atau *contactor*.

Berikut merupakan beberapa contoh perangkat elektronik yang dapat digunakan sebagai saklar seperti *push button*, toggle, transistor, relay dan lain lain. Kebanyakan transistor digunakan untuk kebutuhan penyambungan dan pemutusan (*switching*), seperti halnya saklar. Yaitu untuk memutus atau menyambungkan arus listrik, penggunaan tersebut bertujuan mendapatkan sistem kerja yang di inginkan dari suatu sirkit elektronik. Macam – macam komponen saklar dapat dilihat pada Gambar 2.10. (Figri, 2014).



Gambar 2.10 Perangkat Saklar Elektronik (Anwar, 2015)

2.8 CodeVision AVR

CodeVision AVR merupakan sebuah *software* yang digunakan untuk memprogram mikrokontroler sekarang ini telah umum. Mulai dari penggunaan untuk kontrol sederhana sampai kontrol yang cukup kompleks, mikrokontroler dapat berfungsi jika telah diisi sebuah program, pengisian program ini dapat dilakukan menggunakan compiler yang selanjutnya diprogram ke dalam mikrokontroler menggunakan fasilitas yang sudah di sediakan oleh program tersebut. Salah satu *compiler* program yang umum digunakan sekarang ini adalah CodeVision AVR yang menggunakan bahasa pemrograman C.

CodeVisionAVR C *Compiler* adalah *software* yang digunakan untuk membuat program mikrokontroler AVR dalam bahasa C. Program tersebut kemudian diterjemahkan oleh CodeVisionAVR C menjadi kode heksadesimal yang akan didownload ke dalam chip mikrokontroler AVR. CodeVision AVR mempunyai suatu keunggulan dari compiler lain, yaitu adanya codewizard, fasilitas ini memudahkan kita dalam inisialisasi mikrokontroler yang akan di gunakan tampilan pembuka *software* CodeVisionAVR dapat dilihat pada Gambar 2.11 (Wahyudin, 2007).



Gambar 2.11 Tampilan CodeVision AVR (Winoto, 2008)

2.9 Lilin Batik

Lilin batik atau bisa juga disebut lilin khusus membatik adalah salah satu bahan utama untuk membuat batik, khususnya batik tulis dan batik cap. Menurut Widodo (1983: 10) lilin batik adalah bahan yang dipakai untuk menutup permukaan kain menurut motif batik, sehingga permukaan yang tertutup tidak terkena warna yang diberikan pada kain. Fungsi lilin batik dalam proses pengerjaan batik adalah untuk menutupi bagian tertentu agar tidak terkena pewarna. Proses kerja lilin batik dan pewarna dalam membatik pada prinsipnya memanfaatkan dua sifat bahan yang saling bertolak belakang sebagaimana minyak dan air, lilin mengandung minyak sedangkan pewarna mengandung air. Bagian-

bagian tertentu yang diberi lilin secara otomatis tidak bisa ditembus oleh pewarna (Hindayani, 2009).

Secara umum lilin batik atau lilin batik terdiri dari 3 macam, yaitu Lilin Batik Klowong, lilin batik Tembokan atau Popokan, lilin batik Bironi/parafin atau Lilin Tutupan. Lilin batik klowong berfungsi untuk untuk nglowongi atau pelekatan pertama pada motif yang sudah dibuat (mempertegas pola). Lilin dengan jenis klowong ini memiliki sifat mudah sekali encer dan membeku, dapat membuat garis motif yang tajam, daya lekatnya tidak terlalu kuat, gampang remuk, mudah tembus pada kain tapi mudah dilorot atau lepas dalam air, tidak tahan larutan alkali dan tidak meninggalkan bekas setelah dilorot. Lilin batik klowong akan mencair pada temperatur sekitar 55°C. Lilin batik tembok berfungsi untuk nemboki/ ngeblok/mengisi bidang yang luas pada sebuah pola agar kain yang bergambar motif dapat dirintangi. Lilin jenis tembokan ini memiliki sifat daya lekat yang kuat dan tidak mudah remuk, lama mencair dan cepat membeku, mudah meresap pada kain, tahan terhadap larutan alkali dan tidak mudah lepas dalam rendaman air atau dilorod. Lilin batik tembokan akan mulai mencair pada temperatur sekitar 57°C . Lilin batik bironi/parafin berfungsi untuk menutupi warna motif tertentu yang dipertahankan pada kain setelah dicelup atau dicolet. Lilin batik parafin akan mulai mencair pada temperatur sekitar 55°C. Lilin batik akan rusak pada temperature diatas 80 °C (Khalid, 2017).

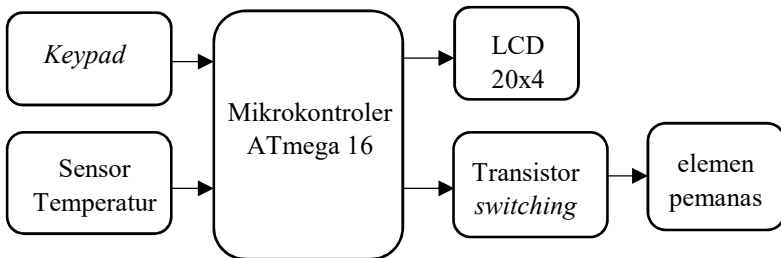


Gambar 2.12 Lilin Batik (Khalid, 2017)

BAB III

PERENCANAAN DAN IMPLEMENTASI *HARDWARE* DAN *SOFTWARE*

Pada bab ini membahas tentang tahapan yang dilakukan terhadap perancangan dan pembuatan Tugas Akhir yang berjudul Perancangan dan Pembuatan Kompor Listrik Batik Tulis Menggunakan Mikrokontroler. Dimana didalamnya akan membahas tentang blok diagram sistem, perancangan sensor temperatur menggunakan Termokopel, mekanik kompor listrik batik tulis, rangkaian transistor *switching*, rangkain pendukung dan *flowchart*.



Gambar 3.1 Diagram Fungsional Sistem

Berikut penjelasan mengenai blok diagram pada Gambar 3.1 yaitu rangkaian transistor *switching* untuk mengatur penyalaan *heater*. Sensor termokopel sebagai sensor temperatur untuk mendeteksi temperatur lilin batik. Mikrokontroler ATmega 16 sebagai kontroler dengan menggunakan metode *on/off* untuk mengatur tegangan yang masuk ke *heater*. *Keypad* digunakan untuk memasukkan nilai *set point* temperatur yang diinginkan sesuai dengan jenis lilin yang dipanaskan. LCD sebagai tampilan dari beberapa proses kerja pada mekanik kompor listrik batik tulis.

Lilin batik dalam bentuk zat padat diletakkan pada sebuah wajan pada kompor listrik batik tulis. Sebelum lilin batik dipanaskan menggunakan elemen pemanas (*heater*), harus memasukkan nilai *set point* temperatur yang diinginkan sesuai dengan jenis lilin batik yang

akan dipanaskan pada sebuah wajan yang didalamnya terdapat sensor temperatur (Termokopel). Pada saat proses pemanasan lilin batik tersebut sensor temperatur akan terus melakukan pengukuran untuk kemudian dibaca oleh ADC mikrokontroler ATmega 16. Nilai temperatur lilin batik yang dibaca oleh sensor temperatur akan menjadi masukan bagi mikrokontroler ATmega 16 untuk dibandingkan dengan nilai temperatur yang sudah dimasukkan menggunakan *keypad* (*set point*). Jika nilai temperatur yang terbaca kurang dari nilai *set point* temperatur yang diinginkan, maka tegangan akan dinaikkan sampai nilai temperatur sama dengan *set point*. Apabila nilai temperatur lilin batik melebihi *set point* temperatur maka tegangan akan diturunkan sampai nilai temperatur sama dengan nilai *set point*. Untuk mengatur tegangan yang masuk ke elemen pemanas (*heater*) digunakan rangkaian Transistor *switching* untuk *men-drive* tegangan dari sumber listrik DC.

Adapun tampilan display yang disajikan diantaranya kenaikan dan penurunan temperatur secara bertahap selama proses pemanasan dan pendinginan berlangsung sampai temperatur dalam keadaan konstan dan besar temperatur yang diinginkan (*set point*).

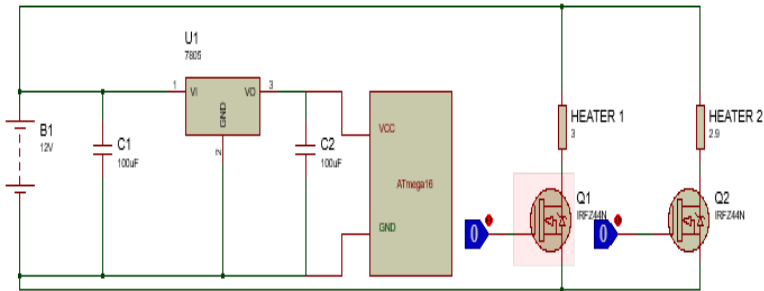
3.1 Perancangan Hardware

Berikut dijelaskan rancangan kompor listrik batik tulis dan berbagai komponen dan rangkaian pendukung yang akan dibuat pada pengerjaan Tugas Akhir ini beserta perhitungannya secara teoritis.

3.1.1 Rancangan Kompor Listrik Batik Tulis

Kompor listrik batik tulis yang akan dibuat pada Tugas Akhir ini harus relevan dengan tujuan pembuatan tugas akhir yang telah dibuat. Kompor listrik batik tulis ini harus mampu mengatur dan menjaga temperatur lilin batik, kompor listrik batik tulis harus hemat energi dan ramah lingkungan serta dapat digunakan di tempat – tempat yang tidak ada sumber listrik AC. Untuk memenuhi tujuan tersebut maka kompor listrik harus dilengkapi oleh komponen – komponen yang tepat guna untuk mendapatkan hasil yang maksimal. Komponen – komponen yang ada pada kompor listrik antara lain elemen pemanas, sensor termokopel tipe K, LCD 20×4, *keypad* 3×4, rangkaian transistor *switching* serta mikrokontroler ATmega 16. Kompor listrik batik tulis akan

mendapatkan sumber listrik DC yang berasal dari aki 12 volt. Aki 12 volt tersebut akan digunakan sebagai sumber tegangan untuk elemen pemanas dan mikrokontroler ATmega 16. Gambar 3.2 berikut merupakan rangkaian aki 12 volt dengan kompor listrik batik tulis.



Gambar 3.2 Rangkaian Aki dengan Kompor Listrik Batik Tulis

3.1.2 Rancangan Elemen Pemanas (*Heater*)

Pada perancangan kompor listrik batik tulis yang hemat energi, untuk memanaskan lilin batik sampai mencair didalam wadah menggunakan elemen pemanas (*heater*), maka perlu mengetahui besar daya yang dibutuhkan oleh elemen pemanas (*heater*) untuk memanaskan lilin batik. Besar daya maksimal yang akan digunakan pada elemen pemanas (*heater*) yakni mulai 48 watt. Dengan besar daya tersebut maka kompor listrik batik tulis ini lebih hemat energi daripada kompor listrik batik tulis yang beredar di pasaran dengan besar daya 100 sama 300 waat. Untuk mendapatkan daya 48 watt maka perlu merancang spesifikasi elemen pemanas (*heater*) agar konsumsi daya yang digunakan sesuai. Spesifikasi elemen pemanas didapatkan dengan perhitungan sebagai berikut :

- P = daya
 - V = tegangan
 - I = arus
- Diketahui
- P = 48 watt
 - V = 12 Volt

Maka didapatkan arus yang dibutuhkan untuk *heaternya* :

$$P = V \times I \dots\dots\dots(1)$$

$$60 = 12 \times I$$

$$I = 4 \text{ ampere}$$

Dari hasil perhitungan tersebut maka dibutuhkan arus untuk memanaskan *heater* sebesar 4 ampere. Pada tugas akhir ini akan digunakan sumber listrik DC berupa Aki dengan tegangan 12 volt. Dari kondisi tersebut maka dapat mendesain *heater* dengan cara mencari besar hambatan *heater* sehingga aki dapat mengalirkan arus sebesar 4 ampere.

Diketahui $V = 12 \text{ Volt}$
 $I = 4 \text{ ampere}$

Maka didapatkan besar hambatan *heater* agar aki dapat mengalirkan arus sebesar 4 ampere.

$$V = I \times R \dots\dots\dots(2)$$

$$R = \frac{V}{I}$$

$$R = \frac{12 \text{ volt}}{4 \text{ ampere}}$$

$$R = 3 \text{ ohm}$$

Pada Tugas Akhir ini akan dibuat 2 *heater* agar mendapatkan temperatur tinggi sehingga proses pemanasan dapat berjalan lebih cepat karena proses kenaikan temperatur berlangsung dalam waktu yang lama. Untuk *heater* 1 dan *heater* 2 memiliki nilai hambatan yang berbeda yakni untuk *heater* 1 memiliki nilai hambatan 3 ohm sedangkan *heater* 2 memiliki nilai hambatan sebesar 2,93 ohm. Jenis elemen pemanas yang digunakan pada Tugas Akhir ini yakni resistor tahu dengan daya 10 watt yang kemudian dirangkai paralel untuk mendapatkan besar hambatan 3 ohm dan 2,93 ohm.

Heater 1 dirancang dengan memparalel 5 buah resistor tahu. Sehingga mendapatkan hambatan elemen pemanas sebesar 3 ohm dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1+1+1+1+1}{15}$$

$$\frac{1}{R_p} = \frac{5}{15}$$

$$R_p = \frac{15}{5} = 3 \text{ ohm}$$

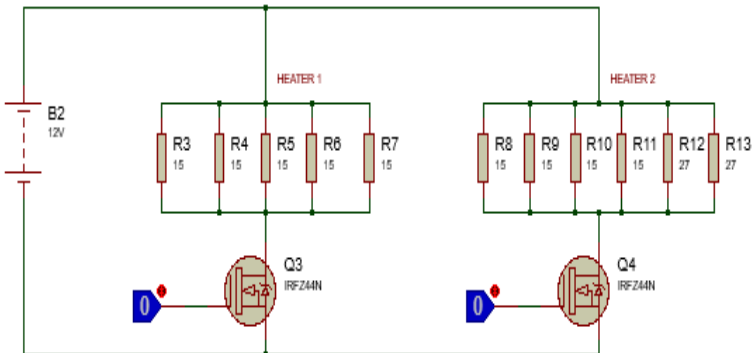
Heater 2 dirancang dengan memparalel 4 buah resistor tahu 15 ohm dan 2 buah resistor tahu 27 ohm. Sehingga mendapatkan hambatan elemen pemanas sebesar 2,9 ohm dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\frac{1}{R_p} = \frac{27 + 27 + 27 + 15 + 15}{405}$$

$$\frac{1}{R_p} = \frac{138}{405}$$

$$R_p = \frac{405}{138} = 2,9 \text{ ohm}$$

Rangkaian elemen pemanas dapat dilihat pada Gambar 3.3 sebagai berikut.



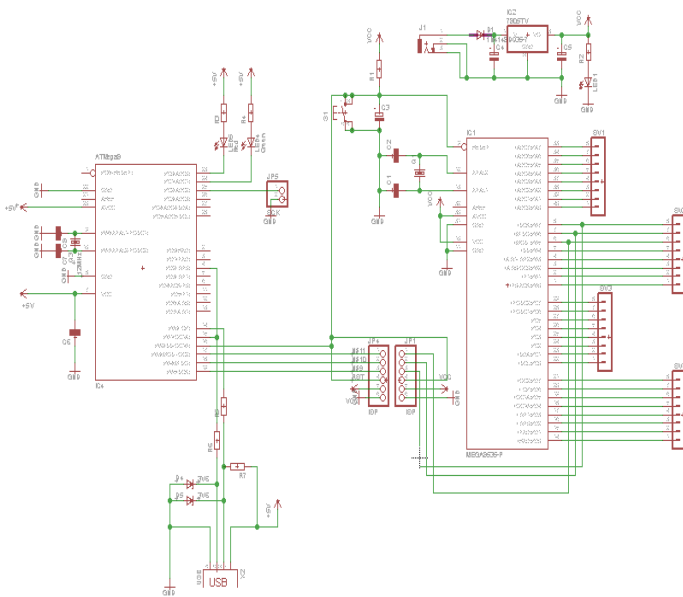
Gambar 3.3 Rangkaian Heater

3.1.3 Perancangan *Minimum System*

Sistem Minimum Mikrokontroller merupakan sebuah rangkaian paling sederhana dari sebuah mikrokontroler agar IC mikrokontroler tersebut bisa beroperasi dan di program. Dalam aplikasinya sistem minimum sering dihubungkan dengan rangkaian lain untuk tujuan tertentu. *Minimum system* yang digunakan pada Tugas Akhir ini menggunakan ATmega 16. Dalam Mikrokontroller ATmega 16 terdapat 4 buah Port, yaitu Port A, Port B, Port C, dan Port D. Ada juga pin MISO, MOSI, SCK beserta RESET, VCC dan GND. Untuk mengisi program pada IC ATmega16, Rangkaian *minimum system* harus dihubungkan ke *downloader* atau USB ASP. Komponen *minimum system* ATmega 16 yaitu :

1. *Integrated Circuit* (IC) Atmega32
2. Soket Atmega32
3. Papan PCB
4. *Crystal Oscillator* 12 MHz
5. Kapasitor 100 nf
6. Kapasitor 22pf
7. Resistor 2k2
8. *Push Button*

Dengan adanya *minimum system* ATmega 16 maka alat dapat bekerja sesuai dengan program yang telah dibuat. Rangkaian *minimum system* ATmega 16 akan mengeluarkan *output* yang akan menggerakkan komponen – komponen pada alat sesuai dengan *input* yang diberikan ke *minimum system*. *Minimum system* ATmega 16 akan mendapatkan sumber listrik DC sebesar 5 volt dari aki. Rangkaian *minimum system* ATmega 16 dapat dilihat pada Gambar 3.4.



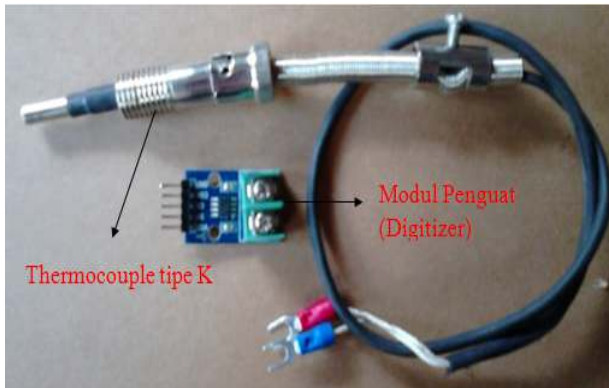
Gambar 3.4 Rangkaian *Minimum System* ATmega 16

3.1.4 Sensor Temperatur

Sensor temperatur pada Tugas Akhir ini menggunakan termokopel tipe K (*K-Type Thermocouple*) yang banyak dijual pada toko – toko penjualat alat – alat elektronika. Termokopel tipe ini sangat sesuai untuk diaplikasikan pada dunia perindustrian dikarenakan pada termokopel ini tahan terhadap suhu tinggi (*temperature spring probe*). Berikut adalah bentuk fisik dari termokopel tipe K dan modul penguatnya seperti yang terlihat pada Gambar 3.5

Termokopel tipe K memiliki *output* dalam satuan mili Volt (mV) sehingga perlu dikuatkan hingga mendapatkan keluaran dalam satuan Volt. Tegangan keluaran maksimum yang diinginkan sebesar 5 Volt, Kenaikan pada termokopel setiap 1 derajat sebesar 0,04 mV sedangkan tegangan keluaran maksimum termokopel untuk 1000°C yaitu 40mV, sehingga diperlukan rangkaian pengkondisian sinyal sebagai penguatan keluaran tegangan. Adapun rangkaian pengkondisian sinyal pada pengerjaan Tugas Akhir ini tidak membuat sendiri, namun telah tersedia

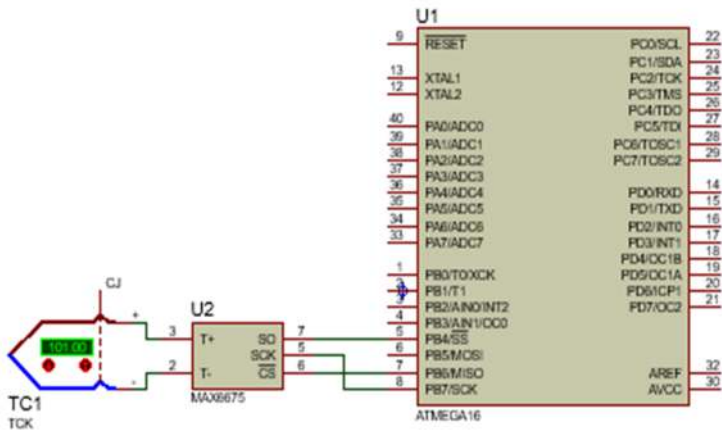
dalam bentuk modul yang juga telah banyak dijual, biasanya untuk mendapatkan modul ini secara langsung satu paket dengan termokopelnya. Modul pengkondisian sinyal ini adalah modul *digitizer* yang menggunakan IC MAX6675 dari Maxim.



Gambar 3.5 Termokopel Tipe - K

MAX6675 bukan saja mendigitalisasi sinyal analog dari termokopel tipe-K, sirkuit terpadu di dalamnya juga melakukan kompensasi "persimpangan dingin" (*cold-junction*) untuk akurasi terbaik. Yang dimaksud *cold-junction-compensation* adalah fungsi IC ini untuk mendeteksi fluktuasi suhu lingkungan (*ambience temperature*) pada ujung dingin (*cold-end*) suhu yang dideteksi oleh sensor suhu internal MAX6675, dapat berkisar antara -20°C hingga $+85^{\circ}\text{C}$ sehingga dapat mengoreksi pembacaan suhu pada ujung panas (*hot-end*) yang merupakan suhu yang terbaca pada *probe* (hingga $+1024^{\circ}\text{C}$, dalam kit ini maksimum suhu dibatasi oleh *probe's temperature rating* sebesar $+800^{\circ}\text{C}$). Berikut merupakan rangkaian sensor termokopel tipe - K dengan MAX6675.

MAX 6675 terdiri dari 5 pin yaitu : VCC , GND, SCK, CS, SO. Pin modul MAX6675 VCC dan GND sebagai pin untuk sumber tenaga, pin *output* modul MAX6675 SO ke pin 2 mikrokontroler, CS ke pin 3 mikrokontroler, SCK ke pin 4 mikrokontroler Gambar 3.6 di bawah ini merupakan konfigurasi minimum sistem ATmega 16 dengan sensor Termokopel dan MAX6675.

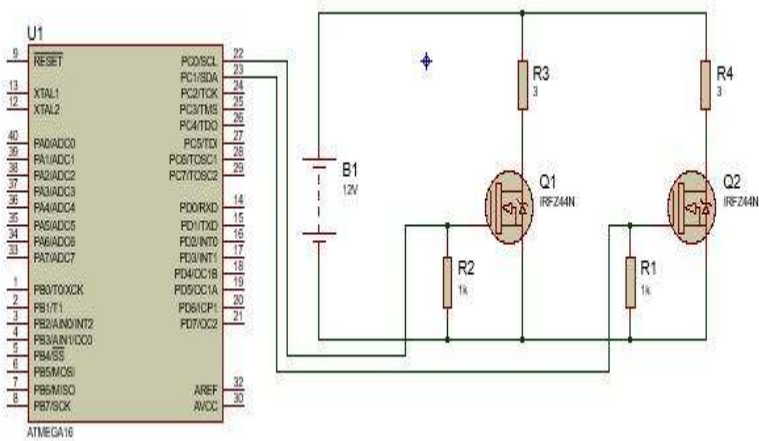


Gambar 3.6 Rangkaian Termokopel Tipe – K dengan MAX6675

3.1.5 Rangkaian Transistor *Switching*

Elemen pemanas/*Heater* akan dikontrol oleh mikrokontroler ATmega 16. Akan tetapi, mikrokontroler tidak dapat secara langsung mengatur nyala elemen pemanas dengan spesifikasi 12 volt 5 ampere karena output mikrokontroler hanya 5 volt 20 miliAmpere. Oleh karena itu, dibutuhkan sumber listrik yang dapat menyalakan elemen pemanas tersebut, pada tugas akhir ini digunakan sumber listrik DC 12 volt 7 ampere. Untuk mengatur tegangan dan arus sumber masuk ke elemen pemanas, mikrokontroler membutuhkan rangkaian tambahan yakni rangkaian transistor *switching*. Rangkaian transistor *switching* ini dapat mengatur tegangan dan arus yang masuk dari sumber listrik ke elemen pemanas melalui sinyal kontrol yang diberikan oleh mikrokontroler ATmega 16. Mikrokontroler akan memberikan sinyal kontrol untuk transistor yang mendapat input *set point* dari *keypad* dan nilai temperatur lilin batik yang terbaca oleh termokopel. Saat temperatur lilin batik kurang dari *set point* maka mikrokontroler akan mengirim sinyal kontrol ke transistor *switching* sehingga tegangan dan arus dari sumber dapat masuk ke elemen pemanas dan proses pemanasan akan terjadi secara terus menerus. Saat temperatur lilin batik melebihi *set*

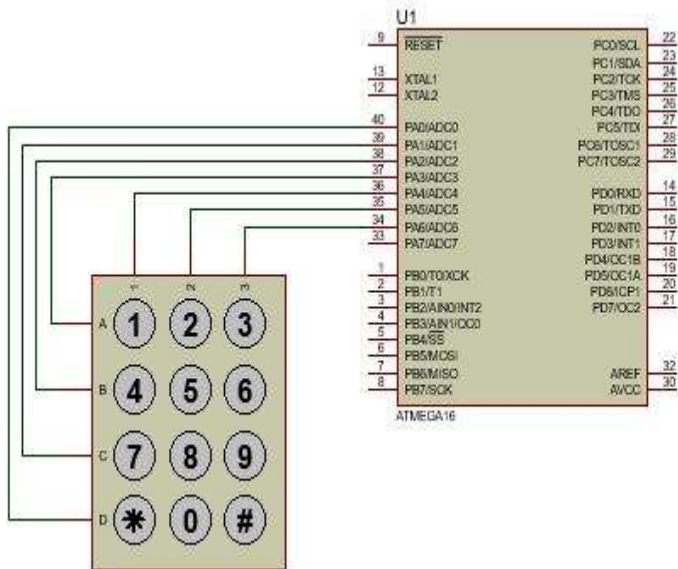
point maka mikrokontroler akan mengirim sinyal ke transistor *switching* untuk menurunkan tegangan dan arus yang mengalir ke elemen pemanas sehingga temperatur lilin batik akan turun sampai *set point*, begitu seterusnya. Rangkaian transistor *switching* dapat dilihat pada Gambar 3.7 berikut.



Gambar 3.7 Rangkaian Transistor *Switching*

3.1.6 Rangkaian Keypad

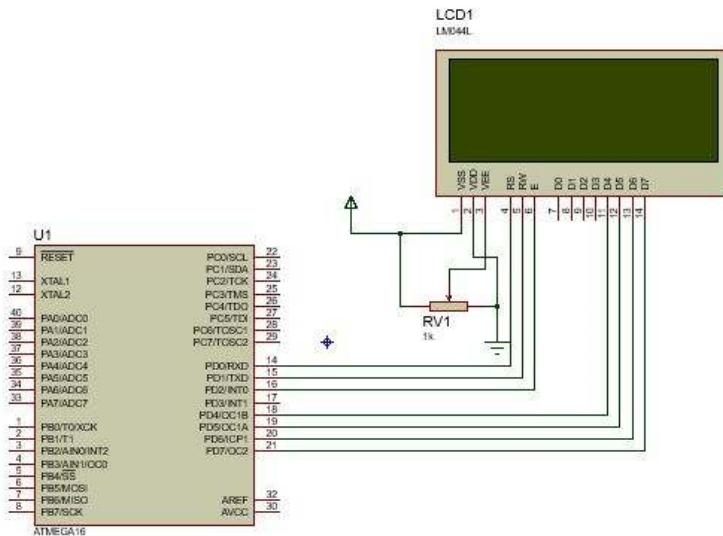
Pada perancangan alat Tugas Akhir ini, *Keypad* digunakan untuk memasukkan nilai temperatur yang diinginkan sesuai dengan jenis lilin batik yang akan dipanaskan. *Keypad* yang digunakan pada perancangan alat Tugas Akhir ini adalah *Keypad* 3×4. *Keypad* 3×4 mempunyai sebanyak 8 buah pin. Berikut adalah gambar dari *Keypad* yang terhubung pada mikrokontroler ATmega 16. Perancangan rangkaian *keypad* dapat dilihat pada Gambar 3.8.



Gambar 3.8 Rangkaian Keypad

3.1.7 Liquid Crystal Display (LCD)

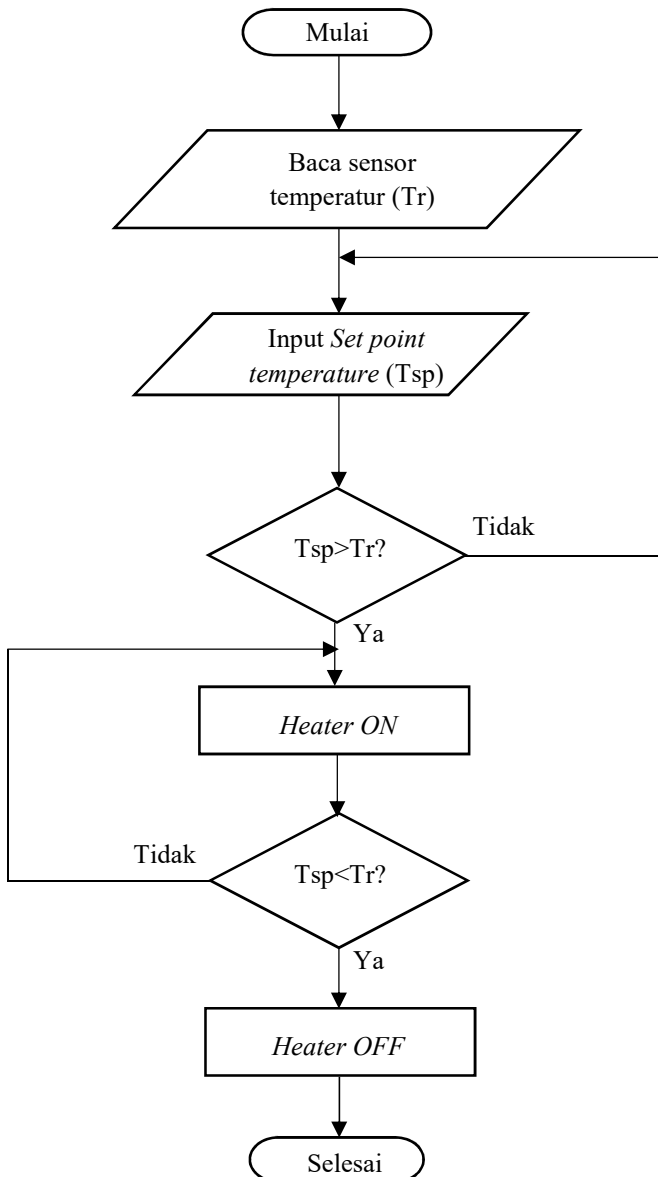
LCD (*Liquid Crystal Display*) adalah suatu jenis media tampil yang menggunakan kristal cair sebagai penampil utama. LCD yang digunakan pada tugas akhir ini adalah LCD dengan jumlah karakter 20×4, LCD berfungsi untuk menampilkan status kerja alat. Pada *hardware* kompor listrik batik tulis, LCD akan menampilkan nilai temperatur yang diinputkan dari *keypad* dan juga akan menampilkan nilai temperatur lilin batik yang terbaca oleh sensor termokopel. LCD akan dihubungkan pada mikrokontroler ATmega 16 sehingga dapat menampilkan sesuai dengan *input* yang diberikan dari mikrokontroler. Berikut adalah skematik rangkaian Mikrokontroler ATmega 16 dengan LCD 20×4 dapat dilihat pada Gambar 3.9.



Gambar 3.9 Rangkaian LCD

3.2 Perancangan *Software*

Perancangan *software* ini dibuat agar kompor listrik batik tulis dapat bekerja sesuai dengan tujuan pengerjaan Tugas Akhir. Selain berbagai macam mekanik dan rangkaian yang dibutuhkan untuk membentuk suatu kompor listrik batik tulis dengan sistem pemanas terkontrol juga diperlukan pemrograman pada mikrokontroler sebagai pusat kontrol secara digitalisasi untuk memerintah rangkaian-rangkaian yang terintegrasi sehingga dapat bekerja secara otomatis. Adapun sebelum memulai *programming* maka disusunlah *flowchart* program secara keseluruhan dari kerja sistem, dari awal memulai sistem tersebut hingga akhir (selesai). *Flowchart* ini akan menggambarkan alur pemrograman pada kompor listrik batik tulis. Berikut *flowchart* program sistem pemanas terkontrol dari pengerjaan tugas akhir ini dapat dilihat pada Gambar 3.10



Gambar 3.10 Flowchart Sistem Pemanas Terkontrol

Dari perancangan *flowchart* yang telah dibuat seperti pada Gambar 3.10 dapat diketahui bahwa sistem dimulai dengan memasukkan nilai *set point* temperatur sesuai dengan jenis lilin batik yang akan dipanaskan. Setelah itu lilin batik akan dipanaskan secara terus – menerus dan dilakukan pembacaan nilai temperatur lilin batik hingga temperatur lilin batik mencapai nilai *set point* temperatur yang sudah dimasukkan. Proses pemanasan lilin batik dilakukan dengan cara menaikkan tegangan yang masuk ke *heater* sehingga temperatur akan terus naik. Saat sensor temperatur membaca bahwa temperatur lilin batik melebihi nilai *set point* temperatur maka akan dilakukan penurunan tegangan yang masuk ke *heater* sehingga temperatur lilin akan menurun secara bertahap sampai nilai *set point* temperatur. Proses tersebut akan terus diulang – ulang sampai mendapatkan nilai temperatur yang konstan. Sistem akan berhenti bekerja saat kompor listrik batik tulis dimatikan. Untuk lebih memudahkan dalam memahami *flowchart* di atas, maka akan dijelaskan pada tahap-tahap berikut ini.

TAHAP 1

Pada tahap ini dilakukan inisialisasi dan konfigurasi pada setiap *input* dan *output* pada mikrokontroler ATmega 16. Inisialisasi program dapat dilihat pada Gambar 3.11

```
#include <mega16.h>
#include <alcd.h>
#include <delay.h>
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <string.h>
#include <spi.h>
unsigned nilaisensor;//variabel pembacaan suhu termokopel
unsigned char key;//variabel untuk menyimpan tombol keypad yang ditekan
char lcd_buffer[33];//digunakan untuk menampilkan suhu yg terbaca ke LCD
float nilai = 0;//variabel besar nilai setpoint
unsigned char temp[12];//untuk menampilkan besar setpoint ke LCD
unsigned char array[10];//untuk menyimpan dan mengkonversi nilai set point dari keypad
int i=0;//kondisi keypad sebelum ditekan
```

Gambar 3.11 Program Inisialisasi Variabel

Pada Gambar 3.11 ditunjukkan inisialisasi program mulai deklarasasi penggunaan IC ATmega 16, LCD, waktu *delay*, dan inisialisasi input dan output. Setelah itu, dilakukan deklarasi variabel – variabel yang digunakan pada program dengan menggunakan beberapa tipe data seperti float dan char.

TAHAP 2

Pada tahap ini dilakukan pembacaan temperatur lilin batik oleh sensor termokopel. Sensor termokopel terhubung ke port B ATmega 16 pada kaki 4, 6, dan 7. Pembacaan dilakukan dengan mengatur pembacaan pada kaki 4 port B yakni kaki SS. Program pembacaan temperatu dapat dilihat pada Gambar 3.12.

```
void baca_termokopel(){
//melakukan pembacaan temperatur oleh sensor termokopel
    PORTB.4=0;
    nilaisensor=(unsigned) spi(0)<<8;
    nilaisensor|=spi(0);
    PORTB.4=1;
    nilaisensor=(unsigned) (((unsigned long) nilaisensor*5000)/4096L);
}
```

Gambar 3.12 Program Membaca Temperatur

Gambar 3.12 merupakan program membaca termokopel. Pada program tersebut menggunakan port B pada kaki 4 yang merupakan pin SS. Pin tersebut merupakan digunakan sebagai output. Jadi, saat kaki 4 kondisi 0 maka termokopel tidak mengeluarkan output temperature sedangkan saat kondisi 1 maka termokopel akan mengeluarkan output temperature.

TAHAP 3

Pada tahap ini dilakukan proses pembacaan keypad dengan melakukan *scanning* dan pembacaan keypad serta mengatur angka yang ditampilkan saat *keypad* ditekan. *Keypad* terhubung ke port A mikrokontroler ATmega 16. Program *keypad* dapat dilihat pada Gambar 3.13.

```

unsigned char scan_keypad(){
//melakukan scanning keypad dengan port 4,5,6 sebagai output dan port 0,1,2,3 sebagai input
    PORTA=0B11101111;
    if (PINA.0==0) return('3');
    if (PINA.1==0) return('4');
    if (PINA.2==0) return('7');
    if (PINA.3==0) return('*');

    PORTA=0B11011111;
    if (PINA.0==0) return('1');
    if (PINA.1==0) return('5');
    if (PINA.2==0) return('8');
    if (PINA.3==0) return('0');

    PORTA=0B10111111;
    if (PINA.0==0) return('2');
    if (PINA.1==0) return('6');
    if (PINA.2==0) return('9');
    if (PINA.3==0) return('#');
}

```

Gambar 3.13 Program *Scanning Keypad*

Pada *keypad* terdapat 7 kaki yang dihubungkan pada port A kaki 0 sampai kaki 6. Kaki 0 sampai 3 merupakan input dan kaki 4 sampai 6 merupakan output. Jadi saat output kaki 4, saat kaki 0, 1, 2, 3 berlogika 1 maka akan membaca angka 3, 4, 7 dan *. Saat output kaki 5, saat kaki 0, 1, 2, 3 berlogika 1 maka akan membaca angka 1, 5, 8, dan 0. Saat output kaki 6, saat kaki 0, 1, 2, 3 berlogika 1 maka akan membaca angka 2, 6, 9 dan #.

TAHAP 4

Pada tahap ini dilakukan perbandingan antara nilai *set point* dengan nilai temperatur yang terbaca oleh termokopel. Jika *set point* lebih besar dari temperatur yang dibaca oleh termokopel maka *heater* akan menyala dengan port.C0 mengirimkan logika 1 ke transistor sehingga *heater* akan menyala akan tetapi jika nilai *set point* lebih kecil dari temperatur yang terbaca maka *heater* akan port.C1. Jika *set point* yang diatur lebih dari atau sama dengan 60°C maka port.akan mengirim logika 1 ke transistor untuk menyalakan *heater* 2.

```

if (nilai>60){
PORTC.2=1;
PORTC.1=1;
PORTC.0=1;
lcd_gotoxy(4,3);
lcd_putsf("HEATER ON ");
}

if (nilai>=nilaisensor/40 && nilai<=60){
PORTC.1=1;
PORTC.2=1;
lcd_gotoxy(4,3);
lcd_putsf("HEATER ON ");
}

if (nilai<=nilaisensor/40){
PORTC.1=0;
PORTC.2=0;
lcd_gotoxy(4,3);
lcd_putsf("HEATER OFF ");
}

```

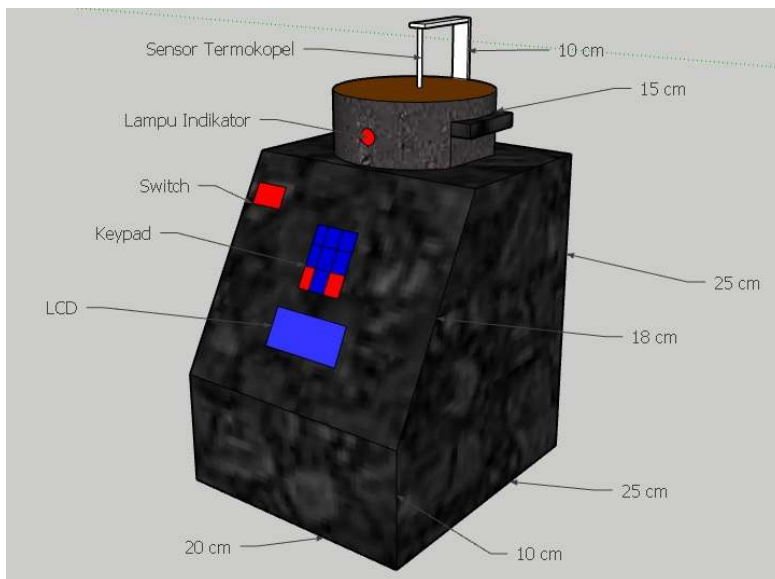
Gambar 3.14 Program Transistor *switching*

Pada Gambar 3.14 merupakan program transistor *switching*, variabel ‘nilai’ merupakan nilai setpoint, dan variabel ‘nilaisensor/40’ merupakan nilai temperatur dari termokopel. Saat *set point* lebih dari atau sama dengan temperatur maka mikrokontroler akan mengirimkan logika 1 pada port C kaki 1 dan 2. Sedangkan saat *set point* kurang dari atau sama dengan temperature maka mikrokontroler akan mengirimkan logika 0 pada port C kaki 1 dan 2. Saat *set point* lebih diatur lebih dari 60°C maka mikrokontroler akan mengirimkan logika 1 pada port C kaki 0, 1, dan 2.

3.3 Perancangan Mekanik

Pada pengerjaan Tugas Akhir ini, setelah berbagai macam rangkaian yang telah disebutkan di atas telah dikerjakan, langkah selanjutnya yakni membuat perancangan mekanik yang sesuai dengan pengerjaan Tugas Akhir ini. Adapun mekanik yang dibuat sedemikian rupa dengan tujuan menyesuaikan dengan kondisi yang dibutuhkan. Adapun desain mekanik yang telah dibuat yakni kompor listrik yang dilengkapi dengan wajan untuk lilin batik . Berikut Gambar rancangan

mekanik yang telah dibuat, seperti yang terlihat pada Gambar 3.15 sampai Gambar 3.17.



Gambar 3.15 Rancangan Kompor Listrik Batik Tulis

Dari Gambar 3.15 ditunjukkan rancangan kompor listrik batik tulis beserta ukuran dari mekanik yang akan dibuat. Ukuran tersebut di desain sedemikian rupa agar menghasilkan mekanik kompor listrik batik tulis. Komponen – komponen yang digunakan pada kompor listrik batik tulis diletakkan sesuai dengan fungsinya agar kompor listrik batik tulis dapat digunakan dengan mudah.

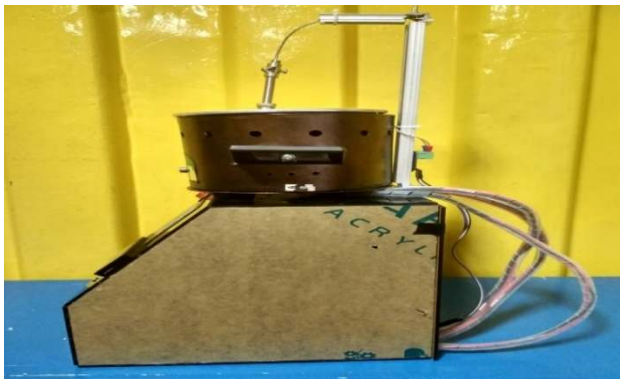
Setelah melakukan proses perancangan mekanik batik tulis tersebut, selanjutnya merupakan proses pembuatan. Pembuatan mekanik kompor listrik batik tulis mengacu pada perancangan mekanik kompor listrik batik tulis yang telah dibuat. Foto hasil dari pembuatan mekanik kompor listrik batik dapat dilihat pada Gambar 3.16 sampai 3.18.

Desain mekanik terbuat dari plat, sehingga rangka tidak mudah berkarat dan tahan terhadap panas. Selain itu kompor dengan bahan plat lebih ringan daripada kompor dengan bahan yang lain. Bentuk fisiknya

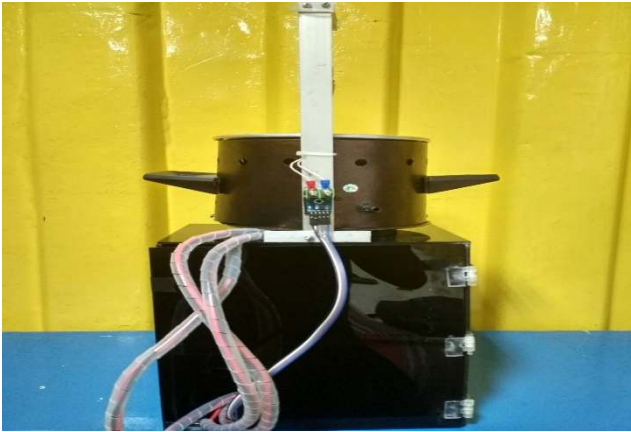
juga terdapat bagian yang ditunjukkan untuk elemen pemanasnya (*heater*) yang terletak tepat ditengah mekanik tersebut yang terpasang dengan baik sehingga *heater* tidak mudah goyang atau bergeser ketika mekanik sistem pemanas ini dipindahkan. Berikut adalah bentuk fisik dari mekanik yang telah dibuat. Perancangan mekanik yang telah dibuat ini secara keseluruhan pada akhirnya didapatkan desain yang baik dan tidak terkesan hanya sebatas sebagai alat untuk pengerjaan Tugas Akhir saja tetapi juga dapat langsung diterapkan pada dunia perindustrian. Walaupun masih perlu adanya penyempurnaan dikemudian hari.



Gambar 3.16 Mekanik Kompor Listrik Batik Tulis



Gambar 3.17 Mekanika Kompor Listrik Tampak Samping



Gambar 3.18 Mekanika Kompor Listrik Tampak Belakang

BAB IV

UJI UKUR DAN UJI ALAT

Pengujian dan analisa pada pengerjaan Tugas Akhir ini dilakukan untuk mengetahui bahwa alat telah bekerja dengan benar. Pengujian alat yang dilakukan meliputi pengujian perangkat keras dan pengujian perangkat lunak. Pengujian yang dilakukan pada peralatan untuk mengetahui kesesuaian antara teori dengan hasil perancangan, yaitu dengan mengetahui hasil pengukuran pada setiap perangkat yang telah dibuat.

1. Pengujian sensor termokopel
2. Pengujian rangkaian *keypad* dan LCD 20×4
3. Pengujian rangkaian transistor *switching*
4. Pengujian program kompor listrik batik tulis
5. Pengujian daya kompor listrik batik tulis
6. Pengujian kompor listrik batik tulis

4.1 Pengujian Sensor Termokopel

Pengujian sensor termokopel ini dilakukan dengan 2 perlakuan yakni dengan membandingkan hasil pembacaan sensor termokopel dengan termometer dengan tujuan untuk mengetahui *error* hasil pembacaan dari termokopel dan yang kedua dengan melakukan pengujian sensor termokopel dengan lilin batik dengan tujuan untuk mengetahui hasil pembacaan sensor termokopel dengan lilin batik.

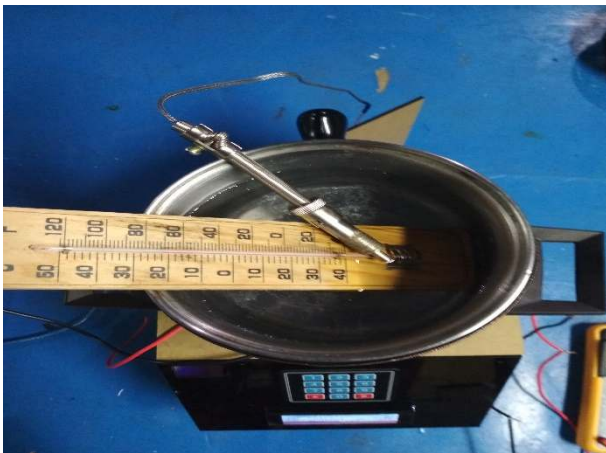
4.1.1 Perbandingan Sensor Termokopel dengan Termometer

Sensor termokopel perlu dilakukan perbandingan dengan termometer agar mengetahui besar *error* pembacaan temperatur oleh termokopel sehingga dapat diketahui termokopel layak digunakan untuk proses pengukuran. Perbandingan dilakukan dengan cara membaca temperatur pada air yang dipanaskan dengan temperatur 40°C kemudian dilakukan perbandingan antara hasil pengukuran termometer dengan hasil pembacaan sensor termokopel. Hasil perbandingan dapat dilihat pada Tabel 4.1. Sedangkan foto dari kalibrasi sensor termokopel dapat dilihat pada Gambar 4.1.

Tabel 4.1 Kalibrasi Termokopel

No.	Hasil pengukuran Termometer	Hasil Pembacaan Termokopel	<i>Error</i>
1.	40°C	40,53°C	1,31%
2.	40°C	40,72°C	1,76%
3.	40°C	40,37°C	0,91%
4.	40°C	40,21°C	0,52%
5.	40°C	40,70°C	1,72%
6.	40°C	40,66°C	1,62%

Dari Tabel 4.1 dapat dilihat bahwa dari hasil perbandingan pembacaan temperatur antara termometer dan termokopel dapat diketahui *error* pembacaan sensor termokopel dan sensor tersebut dapat digunakan untuk melakukan pengukuran.



Gambar 4.1 Kalibrasi Termokopel

4.1.2 Pengujian Sensor Termokopel dengan Lilin Batik

Pengujian sensor termokopel dilakukan untuk mengetahui hasil pembacaan termokopel pada bahan lilin batik. Pengujian sensor termokopel ini dilakukan dengan cara meletakkan sensor termokopel pada wadah yang didalamnya terdapat lilin batik. Lilin batik dalam bentuk padat akan dipanaskan menggunakan heater sampai mencair. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Pengujian Sensor Termokopel dengan Lilin Batik

No	Waktu	Temperatur (°C)	V _{out} Termokopel (mV)	Kondisi Lilin Batik
1.	00:00:00	29,11	960	Padat
2.	00:02:32	29,32	976	Padat
3.	00:03:25	30,11	994	Padat
4.	00:04:33	30,20	1000	Padat
5.	00:04:46	30,30	1008	Padat
6.	00:04:58	31,00	1016	Padat
7.	00:05:44	31,10	1024	Padat
8.	00:06:27	31,29	1040	Padat
9.	00:06:35	31,39	1064	Padat
10.	00:06:58	32,18	1064	Padat
11.	00:07:08	32,28	1072	Padat
12.	00:07:37	33,17	1088	Padat
13.	00:07:52	34,16	1160	Padat
14.	00:08:05	35,25	1168	Padat
15.	00:08:10	35,35	1175	Padat
16.	00:08:26	36,15	1192	Padat
17.	00:08:29	36,24	1200	Padat
18.	00:08:37	37,33	1240	Padat
19.	00:08:41	38,13	1256	Padat
20.	00:08:49	38,22	1264	Padat
21.	00:08:56	39,22	1280	Padat
22.	00:08:59	40,21	1328	Padat
23.	00:09:01	41,00	1344	Padat
24.	00:09:06	42,00	1384	Padat
25.	00:09:11	43,01	1416	Padat
26.	00:09:12	43,37	1440	Padat
27.	00:09:17	44,36	1472	Padat
28.	00:09:19	45,16	1488	Padat
29.	00:09:22	46,15	1520	Padat
30.	00:09:24	46,35	1536	Padat
31.	00:09:27	47,14	1544	Padat
32.	00:09:29	47,24	1560	Padat

Tabel 4.2 Pengujian Sensor Termokopel dengan Lilin Batik (Lanjutan)

No	Waktu	Temperatur (°C)	V _{out} Termokopel (mV)	Kondisi Lilin Batik
33.	00:09:31	48,23	1592	Padat
34.	00:09:34	48,35	1600	Padat
35.	00:09:36	49,12	1616	Padat
36.	00:09:39	50,15	1624	Padat
37.	00:09:42	51,10	1672	Padat
38.	00:09:49	51,20	1688	Padat
39.	00:09:53	52,00	1704	Padat
40.	00:09:57	52,29	1728	Padat
41.	00:10:02	53,12	1744	Padat
42.	00:10:11	54,17	1778	Padat
43.	00:10:17	54,27	1792	Padat
44.	00:10:23	54,37	1808	Padat
45.	00:10:26	55,16	1816	Mencair
46.	00:10:37	55,26	1824	Mencair
47.	00:10:49	56,15	1840	Mencair
48.	00:11:05	56,60	1852	Mencair
49.	00:11:12	57,14	1872	Mencair
50.	00:11:30	57,24	1880	Mencair
51.	00:11:47	58,14	1904	Cair
52.	00:11:58	58,23	1920	Cair
53.	00:12:10	59,03	1936	Cair
54.	00:12:24	59,22	1952	Cair
55.	00:12:34	59,32	1960	Cair
56.	00:12:39	60,12	1970	Cair
57.	00:12:53	60,21	1984	Cair
58.	00:13:04	60,31	1992	Cair
59.	00:13:07	61,10	2008	Cair
60.	00:13:29	61,21	2016	Cair
61.	00:13:37	61,30	2024	Cair
62.	00:14:02	62,20	2048	Cair
63.	00:15:21	62,39	2064	Cair
64.	00:15:46	63,19	2072	Cair

Tabel 4.2 Pengujian Sensor Termokopel dengan Lilin Batik (Lanjutan)

No	Waktu	Temperatur (°C)	V _{out} Termokopel (mV)	Kondisi Lilin Batik
65.	00:16:57	63,20	2080	Cair
65.	00:16:57	63,20	2080	Cair
66.	00:16:59	63,19	2072	Cair
67.	00:17:25	64,00	2104	Cair
68.	00:18:08	64,16	2112	Cair
69.	00:18:21	64,27	2120	Cair
70.	00:19:11	65,17	2136	Cair
71.	00:19:41	65,26	2152	Cair
72.	00:20:30	65,30	2168	Cair
73.	00:21:51	65,26	2154	Cair
74.	00:22:00	66,26	2184	Cair
75.	00:22:16	66,35	2192	Cair
76.	00:22:38	66,55	2200	Cair
77.	00:23:25	67,15	2208	Cair
78.	00:24:11	67,15	2208	Cair
79.	00:24:34	66,35	2192	Cair
80.	00:25:10	66,26	2184	Cair

Dari Tabel 4.2 dapat diketahui bahwa sampai temperatur 54,37°C lilin batik masih dalam bentuk padat dan kemudian mulai mencair pada temperature 55,16°C dan mulai cair pada temperatur 58,14°C.

4.2 Pengukuran Arus yang Diperlukan *Heater*

Pada Tugas Akhir ini elemen pemanas atau *heater* merupakan komponen yang digunakan untuk memanaskan lilin batik. *Heater* akan bekerja dengan cara dialiri arus listrik dari sumber listrik DC. Pengukuran arus ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui arus total yang mengalir ke *heater* 1 dan *heater* 2. Pengukurun arus ini dilakukan dengan cara mengukur arus pada *heater* dengan cara menaikkan temperatur selama 25 menit.

Tabel 4.3 Pengukuran Arus yang Diperlukan *Heater*

No	Waktu (menit)	Temperatur (°C)	Arus <i>Heater</i> 1 (A)	Arus <i>Heater</i> 2 (A)
1.	1	30,16	3,7	3,71
2.	2	31,40	3,7	3,71
3.	3	32,12	3,7	3,7
4.	4	33,10	3,69	3,7
5.	5	34,11	3,69	3,69
6.	6	36,45	3,69	3,69
7	7	38,23	3,69	3,68
8.	8	39,16	3,68	3,68
9.	9	40,68	3,68	3,67
10.	10	41,47	3,67	3,67
11.	11	44,19	3,67	3,66
12.	12	45,12	3,66	3,66
13.	13	48,22	3,65	3,65
14.	14	49,19	3,65	3,64
15	15	52,22	3,64	3,63
16.	16	56,19	3,62	3,63
17.	17	58,23	3,62	3,62
18.	18	59,46	3,61	3,61
19.	19	60,67	3,60	3,61
20.	20	63,20	3,59	3,60
21.	21	67,33	3,58	3,59
22.	22	66,12	3,57	3,59
23.	23	65,32	3,56	3,58
24.	24	65,34	3,55	3,57
25.	25	64,14	3,54	3,56

Pada Tabel 4.3 dapat dilihat bahwa arus yang dibutuhkan oleh *heater* 1 dan *heater* 2 pada saat kedua *heater* dinyalakan dengan kondisi arus yang terus mengecil seiring dengan bertambahnya temperature lilin batik karena dipanaskan.

4.3 Pengujian Rangkaian Transistor *Switching*

Rangkaian transistor *switching* digunakan untuk mengatur kondisi *heater*. Rangkaian ini digunakan untuk mempertahankan temperatur lilin batik dengan cara mengatur kondisi *heater* sesuai dengan hasil pembacaan sensor termokopel. Hasil pembacaan sensor termokopel akan dibandingkan dengan nilai *set point* temperatur. Jika nilai sensor kurang dari *set point* maka *heater* akan ON, sedangkan jika nilai sensor sama atau lebih dari *set point* maka *heater* akan OFF. Pengujian ini dilakukan dengan cara memberikan nilai *set point* 40°C kemudian mengukur tegangan yang masuk pada kaki *Gate* Transistor MOSFET IRFZ44n. Setelah itu mengukur arus *heater* 1 yang dialirkan oleh transistor.

Tabel 4.4 Pengujian Rangkaian Transistor *Switching*

<i>Set Point</i> Temperatur (°C)	Temperatur (°C)	Vgate (V)	Arus <i>Heater</i> (A)
40	30,58	5,01	3,51
40	31,20	5,01	3,51
40	31,30	5,01	3,51
40	32,00	5,01	3,51
40	32,10	5,01	3,51
40	32,49	5,01	3,51
40	33,39	5,01	3,50
40	34,18	5,01	3,50
40	35,68	5,01	3,50
40	36,17	5,01	3,50
40	37,56	5,01	3,50
40	38,25	5,01	3,50
40	39,35	5,01	3,50
40	40,42	0	0
40	40,69	0	0
40	41,12	0	0
40	41,28	0	0
40	42,10	0	0
40	43,12	0	0

Tabel 4.4 Pengujian Rangkaian Transistor *Switching* (Lanjutan)

<i>Set Point</i> Temperatur (°C)	Temperatur (°C)	Vgate (V)	Arus <i>Heater</i> (A)
40	42,38	0	0
40	41,19	0	0
40	40,38	0	0
40	39,38	5,01	3,50
40	39,12	5,01	3,50
40	39,20	5,01	3,50

Tabel 4.4 menunjukkan bahwa dengan *set point* 40°C, kaki *gate* transistor mendapat tegangan 5,01 volt dari mikrokontroler saat temperatur dibawah *set point* dan tidak mendapat tegangan saat temperatur diatas *set point*. Sehingga arus akan dilewatkan saat kaki *gate* mendapatkan tegangan 5,01 volt dari mikrokontroler.

4.4 Pengujian Rangkaian *Keypad* dan LCD 20×4

Rangkaian *keypad* digunakan untuk memasukkan nilai *set point* temperatur lilin batik. Nilai yang diberikan oleh rangkaian *keypad* akan ditampilkan pada LCD 20×4 untuk mengetahui nilai *set point* temperatur yang dimasukkan. Pengujian rangkaian *keypad* dan LCD 20×4 ini dilakukan untuk mengetahui nilai yang diinputkan oleh *keypad* sama dengan nilai yang ditampilakn oleh LCD 20×4 serta untuk mengetahui bahwa perintah – perintah yang diberikan oleh *keypad* dapat ditampilkan dengan benar oleh LCD 20×4. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Pengujian *Keypad* dan LCD

No	Input <i>Keypad</i>	Tampilan LCD
1.	1	1
2.	2	2
3.	3	3
4.	4	4
5.	5	5
6.	6	6
7.	7	7

Tabel 4.5 Pengujian *Keypad* dan LCD (Lanjutan)

No	Input <i>Keypad</i>	Tampilan LCD
8.	8	8
9.	9	9
10.	0	0
11.	#	Reset

Dari tabel 4.5 dapat dilihat bahwa rangkaian *keypad* dapat memasukkan nilai sesuai dengan masukan yang diberikan oleh pengguna dan dapat ditampilkan pada LCD dengan tampilan yang tepat. Foto dari pengujian Rangkaian *keypad* dan LCD dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Pengujian Rangkaian Keypad dan LCD

4.5 Pengujian Daya kompor Listrik Batik tulis

Pada Tugas Akhir ini kompor listrik batik tulis menggunakan elemen pemanas atau *heater* yang digunakan untuk memanaskan lilin batik. *Heater* akan bekerja dengan cara dialiri arus listrik dari sumber listrik DC. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui daya yang dikonsumsi kompor listrik batik saat menggunakan 1 *heater* dan 2 *heater*. Pengujian ini dilakukan dengan cara memberikan *heater* tegangan 12 volt kemudian mengukur besar arus yang mengalir ke

heater. Besar daya didapatkan dengan mengalikan hasil pengukuran arus dan tegangan.

Tabel 4.6 Pengujian daya kompor Listrik Bati Tulis Dengan 1 *Heater*

No.	Tegangan Aki (V)	Arus Heater (A)	Daya (Watt)
1.	12,56	3,51	44,09
2.	12,56	3,51	44,09
3.	12,56	3,51	44,09
4.	12,56	3,50	43,96
5.	12,56	3,50	43,96
6.	12,56	3,50	43,96
7.	12,56	3,50	43,96
8.	12,56	3,50	43,96

Tabel 4.7 Pengujian daya kompor Listrik Bati Tulis Dengan 2 *Heater*

No.	Tegangan Aki (V)	Arus Heater (A)	Daya (Watt)
1.	12,43	5,14	63,89
2.	12,43	5,16	64,13
3.	12,43	5,14	63,89
4.	12,43	5,16	64,13
5.	12,43	5,14	63,89
6.	12,43	5,14	63,89
7.	12,43	5,16	64,13
8.	12,43	5,14	63,89

Dari Tabel 4.6 dan Tabel 4.7 menunjukkan bahwa daya yang digunakan pada saat kompor listrik menggunakan 1 *heater* mengkonsumsi daya maksimal 44,09 watt dan saat menggunakan 2 *heater* mengkonsumsi daya maksimal 64,13 watt.

4.6 Pengujian Program Kompor Listrik Batik

Pengujian program kompor listrik batik ini dilakukan untuk mengetahui bahwa mikrokontroler ATmega 16 bekerja sesuai dengan program yang telah dibuat di CVAVR, pengujian ini dilakukan dengan mengamati Tampilan LCD 20×4. Berikut merupakan program CVAVR

dan Tampilan LCD yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 4.6 dan Gambar 4.7.

```
sprintf(lcd_buffer,"temperatur:%4u.%u%c",nilaisensor/40,(nilaisensor%40),0xDF);
lcd_gotoxy(0,2);
lcd_puts(lcd_buffer);
printf("%4u \n",nilaisensor/40);
//tampilan setpoint suhu
lcd_gotoxy(2,0);
lcd_putsf("MONITORING SUHU");
lcd_gotoxy(0,1);
lcd_putsf("set point :    degC");
lcd_gotoxy(12,1);
lcd_puts(temp);
delay_ms(300);
```

Gambar 4.3 Program Tampilan Kompor Listrik Batik (1)

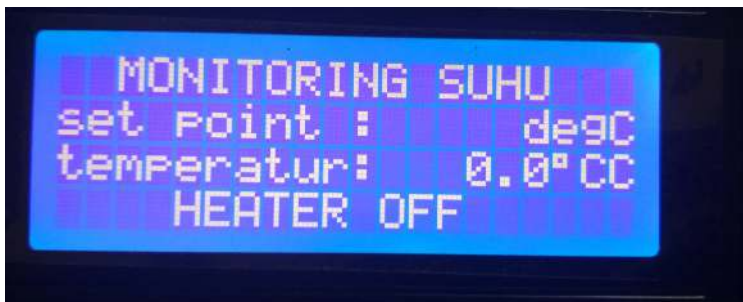
```
if(nilai>60){
PORTC.2=1;
PORTC.1=1;
PORTC.0=1;
lcd_gotoxy(4,3);
lcd_putsf("HEATER ON ");
}

if(nilai>=nilaisensor/40 && nilai<=60){
PORTC.1=1;
PORTC.2=1;
lcd_gotoxy(4,3);
lcd_putsf("HEATER ON ");
}

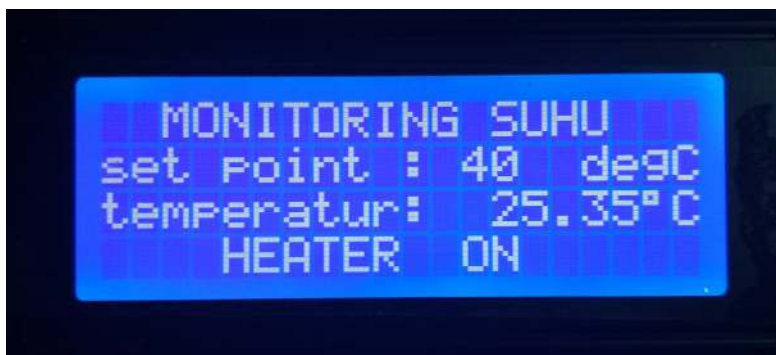
if(nilai<=nilaisensor/40){
PORTC.1=0;
PORTC.2=0;
lcd_gotoxy(4,3);
lcd_putsf("HEATER OFF ");
}
```

Gambar 4.4 Program Tampilan Kompor Listrik Batik (2)

Dari program tersebut dilakukan pengujian dengan cara menjalankan program tersebut. Berikut merupakan hasil dari pengamatan eksekusi program kompor listrik batik tulis yang dijalankan.



Gambar 4.5 Tampilan Pengujian Program Kompor Listrik Batik (1)



Gambar 4.6 Tampilan Pengujian Program Kompor Listrik Batik (1)

4.7 Pengujian Kompor Listrik Batik Tulis

Pengujian kompor listrik ini dilakukan dimulai dari kompor listrik batik tulis pertama kali dihidupkan hingga diuji dengan memberikan *set point* temperatur yang diinginkan.

4.7.1 Tata Cara Penggunaan Kompor Listrik Batik Tulis

Sebelum melakukan pengujian kompor listrik batik tulis, perlu diketahui tata cara penggunaan kompor listrik batik tulis tersebut. Tata cara penggunaan batik tulis sebagai berikut :

1. Hidupkan kompor listrik batik tulis dengan menekan saklar *ON/OFF*
2. Setelah ditekan maka LCD akan menyala dengan tampilan sebagai berikut :



Gambar 4.7 Tampilan LCD Saat Pertama Kali Dihidupkan

3. Setelah muncul tampilan pada Gambar 4.7, selanjutnya yakni memasukkan nilai *set point* temperatur dengan mengetikkan angka pada *keypad*.



Gambar 4.8 Tampilan LCD dengan Input *Set Point*

4. Setelah diinputkan *set point* maka *heater* akan menyala ditandai dengan tulisan pada LCD dan lampu indikator dan tinggal menunggu lilin batik mencair dan siap untuk digunakan.
5. Jika sudah sampai *set point* maka *heater* akan mati ditandai lampu indikator yang mati.
6. Selesai membatik matikan kompor dengan kembali menekan saklar *ON/OFF*.

4.7.2 Pengujian Sistem Kompor Listrik Batik Tulis

Pengujian sistem kompor listrik dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui seluruh rangkaian sistem pada kompor listrik berjalan dengan baik. Pengujian ini dilakukan dengan cara memberikan *set point* temperatur menggunakan *keypad* dengan nilai 40°C, 50°C, 60°C, dan 70°C. Setelah itu nilai tersebut akan dibandingkan dengan hasil pembacaan termokopel. Selanjutnya akan mengukur arus yang dialirkan dari sumber ke *heater* 1 dan *heater* 2. Serta memonitoring kondisi *heater* 1 dan *heater* 2. *Heater* 2 akan menyala jika nilai *set point* yang diberikan lebih dari 60°C. Data diambil dengan menggunakan sumber DC 12,76 Volt. Hasil pengujian menggunakan *set point* temperatur 40°C dapat dilihat pada Tabel 4.8

Tabel 4.8 Pengujian Kompor Listrik dengan *Set Point* 40°C

No	Waktu	Temperatur (°C)	Arus Heater (A)	Kondisi Heater 1	Kondisi Heater 2
1.	00:00:00	27,37	3,46	Nyala	Mati
2.	00:00:43	28,12	3,47	Nyala	Mati
3.	00:02:31	28,23	3,47	Nyala	Mati
4.	00:03:42	29,11	3,46	Nyala	Mati
5.	00:05:58	29,21	3,45	Nyala	Mati
6.	00:06:42	29,31	3,44	Nyala	Mati
7.	00:07:59	30,10	3,46	Nyala	Mati
8.	00:08:18	30,20	3,45	Nyala	Mati
9.	00:09:01	30,30	3,46	Nyala	Mati
10.	00:10:19	31,10	3,45	Nyala	Mati
11.	00:10:59	31,19	3,45	Nyala	Mati
12.	00:11:33	31,39	3,45	Nyala	Mati
13.	00:11:40	32,18	3,45	Nyala	Mati
14.	00:11:45	32,38	3,45	Nyala	Mati
15.	00:11:48	33,17	3,44	Nyala	Mati
16.	00:11:50	33,37	3,45	Nyala	Mati
17.	00:11:51	34,16	3,44	Nyala	Mati
18.	00:11:52	34,26	3,44	Nyala	Mati
19.	00:11:53	35,16	3,44	Nyala	Mati

Tabel 4.8 Pengujian Kompor Listrik dengan *Set Point* 40°C (Lanjutan)

No	Waktu	Temperatur (°C)	Arus Heater (A)	Kondisi Heater 1	Kondisi Heater 2
20.	00:11:56	35,35	3,44	Nyala	Mati
21.	00:11:59	36,15	3,45	Nyala	Mati
22.	00:12:01	36,24	3,44	Nyala	Mati
23.	00:12:04	37,23	3,44	Nyala	Mati
24.	00:12:09	38,22	3,44	Nyala	Mati
25.	00:12:14	39,12	3,44	Nyala	Mati
26.	00:12:27	40,21	0	Mati	Mati
27.	00:12:20	43,30	0	Mati	Mati
28.	00:12:22	41,00	0	Mati	Mati
29.	00:12:33	41,39	0	Mati	Mati
30.	00:12:37	42,12	0	Mati	Mati
31.	00:12:39	42,38	0	Mati	Mati
32.	00:12:43	41,29	0	Mati	Mati
33.	00:12:46	41,11	0	Mati	Mati
34.	00:12:50	40,29	0	Mati	Mati
35.	00:12:55	39,38	3,45	Nyala	Mati

Pengujian kompor listrik batik tulis dengan *set point* 40°C kondisi lilin batik masih padat dan belum mulai mencair. Foto kondisi lilin batik pada *set point* 40°C dapat dilihat pada Gambar 4.9. Sedangkan hasil pengujian menggunakan *set point* temperatur 50°C dapat dilihat pada Tabel 4.9



Gambar 4.9 Lilin Batik dengan Temperatur 40°C

Tabel 4.9 Pengujian Kompor Listrik dengan *Set Point* 50°C

No	Waktu	Temperatur (°C)	Arus Heater (A)	Kondisi Heater 1	Kondisi Heater 2
1.	00:00:00	27,13	3,45	Nyala	Mati
2.	00:00:50	27,34	3,45	Nyala	Mati
3.	00:02:39	28,12	3,44	Nyala	Mati
4.	00:03:39	29,21	3,44	Nyala	Mati
5.	00:05:21	30,20	3,44	Nyala	Mati
6.	00:05:49	31,10	3,44	Nyala	Mati
7.	00:06:10	31,19	3,44	Nyala	Mati
8.	00:07:17	32,18	3,42	Nyala	Mati
9.	00:07:55	33,27	3,42	Nyala	Mati
10.	00:08:50	34,16	3,43	Nyala	Mati
11.	00:09:05	34,26	3,36	Nyala	Mati
12.	00:09:40	35,16	3,52	Nyala	Mati
13.	00:10:06	35,25	3,51	Nyala	Mati
14.	00:10:53	36,34	3,36	Nyala	Mati
15.	00:11:12	37,14	3,49	Nyala	Mati
16.	00:11:59	38,13	3,49	Nyala	Mati
17.	00:12:47	39,22	3,49	Nyala	Mati
18.	00:13:33	40,11	3,48	Nyala	Mati

Tabel 4.9 Pengujian Kompor Listrik dengan *Set Point* 50°C (Lanjutan)

No	Waktu	Temperatur (°C)	Arus Heater (A)	Kondisi Heater 1	Kondisi Heater 2
19.	00:14:27	41,00	3,49	Nyala	Mati
20.	00:15:18	41,39	3,49	Nyala	Mati
21.	00:15:34	42,19	3,48	Nyala	Mati
22.	00:16:29	43,10	3,48	Nyala	Mati
23.	00:17:10	43,39	3,48	Nyala	Mati
24.	00:17:30	44,27	3,48	Nyala	Mati
25.	00:17:45	45,16	3,48	Nyala	Mati
26.	00:18:31	46,15	3,48	Nyala	Mati
27.	00:19:13	47,14	3,48	Nyala	Mati
28.	00:20:08	48,33	3,48	Nyala	Mati
29.	00:20:48	49,32	3,48	Nyala	Mati
30.	00:20:59	50,01	0	Mati	Mati
31.	00:21:59	51,28	0	Mati	Mati
32.	00:22:09	52,00	0	Mati	Mati
33.	00:23:18	53,00	0	Mati	Mati
34.	00:24:12	55,16	0	Mati	Mati
35.	00:25:41	54,17	0	Mati	Mati
36.	00:26:57	52,27	0	Mati	Mati
37.	00:27:03	50,10	0	Mati	Mati
38.	00:27:10	49,38	3,48	Nyala	Mati
39.	00:27:15	49,10	3,48	Nyala	Mati

Pengujian kompor listrik batik tulis dengan *set point* 50°C kondisi lilin batik mulai mencair. Foto kondisi lilin batik pada *set point* 50°C dapat dilihat pada Gambar 4.10. Sedangkan Hasil pengujian menggunakan *set point* temperatur 60°C dapat dilihat pada Tabel 4.10



Gambar 4.10 Lilin Batik dengan Temperatur 50°C

Tabel 4.10 Pengujian Kompor Listrik dengan *Set Point* 60°C

No	Waktu	Temperatur (°C)	Arus Heater (A)	Kondisi Heater 1	Kondisi Heater 2
1.	00:00:00	27,33	3,51	Nyala	Mati
2.	00:01:31	28,12	3,51	Nyala	Mati
3.	00:02:40	28,33	3,51	Nyala	Mati
4.	00:03:52	28,43	3,51	Nyala	Mati
5.	00:04:43	29,11	3,52	Nyala	Mati
6.	00:05:50	29,22	3,52	Nyala	Mati
7.	00:06:36	29,32	3,52	Nyala	Mati
8.	00:07:42	29,33	3,52	Nyala	Mati
9.	00:08:54	30,10	3,51	Nyala	Mati
10.	00:09:36	30,30	3,51	Nyala	Mati
11.	00:10:09	31,10	3,51	Nyala	Mati
12.	00:11:30	31,29	3,51	Nyala	Mati
13.	00:12:36	32,28	3,51	Nyala	Mati
14.	00:13:29	32,38	3,51	Nyala	Mati
15.	00:14:16	33,17	3,51	Nyala	Mati
16.	00:15:02	41,29	3,49	Nyala	Mati
17.	00:15:22	42,09	3,49	Nyala	Mati
18.	00:16:23	42,39	3,49	Nyala	Mati

Tabel 4.10 Pengujian Kompor Listrik dengan *Set Point* 60°C (Lanjutan)

No	Waktu	Temperatur (°C)	Arus Heater (A)	Kondisi Heater 1	Kondisi Heater 2
19.	00:17:38	43,37	3,49	Nyala	Mati
20.	00:18:49	45,16	3,48	Nyala	Mati
21.	00:19:06	47,42	3,49	Nyala	Mati
22.	00:20:14	52,39	3,48	Nyala	Mati
23.	00:20:19	53,30	3,48	Nyala	Mati
24.	00:20:40	56,25	3,48	Nyala	Mati
25.	00:20:43	57,24	3,48	Nyala	Mati
26.	00:20:49	58,13	3,48	Nyala	Mati
27.	00:21:19	60,12	0	Mati	Mati
28.	00:21:29	61,31	0	Mati	Mati
29.	00:22:13	62,10	0	Mati	Mati
30.	00:23:25	62,20	0	Mati	Mati
31.	00:23:30	62,38	0	Mati	Mati
32.	00:23:35	63,12	0	Mati	Mati
33.	00:23:41	61,12	0	Mati	Mati
34.	00:24:49	60,12	0	Mati	Mati
35.	00:25:19	59,32	3,48	Nyala	Mati
36.	00:26:19	59,12	3,48	Nyala	Mati
37.	00:27:19	59,20	3,48	Nyala	Mati

Pengujian kompor listrik batik tulis dengan *set point* 60°C kondisi lilin batik sudah mencair dan sudah dapat digunakan untuk membatik. Foto kondisi lilin batik pada *set point* 60°C dapat dilihat pada Gambar 4.11. Sedangkan Hasil pengujian menggunakan *set point* temperatur 70°C dapat dilihat pada Tabel 4.11



Gambar 4.11 Lilin Batik dengan Temperatur 60°C

Tabel 4.11 Pengujian Kompor Listrik dengan *Set Point* 70°C

No	Waktu	Temperatur (°C)	Arus Heater (A)	Kondisi Heater 1	Kondisi Heater 2
1.	00:00:00	30,58	5,29	Nyala	Nyala
2.	00:01:19	31,20	5,56	Nyala	Nyala
3.	00:02:53	31,30	5,56	Nyala	Nyala
4.	00:03:58	32,00	5,57	Nyala	Nyala
5.	00:06:55	32,10	5,24	Nyala	Nyala
6.	00:08:49	35,26	5,02	Nyala	Nyala
7.	00:09:43	36,12	5,02	Nyala	Nyala
8.	00:10:21	38,13	5,02	Nyala	Nyala
9.	00:11:43	40,13	5,18	Nyala	Nyala
10.	00:13:48	44,17	5,02	Nyala	Nyala
11.	00:16:06	46,30	5,20	Nyala	Nyala
12.	00:17:19	50,30	5,28	Nyala	Nyala
13.	00:18:43	51,19	5,20	Nyala	Nyala
14.	00:18:59	53,20	5,14	Nyala	Nyala
15.	00:19:20	57,10	5,16	Nyala	Nyala
16.	00:20:21	60,01	5,14	Nyala	Nyala
17.	00:21:38	63,12	5,16	Nyala	Nyala
18.	00:21:59	65,20	5,14	Nyala	Nyala

Tabel 4.11 Pengujian Kompor Listrik dengan *Set Point* 70°C (Lanjutan)

No	Waktu	Temperatur (°C)	Arus Heater (A)	Kondisi Heater 1	Kondisi Heater 2
19.	00:22:32	69,30	5,05	Nyala	Nyala
20.	00:23:37	70,10	0	Mati	Mati
21.	00:23:43	70,29	0	Mati	Mati
22.	00:23:52	71,10	0	Mati	Mati
23.	00:24:01	72,12	0	Mati	Mati
24.	00:24:12	73,20	0	Mati	Mati
25.	00:24:30	73,38	0	Mati	Mati
26.	00:25:10	73,30	0	Mati	Mati
27.	00:26:10	72,38	0	Mati	Mati
28.	00:27:20	71,20	0	Mati	Mati
29.	00:29:43	70,38	0	Mati	Mati
30.	00:31:30	69,30	5,02	Nyala	Nyala
31.	00:32:40	69,12	5,14	Nyala	Nyala
32.	00:33:17	68,38	5,13	Nyala	Nyala
33.	00:34:20	69,20	5,14	Nyala	Nyala

Pengujian kompor listrik batik tulis dengan *set point* 70°C kondisi lilin batik baik digunakan untuk membatik. Foto kondisi lilin batik pada *set point* 70°C dapat dilihat pada Gambar 4.12.



Gambar 4.12 Lilin Batik dengan Temperatur 70°C

Lilin batik akan rusak jika mendapat temperatur yang terlalu tinggi. Tanda lilin batik terlalu panas yakni warna lilin batik akan berubah menjadi hitam. Dalam pengujian berikut lilin batik terus dipanaskan dan menghitam pada temperatur 90,3°C. Gambar lilin batik dengan temperature 90,3°C ditunjukkan pada Gambar 4.13



Gambar 4.13 Lilin Batik dengan Temperatur 90,3°C

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Setelah melakukan tahap perancangan dan pembuatan kompor listrik batik tulis menggunakan mikrokontroler yang kemudian dilanjutkan dengan tahap pengujian dan analisa maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Kompor listrik batik tulis mampu mendeteksi dan mempertahankan temperatur lilin batik sesuai dengan *set point* temperatur yang diinginkan dengan rata rata error sebesar 6,2625 %.
2. Kompor listrik batik tulis yang dirancang menggunakan daya hemat energi yakni dengan konsumsi daya antara 40 sampai 65 watt. Daya yang digunakan lebih hemat dari kompor listrik batik tulis yang berada di pasaran dengan daya 100 sampai 300 watt.
3. Kompor listrik batik tulis mampu digunakan untuk mencairkan lilin batik dengan sumber listrik DC sehingga dapat digunakan tanpa sumber listrik AC.
4. Lilin batik mulai mencair pada temperatur 55°C. Oleh karena itu, *set point* temperatur yang tepat untuk lilin batik yakni 60 – 70°C karena pada temperatur tersebut lilin sudah mencair sedangkan pada *set point* 40-50 °C lilin batik belum mencair dan lilin batik rusak pada temperatur 90.3°C.
5. Saat proses pemanasan berlangsung, seiring dengan bertambahnya temperatur lilin batik, arus yang mengalir ke *heater* terus berkurang karena sesuai dengan karakteristik kawat nikelin yakni semakin panas maka hambatan kawat nikelin akan terus bertambah sehingga arus yang mengalir ke *heater* terus berkurang.
6. Temperatur lilin batik yang dipanaskan menggunakan kompor listrik batik tulis tersebut mencapai *set point* dengan waktu sebagai berikut :
 1. *Set point* 40°C : 12 menit
 2. *Set point* 50°C : 20 menit
 3. *Set point* 60°C : 21 menit

4. *Set point* 70°C : 23 menit

5.2 **Saran**

Untuk mendapatkan kompor listrik yang tepat guna, perlu dilakukan pengujian langsung di tempat produksi batik tulis sehingga dari pengujian tersebut didapatkan masukan – masukan baru tentang kondisi lingkungan produksi batik. Untuk pengembangan alat selanjutnya sebaiknya menggunakan *heater* dengan hambatan yang lebih kecil dan memiliki daya hantar panas yang lebih baik sehingga dapat memanaskan lilin dengan lebih cepat. Selain itu, dibutuhkan perancangan mekanik yang lebih baik, karena desain mekanik mempengaruhi tingkat kenyamanan penggunaan kompor listrik serta lebih baik memperbesar ukuran dari kompor listrik sehingga dapat mempercepat proses pembuatan batik.

DAFTAR PUSTAKA

- Anwar, T. S. (2015). *Rancang Bangun Sistem Pemanas Kelapa Untuk Mempertahankan Suhu Pada Industri Kue*. Surabaya: Politeknik Elektronika Negeri Surabaya.
- Azizan, A. (2017, 03 19). *Penggunaan Kompor Listrik dan Cara Kerjanya*. Dipetik 07 13, 2018, dari Kelistrikan dan Kontrol Lainnya: <https://akhdanazizan.com/penggunaan-kompor-listrik-dan-cara-kerjanya>
- DCMA, D. (2014, 07 14). *Pengertian dan Jenis Kompor*. Dipetik 07 13, 2018, dari Arti Definisi Pengertian - Share Science Info: <http://arti-definisi-pengertian.info/pengertian-dan-jenis-kompor/>
- Fiqri, A. N. (2014). *Pengaturan Temperatur dan Pewaktu Pada Oven Listrik*. Surabaya: ITS.
- Hindayani. (2009). *Mengenal dan Membuat Batik*. Jakarta Selatan: Buana Cipta Pustaka.
- Khalid, A. (2017). *Desain Kompor Listrik Tenaga Surya Untuk Batik Tulis yang Ramah Lingkungan*. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Kho, D. (2018, 01 30). *Pengertian Termokopel (Thermocouple) dan Prinsip Kerjanya*. Dipetik 03 30, 2018, dari Teknik Elektronika: <https://teknikelektronika.com/pengertian-termokopel-thermocouple-dan-prinsip-kerjanya/>
- Kristianto, S. A., & Indarto, B. (2013). Penggunaan Termokopel Tipe K Berbasis Mikrokontroler ATmega16 untuk Mengukur Suhu Rendah di Mesin Kriogenik. *Jurnal Sains dan Seni Pomits Vol.2 No.1*, 1-6.
- Lesmana, M. H. (2009). *Pengaturan Temperatur dan Kelembapan pada Alat Pengering Kayu Menggunakan Mikrokontroler*. Surabaya: Program Studi Diploma III Teknik Elektro ITS.
- Santi, S. (2017, 12 12). *Kompor Listrik Batik*. Dipetik 07 13, 2018, dari Infobatik: <https://infobatik.id/kompor-batik-listrik/>
- Wahyudin, D. (2007). *Belajar Mudah Mikrokontroler*. Semarang: Andi.

- Winoto, A. (2008). *Microkontroler AVR Atmega 8/32/16/8535 dan Pemrogramannya dengan Bahasa C pada WinAVR*. Bandung: Informatika Bandung.
- Zhulkarnaen, Y. (2013). *Perancangan dan Pembuatan Pemanas Induksi Dengan Metode Pancake Coil Berbasis Mikrokontroler ATMEGA 8535*. Malang: Universitas Brawijaya.

LAMPIRAN A

A.1 Listing Program

/******

This program was created by the
CodeWizardAVR V3.12 Advanced
Automatic Program Generator
© Copyright 1998-2014 Pavel Haiduc, HP InfoTech s.r.l.
<http://www.hpinfotech.com>

Project :
Version :
Date : 02/06/2018
Author :
Company :
Comments:

Chip type : ATmega16
Program type : Application
AVR Core Clock frequency: 12,000000 MHz
Memory model : Small
External RAM size : 0
Data Stack size : 256

*****/

```
#include <mega16.h>
#include <alcd.h>
#include <delay.h>
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <string.h>
#include <spi.h>

unsigned nilaisensor;//variabel pembacaan suhu termokopel
unsigned char key;//variabel untuk menyimpan tombol keypad yang
ditekan
```

```

char lcd_buffer[33]; //digunakan untuk menampilkan suhu yg terbaca ke
LCD
float nilai = 0; //variabel besar nilai setpoint
unsigned char temp[12]; //untuk menampilkan besar setpoint ke LCD
unsigned char array[10]; //untuk menyimpan dan mengkonversi nilai set
point dari keypad
int i=0; //kondisi keypad sebelum ditekan

void baca_termokopel(){
//melakukan pembacaan temperatur oleh sensor termokopel
    PORTB.4=0;
    nilaisensor=(unsigned) spi(0)<<8;
    nilaisensor|=spi(0);
    PORTB.4=1;
    nilaisensor=(unsigned) (((unsigned long)
nilaisensor*5000)/4096L);
    }

unsigned char scan_keypad(){
//melakukan scanning keypad dengan port 4,5,6 sebagai output dan port
0,1,2,3 sebagai input
    PORTA=0B11101111;
    if(PINA.0==0) return('3');
    if(PINA.1==0) return('4');
    if(PINA.2==0) return('7');
    if(PINA.3==0) return('*');

    PORTA=0B11011111;
    if(PINA.0==0) return('1');
    if(PINA.1==0) return('5');
    if(PINA.2==0) return('8');
    if(PINA.3==0) return('0');

    PORTA=0B10111111;
    if(PINA.0==0) return('2');
    if(PINA.1==0) return('6');

```

```

        if(PINA.2==0) return('9');
        if(PINA.3==0) return('#');
    }

void (*resetptr) ( void ) = 0x0000;//mereset program

void main(void)
{

PORTA = 0XFF;
DDRA=0XF0;

PORTB=0x00;
DDRB=0xB8;

PORTC=0x00;
DDRC=0xFF;

DDRD=(1<<DDD7) | (1<<DDD6) | (1<<DDD5) | (1<<DDD4) |
(1<<DDD3) | (1<<DDD2) | (1<<DDD1) | (1<<DDD0);
PORTD=(0<<PORTD7) | (0<<PORTD6) | (0<<PORTD5) |
(0<<PORTD4) | (0<<PORTD3) | (0<<PORTD2) | (0<<PORTD1) |
(0<<PORTD0);

TCCR1A=(0<<COM1A1) | (0<<COM1A0) | (0<<COM1B1) |
(0<<COM1B0) | (0<<WGM11) | (0<<WGM10);
TCCR1B=(0<<ICNC1) | (0<<ICES1) | (0<<WGM13) | (0<<WGM12) |
(0<<CS12) | (0<<CS11) | (0<<CS10);
TCNT1H=0x00;
TCNT1L=0x00;
ICR1H=0x00;
ICR1L=0x00;
OCR1AH=0x00;
OCR1AL=0x00;
OCR1BH=0x00;
OCR1BL=0x00;

```

```

// Timer/Counter 2 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: Timer2 Stopped
// Mode: Normal top=0xFF
// OC2 output: Disconnected
ASSR=0<<AS2;
TCCR2=(0<<PWM2) | (0<<COM21) | (0<<COM20) | (0<<CTC2) |
(0<<CS22) | (0<<CS21) | (0<<CS20);
TCNT2=0x00;
OCR2=0x00;

// Timer(s)/Counter(s) Interrupt(s) initialization
TIMSK=(0<<OCIE2) | (0<<TOIE2) | (0<<TICIE1) | (0<<OCIE1A) |
(0<<OCIE1B) | (0<<TOIE1) | (0<<OCIE0) | (0<<TOIE0);

// External Interrupt(s) initialization
// INT0: Off
// INT1: Off
// INT2: Off
MCUCR=(0<<ISC11) | (0<<ISC10) | (0<<ISC01) | (0<<ISC00);
MCUCSR=(0<<ISC2);

// USART initialization
// USART disabled
UCSRB=(0<<RXCIEN) | (0<<TXCIEN) | (0<<UDRIE) | (0<<RXEN) |
(0<<TXEN) | (0<<UCSZ2) | (0<<RXB8) | (0<<TXB8);

// Analog Comparator initialization
// Analog Comparator: Off
// The Analog Comparator's positive input is
// connected to the AIN0 pin
// The Analog Comparator's negative input is
// connected to the AIN1 pin
ACSR=(1<<ACD) | (0<<ACBG) | (0<<ACO) | (0<<ACI) | (0<<ACIE) |
(0<<ACIC) | (0<<ACIS1) | (0<<ACIS0);

```

```

SFIOR=(0<<ACME);

// ADC initialization
// ADC disabled
ADCSRA=(0<<ADEN) | (0<<ADSC) | (0<<ADATE) | (0<<ADIF) |
(0<<ADIE) | (0<<ADPS2) | (0<<ADPS1) | (0<<ADPS0);

// SPI initialization
// SPI Type: Master
// SPI Clock Rate: 2764,800 kHz
// SPI Clock Phase: Cycle Start
// SPI Clock Polarity: Low
// SPI Data Order: MSB First
SPCR=(0<<SPIE) | (1<<SPE) | (0<<DORD) | (1<<MSTR) |
(0<<CPOL) | (0<<CPHA) | (0<<SPR1) | (0<<SPR0);
SPSR=(0<<SPI2X);

// TWI initialization
// TWI disabled
TWCR=(0<<TWEA) | (0<<TWSTA) | (0<<TWSTO) | (0<<TWEN) |
(0<<TWIE);

// Alphanumeric LCD initialization
// Connections are specified in the
// Project|Configure|C Compiler|Libraries|Alphanumeric LCD menu:
// RS - PORTD Bit 0
// RD - PORTD Bit 1
// EN - PORTD Bit 2
// D4 - PORTD Bit 4
// D5 - PORTD Bit 5
// D6 - PORTD Bit 6
// D7 - PORTD Bit 7
// Characters/line: 20
lcd_init(20);

```

```
while (1){
```

```
    baca_termokopel();//memanggil void baca termokopel untuk dieksekusi  
    key=scan_keypad();//memanggil void scand keypad untuk disimpan  
    dalam array
```

```
        if(key=='1') {  
            i++; array[i]=1;
```

```
            if( i == 1 ) {  
                nilai = array[i];  
            }  
            if( i >= 2 && i <= 8 ){
```

```
                nilai = (nilai*10)+array[i];//proses penyimpanan dalam array  
            }  
        }
```

```
        delay_ms(400);  
    }
```

```
        if(key=='2') {  
            i++; array[i]=2;
```

```
            if( i == 1 ) {  
                nilai = array[i];  
            }  
            if( i >= 2 && i <= 8 ){  
                nilai = (nilai*10)+array[i];  
            }  
        }
```

```
        delay_ms(400);  
    }
```

```
        if(key=='3') {  
            i++; array[i]=3;
```

```

        if( i == 1 ) {
            nilai = array[i];
        }
        if( i >= 2 && i <= 8 ){
            nilai = (nilai*10)+array[i];
        }

delay_ms(400);
}

if(key=='4') {
i++; array[i]=4;

        if( i == 1 ) {
            nilai = array[i];
        }
        if( i >= 2 && i <= 8 ){
            nilai = (nilai*10)+array[i];
        }

delay_ms(400);
}

if(key=='5') {
i++; array[i]=5;

        if( i == 1 ) {
            nilai = array[i];
        }
        if( i >= 2 && i <= 8 ){
            nilai = (nilai*10)+array[i];
        }

delay_ms(400);
}

```

```
if(key=='6') {  
i++; array[i]=6;  
  
    if( i == 1 ) {  
        nilai = array[i];  
    }  
    if( i >= 2 && i <= 8 ){  
        nilai = (nilai*10)+array[i];  
    }  
}
```

```
delay_ms(400);  
}
```

```
if(key=='7') {  
i++; array[i]=7;  
  
    if( i == 1 ) {  
        nilai = array[i];  
    }  
    if( i >= 2 && i <= 8 ){  
        nilai = (nilai*10)+array[i];  
    }  
}
```

```
delay_ms(400);  
}
```

```
if(key=='8') {  
i++; array[i]=8;  
  
    if( i == 1 ) {  
        nilai = array[i];  
    }  
    if( i >= 2 && i <= 8 ){  
        nilai = (nilai*10)+array[i];  
    }  
}
```



```

delay_ms(400);
}

if(key=='9') {
i++; array[i]=9;

    if( i == 1 ) {
        nilai = array[i];
    }
    if( i >= 2 && i <= 8 ){
        nilai = (nilai*10)+array[i];
    }

delay_ms(400);
}

if(key=='0') {
i++; array[i]=0;

    if( i == 1 ) {
        nilai = array[i];
    }
    if( i >= 2 && i <= 8 ){
        nilai = (nilai*10)+array[i];
    }

delay_ms(400);
}

if(key=='#') {
PORTC=0B11110100;
resetptr();
delay_ms(400);
}

if(key=='*') {

```

```

PORTC.0=1;
delay_ms(400);
}

if(nilai>0){
ftoa(nilai,0,temp);
lcd_gotoxy(0,1);
lcd_puts(temp);
}

/*
sprintf(lcd_buffer,"V termo  : %4u mV",nilaisensor);
lcd_gotoxy(0,2);
lcd_puts(lcd_buffer);
*/

//tampilan nilai temperatur

sprintf(lcd_buffer,"temperatur:%4u.%u%cC",nilaisensor/40,(nilaisensor
%40),0xDF);
lcd_gotoxy(0,2);
lcd_puts(lcd_buffer);
printf("%4u \n",nilaisensor/40);
//tampilan setpoint suhu
lcd_gotoxy(2,0);
lcd_putsf("MONITORING SUHU");
lcd_gotoxy(0,1);
lcd_putsf("set point :   degC");
lcd_gotoxy(12,1);
lcd_puts(temp);
delay_ms(300);

if(nilai>60){
PORTC.2=1;
PORTC.1=1;
PORTC.0=1;

```

```

    lcd_gotoxy(4,3);
    lcd_putsf("HEATER ON ");
}

if(nilai>=nilaisensor/40 && nilai<=60){
PORTC.1=1;
PORTC.2=1;
lcd_gotoxy(4,3);
lcd_putsf("HEATER ON ");
}

if(nilai<=nilaisensor/40){
PORTC.1=0;
PORTC.2=0;
lcd_gotoxy(4,3);
lcd_putsf("HEATER OFF ");
}

}
}

```

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

A.2 Datasheet

Features

- High-performance, Low-power AVR[®] 8-bit Microcontroller
- Advanced RISC Architecture
 - 131 Powerful Instructions – Most Single-clock Cycle Execution
 - 32 x 8 General Purpose Working Registers
 - Fully Static Operation
 - Up to 16 MIPS Throughput at 16 MHz
 - On-chip 2-cycle Multiplier
- Nonvolatile Program and Data Memories
 - 16K Bytes of In-System Self-Programmable Flash
 - Endurance: 10,000 Write/Erase Cycles
 - Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits
 - In-System Programming by On-chip Boot Program
 - True Read-While-Write Operation
 - 512 Bytes EEPROM
 - Endurance: 100,000 Write/Erase Cycles
 - 1K Byte Internal SRAM
 - Programming Lock for Software Security
- JTAG (IEEE std. 1149.1 Compliant) Interface
 - Boundary-scan Capabilities According to the JTAG Standard
 - Extensive On-chip Debug Support
 - Programming of Flash, EEPROM, Fuses, and Lock Bits through the JTAG Interface
- Peripheral Features:
 - Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescalers and Compare Modes
 - One 16-bit Timer/Counter with Separate Prescaler, Compare Mode, and Capture Mode
 - Real Time Counter with Separate Oscillator
 - Four PWM Channels
 - 8-channel, 10-bit ADC
 - 8 Single-ended Channels
 - 7 Differential Channels in TQFP Package Only
 - 2 Differential Channels with Programmable Gain at 1x, 10x, or 200x
 - Byte-oriented Two-wire Serial Interface
 - Programmable Serial USART
 - Master/Slave SPI Serial Interface
 - Programmable Watchdog Timer with Separate On-chip Oscillator
 - On-chip Analog Comparator
- Special Microcontroller Features
 - Power-on Reset and Programmable Brown-out Detection
 - Internal Calibrated RC Oscillator
 - External and Internal Interrupt Sources
 - Six Sleep Modes: Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, Standby and Extended Standby
- I/O and Packages
 - 32 Programmable I/O Lines
 - 40-pin PDIP, 44-lead TQFP, and 44-pad MLP
- Operating Voltages
 - 2.7 - 5.5V for ATmega16L
 - 4.5 - 5.5V for ATmega16
- Speed Grades
 - 0 - 8 MHz for ATmega16L
 - 0 - 16 MHz for ATmega16



8-bit AVR[®]
Microcontroller
with 16K Bytes
In-System
Programmable
Flash

ATmega16
ATmega16L

Preliminary

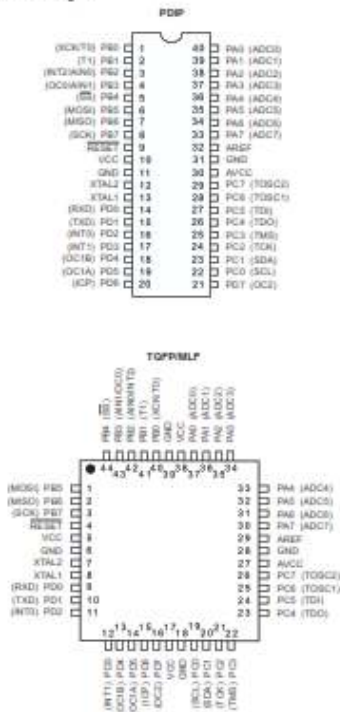
Rev. 1465E-AVR-10/02





Pin Configurations

Figure 1. Pinouts ATmega16



Disclaimer

Typical values contained in this data sheet are based on simulations and characterization of other AVR microcontrollers manufactured on the same process technology. Min and Max values will be available after the device is characterized.

MAXIM**Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C)****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 0.5°C for temperatures ranging from 0°C to +700°C.

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

Features

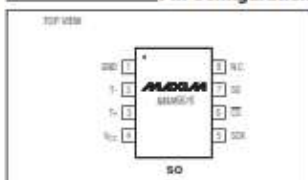
- Direct Digital Conversion of Type-K Thermocouple Output
- Cold-Junction Compensation
- Simple SPI-Compatible Serial Interface
- 12-Bit, 0.25°C Resolution
- Open Thermocouple Detection

MAX6675**Ordering Information**

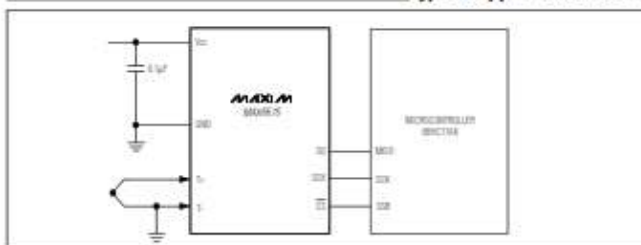
PART	TEMP RANGE	PIN-PACKAGE
MAX6675SA	-20°C to +85°C	8 SO

Applications

Industrial
Appliances
HVAC
Automotive

Pin Configuration

SPI is a trademark of Motorola, Inc.

Typical Application Circuit**MAXIM**

Maxim Integrated Products 1

For pricing, delivery, and ordering information, please contact Maxim/Dallas Direct! at 1-888-629-4642, or visit Maxim's website at www.maxim-ic.com.

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	Storage Temperature Range	-65°C to +150°C
SO, SCK, CS, S, T+ to GND	-0.3V to V _{CC} + 0.3V	Junction Temperature	+150°C
SO Current	50mA	SO Package	
ESD Protection (Human Body Model)	±2000V	Vapor Phase (80s)	+215°C
Continuous Power Dissipation (T _A = +70°C)		Infrared (10s)	+220°C
5-Pin SO (Max. 5.88mW/°C above +70°C)	471mW	Lead Temperature (soldering, 10s)	+300°C
Operating Temperature Range	-20°C to +85°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

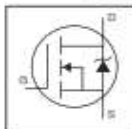
(V_{CC} = +3.0V to +5.5V, T_A = -20°C to +85°C, unless otherwise noted. Typical values specified at +25°C.) (Note 1)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Temperature Error		Thermocouple = +700°C T _A = +25°C (Note 2)	V _{CC} = +3.3V	-5	+5	LSB
			V _{CC} = +5V	-6	+6	
		Thermocouple = 0°C to +700°C, T _A = +25°C (Note 2)	V _{CC} = +3.3V	-8	+8	
			V _{CC} = +5V	-8	+8	
Thermocouple Conversion Constant			V _{CC} = +3.3V	-17	+17	μV/LSB
			V _{CC} = +5V	-19	+19	
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}			5.7	5.5	mA
Power-On Reset Threshold		V _{CC} rising	1	2	2.5	V
Power-On Reset Hysteresis				50		mV
Conversion Time		(Note 3)		0.17	0.22	μs
SERIAL INTERFACE						
Input Low Voltage	V _{IL}			0.3 × V _{CC}		V
Input High Voltage	V _{IH}			0.7 × V _{CC}		V
Input Leakage Current	I _{I(L,H)}	V _{I(L,H)} = GND or V _{CC}		±5		μA
Input Capacitance	C _{I(L,H)}			5		pF

IRFZ44N

HEXFET® Power MOSFET

- Advanced Process Technology
- Ultra Low On-Resistance
- Dynamic dv/dt Rating
- 175°C Operating Temperature
- Fast Switching
- Fully Avalanche Rated



$V_{DSS} = 55V$
$R_{DS(on)} = 17.5m\Omega$
$I_D = 49A$

Description

Advanced HEXFET® Power MOSFETs from International Rectifier utilize advanced processing techniques to achieve extremely low on-resistance per silicon area. This benefit, combined with the fast switching speed and ruggedized device design that HEXFET power MOSFETs are well known for, provides the designer with an extremely efficient and reliable device for use in a wide variety of applications.

The TO-220 package is universally preferred for all commercial/industrial applications at power dissipation levels to approximately 50 watts. The low thermal resistance and low package cost of the TO-220 contribute to its wide acceptance throughout the industry.



Absolute Maximum Ratings

Parameter	Max.	Units
I_D @ $T_J = 25^\circ C$	49	A
I_D @ $T_J = 100^\circ C$	35	A
I_{DM}	160	A
P_D @ $T_J = 25^\circ C$	64	W
V_{GS}	±33	V
V_{DS}	±20	V
I_{AS}	25	A
E_{AS}	5.8	mJ
dv/dt	5.0	V/ns
T_J	-55 to +175	°C
T_{STG}	—	°C
T_{SOL}	200 (1.6mm from case)	°C
T_{MOUNT}	10 (2mm, 1.1Nmm)	°C

Thermal Resistance

Parameter	Typ.	Max.	Units
R_{JC}	—	1.5	°C/W
R_{CS}	0.50	—	°C/W
R_{JA}	—	62	°C/W

www.ir.com

1

01/03/01

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

LAMPIRAN B

- **Gambar Elemen Pemanas Kompor Listrik**



- **Gambar Lilin Batik cair**



- **Pengujian Kompor Listrik Batik Tulis**
 - Tampilan LCD dengan *set point* 40°C





- Tampilan LCD dengan *set point* 50°C



- Tampilan LCD dengan *set point* 60°C





- Tampilan LCD dengan *set point* 70°C



-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

BIODATA PENULIS



Nama : Akhmad Nur Muzahdi
TTL : Lumajang, 10 Januari
1997
Jenis Kelamin : Laki – laki
Alamat : Jl. Wilis RT.06/RW.02
Ds. Klanting, Kecamatan
Sukodono, Kabupaten
Lumajang
Telp / Hp : 085655062960
Email : akhmadnur10@gmail .com

RIWAYAT PENDIDIKAN

1. **2003 – 2009 : *MI Islam Fitriyah Lumajang***
2. **2009 – 2012 : *SMP Negeri 1 Sukodono***
3. **2012 – 2015 : *SMA Negeri 2 Lumajang***
4. **2015 – Sekarang : *Departemen Teknik Elektro Otomasi, Bidang Studi Computer Control – Fakultas Vokasi Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)***

PENGALAMAN ORGANISASI

1. Staff Departemen BIG EVENT HIMAD3TEKTRO 2016-2017
2. Kabiro Internal Departemen BIG EVENT HIMAD3TEKTRO 2017-2018

PENGALAMAN KERJA

1. Kerja Praktek di PT. BARATA INDONESIA GRESIK