

RANCANG BANGUN MIKROKONTROLLER ARDUINO MEGA 2560 SEBAGAI ALAT UJI KOEFSIEN SERAP PANAS

SKRIPSI

Diajukan untuk Memenuhi Sebagian Syarat
Guna Memperoleh Gelar Sarjana S1
Dalam Ilmu Fisika



Oleh:

Moh Bustanul Ulum

1508026004

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
SEMARANG
2022**

**RANCANG BANGUN MIKROKONTROLLER
ARDUINO MEGA 2560 SEBAGAI ALAT UJI
KOEFSISIEN SERAP PANAS**

SKRIPSI

Diajukan untuk Memenuhi Sebagian Syarat
Guna Memperoleh Gelar Sarjana S1
Dalam Ilmu Fisika



Oleh:

Moh Bustanul Ulum

1508026004

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
SEMARANG
2022**

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertandatangan dibawah ini:

Nama : Moh Bustanul Ulum

NIM : 1508026004

Jurusan : Fisika

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul:

RANCANG BANGUN MIKROKONTROLLER ARDUINO MEGA 2560 SEBAGAI ALAT UJI KOEFISIEN SERAP PANAS

Secara keseluruhan adalah hasil penelitian/karya saya sendiri, kecuali bagian tertentu yang dirujuk sumbernya.

Semarang, 21 Mei 2022

Pembuat Pernyataan,

A handwritten signature in black ink is written over a yellow postage stamp. The stamp features a colorful circular emblem at the top left and the text 'METERAI TEMPEL' in red and black. The number '1508026004' is visible at the bottom of the stamp.

Moh Bustanul Ulum

NIM : 1508026004



KEMENTERIAN AGAMA R.I.
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
Jl. Prof. Dr. Hamka (Kampus II) Ngaliyan Semarang
Telp.024-760129 Fax.7615387

PENGESAHAN

Naskah skripsi berikut ini:

Judul : Rancang Bangun Mikrokontroller Arduino
Mega 2560 Sebagai Alat Uji Koefisien Serap
Panas
Penulis : Moh Bustanul Ulum
NIM : 1508026004
Jurusan : Fisika

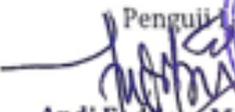
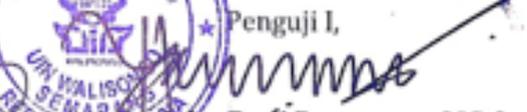
Telah diujikan dalam sidang *munaqasyah* oleh Dewan Penguji
Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo dan dapat
diterima sebagai salah satu syarat memperoleh gelar sarjana
dalam Ilmu Fisika.

Semarang, 4 September 2022

DEWAN PENGUJI

Sekretaris,


Agus Sudarmanto, M.Si  M. Izzatul Faqih, M.Pd.
NIP.1977082320091210001 NIP.2020069201

 Andi Fadlan, M.Sc  Joko Budi Poernomo, M.Pd.
NIP.198009152005011006 NIP.197602142008011011

Pembimbing I,


Agus Sudarmanto, M.Si
NIP.1977082320091210001

NOTA DINAS

Semarang, 20 Mei 2022

Kepada

Yth.Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Walisongo

di Semarang

Assalamu'alaikum wr. wb.

Dengan ini diberitahukan bahwa saya telah melakukan bimbingan, arahan dan koreksi naskah skripsi dengan:

Judul : Rancang Bangun Mikrokontroller Arduino
Mega 2560 Sebagai Alat Uji Koefisien Serap
Panas

Nama : Moh Bustanul Ulum

NIM : 1508026004

Jurusan : Fisika

Saya memandang bahwa naskah skripsi tersebut sudah dapat diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo untuk diujikan dalam Sidang *Munaqasyah*.

Wassalamu'alaikum wr.wb.

Pembimbing I,



Agus Sudarmanto, M.Si.

NIP.1977082320009121001

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan merancang dan merealisasikan pembuatan alat uji koefisien serap panas menggunakan mikrokontroler arduino mega 2560. Metode penelitian meliputi studi pustaka, perencanaan hardware, perancangan software, sistematika pengujian dan pengambilan data, analisis data beserta penyusunan laporan. Alat uji koefisien serap panas terdiri dari sensor suhu Max6675 Termokopel *K-Type* TP-01 yang keluarannya berupa tegangan kemudian dikonversi dan diproses dengan mikrokontroler arduino mega 2560 dengan algoritma programan kemudian hasilnya ditampilkan pada LCD TFT Shield. Hasil dari penelitian ini adalah bahwa alat uji koefisien serap panas menggunakan mikrokontroler arduino mega 2560 bekerja dengan baik. Hasil dari pengujian alat uji koefisien serap panas didapat prosentase keidealan uji eternit sebesar 96,86% dan uji triplek sebesar 92,44%.

Kata kunci: koefisien serap panas, arduino mega 2560, sensor suhu

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

اللَّهُمَّ صَلِّ عَلَى سَيِّدِنَا مُحَمَّدٍ وَعَلَى آلِ سَيِّدِنَا مُحَمَّدٍ

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Alhamdulillahrabbi'l'alamin, puja dan puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat, taufiq dan hidayah serta inayah-Nya sehingga skripsi yang berjudul “RANCANG BANGUN MIKROKONTROLLER ARDUINO MEGA 2560 SEBAGAI ALAT UJI KOEFISIEN SERAP PANAS” dapat terselesaikan. Shalawat serta salam kerinduan senantiasa tercurahkan kepada junjungan umat, pemberi syafa'at, penuntun jalan kebajikan, penerang dimuka bumi ini, seorang manusia pilihan dan teladan kita, Nabi Muhammad SAW yang menjadi pelita umat ditengah kegelapan.

Penulisan skripsi ini dikerjakan dalam rangka memenuhi salah satu syarat demi mencapai gelar S1 Jurusan Fisika pada Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Walisongo. Penulis mengetahui bahwa penulisan skripsi ini masih belum sempurna, baik dari segi kualitas maupun penyajiannya. Hali ini karena keterbatasan penulis dalam mengumpulkan data serta literatur. Selain itu sebagai makhluk ciptaan Allah SWT, penulis tidak dapat luput dari yang namanya salah dan khilaf. Untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran serta

masukannya ataupun koreksi yang sifatnya membangun untuk menyempurnakan penelitian ini.

Penulis mengetahui bahwa, berakhirnya penelitian dan penyusunan skripsi ini tidak dapat terlepas dari bantuan, bimbingan, dorongan dan doa yang tulus dari banyak pihak, dari mulai masa perkuliahan sampai pada berakhirnya penyusunan skripsi ini. Atas kerjasama yang baik dari semua pihak, penulis telah berhasil dengan baik menyelesaikan penelitian dan penyusunan skripsi ini. Tanpa hal tersebut, sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikan penelitian dan penyusunan skripsi ini. Dengan selesainya penelitian dan penyusunan skripsi ini, perkenankan penulis untuk mengucapkan dan menyampaikan terimakasih kepada:

1. Allah SWT, berkat ridho-Nya penulis dapat melaksanakan tugas akhir dengan lancar.
2. Prof. Dr. Imam Taufiq, M.Ag., selaku Rektor UIN Walisongo.
3. Dr. H. Ismail, M.Ag., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo.
4. Agus Sudarmanto, M.Si., selaku Ketua Program Studi Fisika, sekaligus Dosen Wali dan Dosen Pembimbing.
5. M. Izzatul Faqih, M.Pd., selaku Sekretaris Program Studi Fisika.

6. Mucharrori selaku ayah dan Rohmah selaku ibu yang telah mendukung baik dari materil maupun non materil hingga akhir.
7. Seluruh keluarga yang telah mendukung dan mensupport dari awal kuliah sampai selesai perkuliahan.
8. Seluruh dosen dan staf UIN Walisongo yang telah memberikan ilmu dan pengalaman serta bantuan selama masa perkuliahan sampai akhir.
9. Teman-teman kuliah, kontrakan, kelompok studi elins, yang telah menemani hari-hari selama masa perkuliahan.
10. Semua pihak yang baik secara langsung maupun tidak langsung turut terlibat dan membantu dalam penelitian dan penyusunan skripsi ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Semoga penelitian dan skripsi ini dapat menambah literasi dan berguna bagi siapa saja yang membaca serta mengkajinya, sehingga dapat dikembangkan dan disempurnakan agar lebih berguna dan bermanfaat untuk kepentingan orang banyak. Aaamiin.

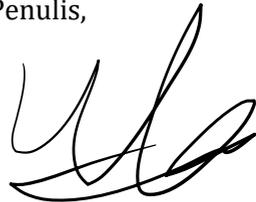
Akhirnya, hanya kepada Allah SWT penulis memohon ridho dan maghfirah-Nya. Penulis tidak dapat memberikan balasan satu persatu serta ucapan terima kasih dan iringan do'a semoga segala dukungan serta bantuan semua pihak

mendapat sebaik-baiknya balasan dan dilipat gandakan oleh Allah SWT, Aamiin.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Semarang, 1 Maret 2022

Penulis,

A handwritten signature in black ink, consisting of stylized, overlapping letters that appear to be 'U' and 'B'.

Moh Bustanul Ulum

NIM : 1508026004

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN	ii
PENGESAHAN	Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.
NOTA DINAS	iv
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Perumusan Masalah	5
C. Tujuan Penelitian.....	5
D. Manfaat Penelitian.....	6
E. Batasan Masalah	6
BAB II LANDASAN TEORI	8
A. KAJIAN PUSTAKA.....	8
B. KAJIAN TEORI	11
1. Perpindahan Panas	11
2. Arduino Mega 2560 Rev 3.....	18
3. MAX6675 <i>K-Type Thermocouple</i>	23
4. <i>Liquid Crystal Display</i> (LCD)	26

BAB III METODE PENELITIAN	30
A. Waktu dan Tempat	30
B. Alat dan Bahan Penelitian	30
C. Metodologi Pelaksanaan Penelitian	33
D. Desain Alat Uji Koefisien Serap Panas	35
E. Perancangan <i>Hardware</i>	39
F. Perancangan <i>Software</i>	40
G. Metode Perancangan Pengujian	43
H. Spesifikasi Alat	44
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	45
A. Uji Mikrokontroler Arduino Mega 2560	45
B. Uji Sensor Suhu Max6675 <i>K-Type</i> Termokopel	48
C. Uji Modul LCD	52
D. Hasil dan Pembahasan Uji Keseluruhan	53
BAB V PENUTUP	59
A. Kesimpulan	59
B. Saran	60
DAFTAR PUSTAKA	61
LAMPIRAN	64

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Judul	Halaman
<i>Gambar 2. 1</i>	<i>Arduino Mega 2560 Rev 3</i>	<i>19</i>
<i>Gambar 2. 2</i>	<i>Blok diagram ATmega2560</i>	<i>22</i>
<i>Gambar 2. 3</i>	<i>Blok diagram MAX6675</i>	<i>24</i>
<i>Gambar 2. 4</i>	<i>Modul LCD Arduino Mega 2560</i>	<i>27</i>
<i>Gambar 3. 1</i>	<i>Flowchart penelitian</i>	<i>35</i>
<i>Gambar 3. 2</i>	<i>Skema Rancangan Hardware</i>	<i>37</i>
<i>Gambar 3. 3</i>	<i>Desain Alat Uji Koefisien Serap Panas</i>	<i>38</i>
<i>Gambar 3. 4</i>	<i>Rangkaian konfigurasi komponen</i>	<i>40</i>
<i>Gambar 3. 5</i>	<i>Contoh Sketch Arduino IDE</i>	<i>41</i>
<i>Gambar 3. 6</i>	<i>Flowchart program Arduino Mega 2560 Rev 3</i>	<i>42</i>
<i>Gambar 4. 1</i>	<i>Sketch Uji Arduino Mega 2560 Rev 3</i>	<i>46</i>
<i>Gambar 4. 2</i>	<i>Hasil Uji Arduino Mega 2560 Rev 3.....</i>	<i>47</i>
<i>Gambar 4. 3</i>	<i>Sketch Uji Sensor Suhu K-Type Termokopel TP-01</i>	<i>49</i>
<i>Gambar 4. 4</i>	<i>Rangkaian Uji Sensor Suhu Termokopel TP-01.....</i>	<i>50</i>
<i>Gambar 4. 5</i>	<i>Data Uji sensor</i>	<i>50</i>
<i>Gambar 4. 6</i>	<i>Rangkaian Uji Modul LCD TFT Shield</i>	<i>53</i>
<i>Gambar 4. 7</i>	<i>Alat uji koefisien serap panas.....</i>	<i>54</i>
<i>Gambar 4. 8</i>	<i>Sampel uji koefisien serap panas</i>	<i>55</i>
<i>Gambar 4. 9</i>	<i>Hasil Uji Ethernit</i>	<i>55</i>
<i>Gambar 4. 10</i>	<i>Hasil Uji Triplek.....</i>	<i>56</i>

DAFTAR TABEL

Tabel	Judul	Halaman
<i>Tabel 2. 1</i>	<i>Spesifikasi singkat modul LCD Arduino Mega 2560.....</i>	<i>27</i>
<i>Tabel 3. 1</i>	<i>Daftar Alat.....</i>	<i>31</i>
<i>Tabel 3. 2</i>	<i>Daftar Bahan.....</i>	<i>32</i>
<i>Tabel 3. 3</i>	<i>Daftar Komponen.....</i>	<i>33</i>

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Judul	Halaman
Lampiran 1	Datasheet Sensor MAX6675 Termokopel TP-01.....	64
Lampiran 2	Datasheet Mikrokontroler Arduino Mega 2560 Rev 3	69
Lampiran 3	Datasheet LCD Shield Arduino Mega 2560	74
Lampiran 4	Alat dan Bahan	75
Lampiran 5	Pengujian Sensor Max6675 Termokopel TP-01	78
Lampiran 6	Pengujian Modul LCD	80
Lampiran 7	Pengujian Eternit Pertama	88
Lampiran 8	Pengujian Eternit Kedua	90
Lampiran 9	Pengujian Eternit Ketiga.....	92
Lampiran 10	Pengujian Triplek Pertama	94
Lampiran 11	Pengujian Triplek Kedua	96
Lampiran 12	Pengujian Triplek Ketiga	98

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Seiring dengan perkembangan jaman, kebutuhan akan ruang untuk kegiatan-kegiatan bersama sangat dibutuhkan, seperti ruang perkantoran, ruang auditorium, ruang bioskop, ruang keluarga dan lain-lain. Ruangan yang mempunyai kenyamanan yang baik harus mempunyai syarat-syarat tertentu diantaranya yaitu mempunyai suhu ruangan tidak terlalu panas walaupun tidak menggunakan pendingin ruangan. Supaya ruangan nyaman maka yang perlu diperhatikan adalah perencanaan bentuk ruangan, kapasitas ruangan dan pelapisan penyerap panas yang dilapiskan pada dinding dan langit-langit ruangan. Penggunaan bahan-bahan pelapis ruangan yang tepat akan menentukan kualitas suhu pada ruangan tersebut. Salah satu data yang diperlukan guna menentukan kualitas bahan pelapis tersebut adalah koefisien suhu pada suatu bahan. Maka dari itu, ilmu dan teknologi sangatlah berperan dalam hal tersebut. Pengukuran fisis adalah salah satu langkah dalam akuisisi data. Salah satu contoh besaran fisis adalah suhu. Suhu memiliki keterkaitan dengan tegangan di mana

setiap kenaikan suhu akan menyebabkan perubahan karakteristik bahan yang akan menyebabkan kenaikan tegangan. Tegangan adalah perbedaan potensial listrik antara dua titik. Biasanya suhu dan tegangan diukur secara manual dengan menggunakan termometer dan voltmeter.

Termodinamika adalah suatu bagian bahasan dalam ilmu fisika yang berhubungan dengan panas dan pertukaran energi dalam sebuah sistem. Salah satu bahasan yang ada dalam termodinamika adalah perpindahan kalor. Besi yang direndam dalam zat cair yang bertemperatur panas lama kelamaan akan mengalami perubahan temperatur pada semua bagiannya. Pangkal besi yang tidak direndam memiliki suhu yang lebih rendah pada awalnya daripada ujung besi yang terrendam. Lambat laun pangkal besi yang tidak terendam zat cair akan semakin panas. Hal ini dikarenakan adanya energi panas yang mengalir dari pangkal besi yang masuk zat cair menuju pangkal besi yang tidak masuk zat cair. Rambatan energi panas ini mengakibatkan terjadinya perubahan temperatur pada area yang dilaluinya.

Kalor adalah energi panas suatu zat yang berubah dari suhu tinggi ke suhu rendah. Energi panas dapat

berpindah dari satu tempat ke tempat lain secara konduksi, konveksi dan radiasi. Konduksi adalah proses berpindahnya energi panas tanpa memindahkan materi. Pada benda padat, kemampuan suatu bahan untuk menghantarkan energi panas disebut konduktivitas panas. Koefisien konduktivitas panas adalah suatu koefisien yang menyatakan kapabilitas suatu bahan untuk menyalurkan energi panas. Semakin banyak energi panas yang dapat dihantarkan, maka semakin besar nilai koefisien konduktivitas panas bahan tersebut. Semakin rendah energi panas yang dapat dihantarkan, maka semakin rendah nilai koefisien konduktivitas panas. Bahan dengan nilai koefisien konduktivitas panas yang tinggi disebut dengan konduktor. Sedangkan bahan dengan nilai koefisien konduktivitas panas yang rendah disebut isolator. Sebagian besar jenis logam adalah konduktor, sedangkan plastik, kayu, kertas, kaca dan karet adalah isolator.

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi saat ini ditandai dengan munculnya alat-alat yang menggunakan sistem kendali otomatis dan digital. Tak dipungkiri lagi, teknologi menjadi hal yang sangat berguna bagi kehidupan manusia, mulai dari kelistrikan hingga teknologi mekanik dan pastinya teknologi telekomunikasi.

Pada masa globalisasi sekarang ini, teknologi sangat membantu dalam mempermudah dan mengefisienkan aktivitas manusia. Penggunaan teknologi digital saat ini dapat diterapkan sebagai sistem kontrol dan pemantauan, yang digunakan untuk mengontrol perangkat elektronik, sehingga pengguna dapat mengontrol serta memonitor dengan lebih mudah dan efisien.

Menurut Suharningsih (seperti dikutip dalam Jayanti, Sudarmanto, & Faqih, 2019) kemajuan dalam Ilmu Pengetahuan dan Teknologi dewasa ini mengalami peningkatan yang sangat pesat. Teknologi tersebut tentunya tidak dapat lepas dari penggunaan sensor dan transduser serta mikrokontroler. Keuntungan dari teknologi mikrokontroler ini adalah bahwa ini merupakan alat pengukuran dan otomatisasi digital dengan tampilan LCD. Seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan dalam bidang elektronika maka diperlukan alat penunjang yang serba digital. Berdasarkan latar belakang diatas, maka peneliti akan melakukan penelitian dengan judul **“RANCANG BANGUN MIKROKONTROLLER ARDUINO MEGA 2560 SEBAGAI ALAT UJI KOEFISIEN SERAP PANAS”**.

B. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka diambil rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana rancang bangun mikrokontroller Arduino Mega 2560 sebagai alat uji koefisien serap panas?
2. Bagaimana cara uji koefisien serap panas suatu bahan menggunakan mikrokontroller Arduino Mega 2560?
3. Bagaimana hasil uji koefisien serap panas suatu bahan menggunakan mikrokontroller Arduino Mega 2560?

C. Tujuan Penelitian

Penelitian ini memiliki tujuan sebagai berikut:

1. Merealisasikan alat rancang bangun mikrokontroller Arduino Mega 2560 sebagai alat uji koefisien serap panas.
2. Mengetahui cara mengoperasikan alat uji koefisiensi serap panas menggunakan mikrokontroller Arduino Mega 2560.
3. Mengetahui hasil uji koefisiensi serap termal suatu bahan.

D. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini yaitu :

1. Bagi pembaca

Hasil penelitian dapat digunakan sebagai salah satu referensi serta memperkaya penelitian dan literatur khususnya dalam membangun alat uji koefisien serap panas menggunakan mikrokontroller Arduino Mega 2560.

2. Bagi penulis

Memberikan tambahan pengetahuan untuk membuat konsep pengembangan *desain* alat uji koefisien serap panas menggunakan mikrokontroller Arduino Mega 2560.

E. Batasan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah diatas, agar penelitian lebih terarah pada ruang lingkup penelitian ini harus di batasi. Adapun batasan- batasan masalah yang akan di bahas dalam penelitian ini adalah sebagai beriku:

1. Alat ini dibuat untuk uji koefisien serap panas suatu bahan

2. Alat ini dirancang menggunakan mikrokontroller Arduino Mega 2560, sensor max6675 *Thermocouple type K*, outputnya dari *Liquid Crystal Display (LCD) TFT 3,2"*.

3. Uji yang dilakukan terhadap suatu bahan memiliki diameter tidak lebih dari 47,7 mm dan ketebalan tidak lebih dari 25 mm serta suhu tidak lebih dari 226,85°C.

BAB II

LANDASAN TEORI

A. KAJIAN PUSTAKA

Berikut ini merupakan penelitian-penelitian yang bersinggungan dan berhubungan serta telah dilakukan oleh penelitian sebelumnya. Hasil penelitian ini dijadikan peneliti sebagai referensi utama untuk digunakan dalam penelitian.

1. Penelitian yang dilakukan oleh Agus Sudarmanto (2019). Rancang bangun alat pada penelitian ini menggunakan mikrokontroller ATmega AT89S51 dan sensor yang digunakan yaitu, modul sensor suara dengan chip LM393 dan sensor suhu termokopel Tipe K. Pada alat ini juga terdapat LCD untuk menampilkan hasil pembacaan sensor. Sistem kerja dari alat ini yaitu dalam sebuah bok kedap, sensor 1 akan ditempatkan di sumber energi datang sedangkan sensor 2 akan ditempatkan di samping sampel. Hasil yang didapat dari alat ini adalah nilai sensor 1 dan nilai sensor 2 kemudian dihitung nilai koefisien serap sampel. Hasil uji koefisien sampel menunjukkan bahwa ketika nilai sumber penguji di naikkan, maka nilai koefisien serap bahan akan semakin menurun. Hal ini sesuai dengan

teori, jika suatu bahan semakin solid dan pori-pori bahan tidak terlalu besar, maka bisa dikatakan bahwa bahan memiliki penyerapan yang baik. Persamaan dengan penelitian yang akan dilakukan adalah penyerapan koefisien suatu bahan. Perbedaan penelitian ini dengan penelitian yang akan dilakukan diantaranya adalah mikrokontroler yang akan dipakai, dimana penelitian yang akan dilakukan menggunakan mikrokontroler Arduino Mega 2560. Perbedaan selanjutnya adalah sensor yang digunakan yaitu MAX6675 termokopel *K-Type* dengan kelebihan perangkat yang tidak akan mengganggu mikrokontroler yang sensitif terhadap panas yang berlebih.

2. Penelitian yang dilakukan oleh Rahmat Syukri dan Arwizet K (2019). Dalam perancangan alat konduktivitas termal ini digunakan standar ASTM E 1530-99. Berdasarkan standar ini, spesifikasi sampel material yang dapat diuji di alat ini berdiameter kurang dari 50,8 mm dan ketebalan sampel kurang dari 25 mm. Perancangan alat ini menggunakan elemen pemanas jenis *Catridge* sebagai elemen pemanas dan termokopel sebagai penguji suhu. Kesamaan dari penelitian yang akan dilakukan yaitu menggunakan

spesifikasi bahan uji yang memiliki diameter kurang dari 50,8 mm dan ketebalan kurang dari 25 mm. Perbedaan penelitian yang akan dilakukan dengan ini adalah sumber panas yang digunakan, dimana sumber panas penelitian yang akan dilakukan menggunakan kompor listrik.

3. Penelitian yang dilakukan oleh Rebi Okzama dan Arwizet K (2019). Pada pembuatan alat konduktivitas termal ini digunakan standar ASTM E 1530-99. Berdasarkan standar ini, spesifikasi sampel material yang dapat diuji pada instrumen ini berdiameter kurang dari 50,8 mm dan ketebalan sampel kurang dari 25 mm. Rancangan perencanaan alat ini menggunakan elemen pemanas jenis *Catridge* sebagai elemen pemanas dan termokopel sebagai penguji suhu. Kesamaan dari penelitian yang akan dilakukan yaitu menggunakan spesimen bahan uji berdiameter kurang dari 50,8 mm dan ketebalan kurang dari 25 mm. Perbedaan penelitian yang akan dilakukan dengan ini adalah sumber panas yang digunakan, dimana sumber panas penelitian yang akan dilakukan menggunakan kompor listrik.
4. Penelitian yang dilakukan oleh Nyoman Wendri dan I Wayan Supardi (2015). Mikrokontroller yang dipakai

yaitu mikrokontroler ATmega AT89S51 dan menggunakan sensor Termokopel Tipe K. Selain sebagai tegangan, mikrokontroler juga berfungsi sebagai temperatur. Keluaran dari mikro kontroler kemudian ditampilkan di PC menggunakan program Visual Basic 6. Perbedaan penelitian ini dengan penelitian yang akan dilakukan diantaranya adalah mikrokontroler yang akan dipakai, dimana penelitian yang akan dilakukan menggunakan mikrokontroler Arduino Mega 2560. Perbedaan selanjutnya adalah sensor yang digunakan yaitu MAX6675 termokopel *K-Type* dengan kelebihan perangkat yang tidak akan mengganggu mikrokontroler yang sensitif terhadap panas yang berlebih. Data dari penelitian yang akan dilakukan ditampilkan di modul LCD sedangkan penelitian ini menggunakan PC sebagai penampil data.

B. KAJIAN TEORI

1. Perpindahan Panas

Proses berpindahnya energi panas melalui sebuah medium zat padat atau zat cair yang memiliki perbedaan suhu disebut dengan konduktivitas panas. Berdasarkan teori kinetik, suhu sebuah unsur sepadan dengan energi kinetik rata-rata molekul yang menyusun unsur tersebut (Kreith, Manglik &

Bohn, 2011). Perbedaan suhu antara dua daerah lokal dalam suatu zat sesungguhnya merupakan perwujudan dari situasi di mana energi kinetik rata-rata dari molekul di daerah lokal yang satu lebih besar daripada energi kinetik rata-rata molekul di daerah lokal yang kedua (Kreith, Manglik & Bohn, 2011).

Perpindahan panas merupakan ilmu yang memprediksi perpindahan energi dalam bentuk panas yang terjadi akibat adanya perbedaan temperatur antara material atau benda. Selama proses perpindahan energi, pasti ada laju berpindahan panas dari satu tempat ke tempat lain, yang lebih dikenal sebagai laju perpindahan panas. Dengan demikian, ilmu perpindahan panas termasuk juga dalam ilmu untuk memprediksi laju perpindahan panas yang terjadi pada keadaan tertentu. Perpindahan energi panas dapat dideskripsikan sebagai sebuah proses perpindahan energi (kalor) dari satu daerah ke daerah lain karena adanya anomali suhu pada daerah tersebut. Ada tiga cara perpindahan panas, yaitu konduksi, konveksi dan radiasi. Proses perpindahan panas, tidak dapat diukur atau diamati secara langsung, tetapi

pengaruhnya dapat diamati dan diukur (Holman, 2010).

Al-Qur'an memberikan salah satu contoh proses perpindahan panas yang dijelaskan dalam QS.

Al-Kahfi ayat 96:

أَثُونِي زُبَرَ الْحَدِيدِ ۖ حَتَّىٰ إِذَا سَاوَىٰ بَيْنَ الصَّدَفَيْنِ قَالَ
 اذْفُخُوا ۖ حَتَّىٰ إِذَا جَعَلَهُ نَارًا قَالَ آثُونِي أُفْرِغْ عَلَيْهِ قَطْرًا

Artinya: "Berilah aku potongan-potongan besi". Hingga apabila besi itu telah sama rata dengan kedua (puncak) gunung itu, berkatalah Zulkarnain: "Tiuplah (api itu)". Hingga apabila besi itu sudah menjadi (merah seperti) api, diapun berkata: "Berilah aku tembaga (yang mendidih) agar aku kutuangkan ke atas besi panas itu".

"(Berilah aku potongan-potongan besi)" sebesar bata kecil yang akan dijadikan sebagai bahan bangunan tembok lalu Zulkarnain membangun tembok penghalang itu daripadanya, dan dia memakai kayu dan batu bara yang dimasukkan di tengah-tengah tembok besi itu. (Sehingga apabila besi itu telah sama rata dengan kedua puncak gunung itu) sisi bagian puncak kedua bukit itu telah rata dengan bangunan, kemudian dibuatkannya peniup-peniup dan api sepanjang bangunan tembok itu (berkatalah Zulkarnain, "Tiuplah api itu") lalu api itu mereka tiup (Hingga apabila besi itu menjadi)

berubah bentuknya menjadi (merah) bagaikan api (dia pun berkata, "Berilah aku tembaga yang mendidih agar kutuangkan ke atas besi panas itu") maksudnya tembaga yang dilebur. Selanjutnya tembaga yang sudah dilebur itu dituangkan ke atas besi yang merah membara, sehingga masuklah tembaga itu ke dalam partikel-partikel potongan besi, akhirnya kedua logam itu menyatu.

Ayat ini memiliki kaitan dengan petunjuk ilmiah tentang perpindahan panas yang terdapat pada kalimat *أَفْرِغْ عَلَيْهِ قِطْرًا* artinya berilah aku tembaga yang mendidih agar kutuangkan ke atas besi panas itu. Sebab, tembaga yang mendidih mempunyai panas yang akan berpindah ke besi. Menjabarkan perjalanan Dzulkarnain, demi membangun sebuah bangunan yang kokoh, dimana dia berkata "berikan saya potongan-potongan besi hingga apabila besi-besi itu telah sama rata dengan kedua puncak gunung itu, dan tiuplah api pada potongan-potongan besi itu hingga begitu api sudah menyalah dan berkobar, maka tuangkanlah tembaga yang meleleh pada besi yang dipanaskan". Pada tembaga yang sudah dilebur itu dituangkan ke atas besi yang merah membara, sehingga masuklah tembaga itu ke dalam partikel-

partikel potongan besi, akhirnya kedua logam itu menyatu karena konduksi pada umumnya terjadi pada bahan padat yang saling bersentuhan dan energinya akan saling berpindah.

Persamaan perpindahan konduksi panas mengatakan bahwa laju perpindahan konduksi panas satu dimensi dalam keadaan setimbang adalah :

$$q_k = -kA \frac{dT}{dx} \quad (2.1)$$

Dengan : k = konduktivitas panas

A = luas penampang beban yang
diukur tegak lurus terhadap arah
lintasan panas

$\frac{dT}{dx}$ = gradien suhu ke arah perpindahan
panas

Simbol negatif (-) berfungsi guna memenuhi hukum termodinamika pertama yang menunjukkan bahwa panas adalah energi internal yang mengalir dari temperatur tinggi ke temperatur rendah (Holman, 2010). Oleh karena itu, aliran panas adalah positif jika gradien temperatur negatif.

Perambatan panas melalui zat padat biasanya terjadi karena konduksi. Koefisien daya hantar panas

(k) merupakan ketetapan yang menghubungkan aliran panas (Q) dengan gradien suhu ($\frac{\Delta T}{\Delta x}$).

$$Q = k \left(\frac{T_2 - T_1}{x_2 - x_1} \right) \quad (2.2)$$

Koefisien konduktivitas panas juga bergantung pada suhu, tetapi berbeda dengan koefisien muai panas. Kenaikan suhu tinggi pada suatu material akan menyebabkan perubahan atom yang mengiringi pencairan dan pengaturan kembali susunan atom yang disebabkan oleh perubahan suhu yang akan menyebabkan terganggunya daya panas.

Penyerapan gelombang merupakan peralihan energi menjadi bentuk lain, biasanya panas yang telah melewati suatu permukaan bahan. Prinsip penyerapan panas terjadi ketika suatu material atau bahan yang digunakan kehilangan energi ketika gelombang panas menghantam dan dipantulkan dari sebuah material atau bahan, sehingga panas tersebut diserap, ditransmisikan dan dipantulkan. Tetapi besarnya jumlah panas yang diserap dan ditransmisikan tergantung pada jenis material atau bahan yang digunakan.

Koefisien termal didefinisikan sebagai perubahan yang dilalui suatu bahan karena

perubahan suhu. Koefisien ini diwakili oleh simbol α untuk padatan dan β untuk cairan, dan sesuai dengan Sistem Satuan Internasional (SI).

Menurut penelitian yang sebelumnya, persamaan koefisien penyerapan panas didapat dari persamaan :

$$T = T_0 e^{-\alpha x} \quad (2.3)$$

diubah menjadi,

$$\alpha = \frac{\ln T_0 - \ln T}{x} \quad (2.4)$$

Dengan : T = intensitas suhu setelah ada sampel
(°C)

T_0 = intensitas suhu sebelum ada sampel
(°C)

α = koefisien serap bahan (cm^{-1})

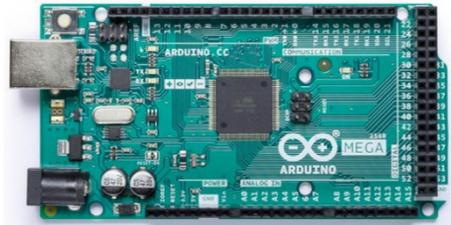
x = jarak sampel serap bahan (cm)

Hubungan koefisien serap panas dengan suhu yaitu, seandainya nilai suhu rendah maka, nilai koefisien serap panas akan lebih besar dan sebaliknya. Tetapi hal itu juga dapat dipengaruhi oleh faktor ketebalan dari bahan yang digunakan. Jika bahan yang digunakan menjadi lebih tebal, maka nilai koefisien serap panas semakin rendah dan sebaliknya. Koefisien serap panas dapat mengalami kenaikan pada bahan atau material yang tipis

dikarenakan struktur yang berpori sehingga suhu mudah masuk dan diserap, sedangkan nilai koefisien serap panas mengalami penurunan pada bahan yang tebal dikarenakan struktur yang lebih padat sehingga panas sulit untuk masuk dan diserap.

2. **Arduino Mega 2560 Rev 3**

Mikrokontroler adalah sebuah sistem lengkap yang terdapat pada sebuah chip mikroprosesor yang berguna untuk mengontrol sirkuit elektronik. Salah satu mikrokontroler populer yang sering digunakan adalah mikrokontroler Arduino. Arduino merupakan salah satu mikrokontroler yang bersifat *open-source*. Arduino dilengkapi dengan mikroprosesor dengan jenis AVR dari Atmel. Pengkodean Arduino menggunakan pemrograman bahasa C dan diprogram dengan menggunakan aplikasi Arduino IDE (*Integrated Development Enviroment*) yang dibuat dan disebarikan oleh Arduino CC. Ada banyak sekali varian dan versi dari Arduino, salah satunya yaitu Arduino Mega 2560 Rev 3.



Gambar 2. 1 Arduino Mega 2560 Rev 3

Arduino Mega 2560 Rev 3 merupakan mikrokontroler yang dibuat berdasarkan ATmega2560 dengan 54 kaki *input/output* (15 kaki dapat digunakan sebagai keluaran PWM 8 bit), 16 kaki analog masukan 10-bit dan 4 kaki UART (*hardware serial ports*), osilator kristal 16 MHz, koneksi USB, port daya, ICSP *header* dan tombol reset. Pada saat yang sama, operasi dan pemrosesan tidak melambat karena RAM yang jauh lebih besar daripada prosesor lainnya. Arduino Mega 2560 juga dilengkapi prosesor serial USB ATmega16U2 yang bertindak sebagai antarmuka antara sinyal input USB dan prosesor utama. Hal ini meningkatkan fleksibilitas *interfacing* dan menghubungkan periferal ke papan Arduino Mega 2560 Rev 3.

ATmega 2560 menyediakan fitur-fitur berikut: 64K/128K/256K *byte In-System Pro-grammable Flash* dengan kemampuan *Read-While-Write*, 4Kbytes

EEPROM, 8Kbytes SRAM, 54/86 jalur I/O tujuan umum, 32 register kerja tujuan umum, *Real Time Counter* (RTC), enam *Timer/Counter* fleksibel dengan mode perbandingan dan PWM, empat USART, Antarmuka Serial *2-wire byte* berorientasi, ADC 16-channel, 10-bit dengan tahap input diferensial opsional dengan gain yang dapat diprogram, *Watchdog Timer* yang dapat diprogram dengan *Internal Oscillator*, port serial SPI, antarmuka uji JTAG yang sesuai dengan IEEE std. 1149.1, juga digunakan untuk mengakses sistem dan pemrograman Debug *On chip* dan enam mode hemat daya yang dapat dipilih perangkat lunak. Mode Siaga menghentikan CPU sambil memungkinkan SRAM, *Timer/Counter*, port SPI, dan sistem interupsi untuk terus berfungsi. Mode *Power-down* menyimpan konten register tetapi membekukan *Oscillator*, menonaktifkan semua fungsi chip lainnya hingga interupsi berikutnya atau Reset Perangkat Keras.

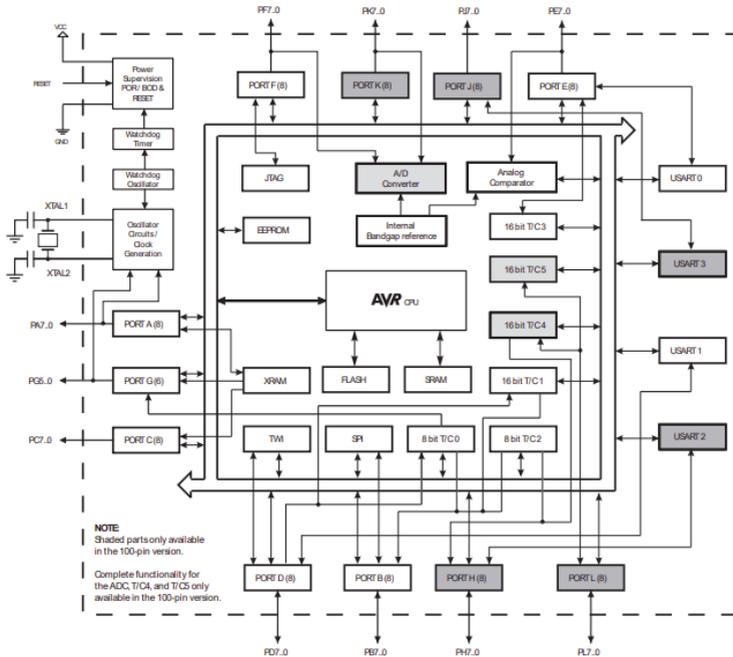
Dalam mode Hemat daya, *Asynchronous Timer* terus berjalan, memungkinkan pengguna untuk mempertahankan basis waktu saat perangkat lainnya sedang tidur. Mode Pengurangan Kebisingan ADC menghentikan CPU dan semua modul I/O kecuali

Asynchronous Timer dan ADC, untuk meminimalkan kebisingan *switching* selama konversi ADC. Dalam mode Siaga, Osilator Kristal/Resonator berjalan saat perangkat lainnya sedang tidur. Ini memungkinkan *start-up* yang sangat cepat dikombinasikan dengan konsumsi daya yang rendah. Dalam mode *Extended Standby*, Osilator utama dan *Asynchronous Timer* terus berjalan.

Mikrochip menawarkan pustaka QTouch untuk menyematkan tombol sentuh kapasitif, *slider*, dan fungsionalitas *wheel* ke dalam mikrokontroler AVR. Akuisisi sinyal transfer muatan yang dipatenkan menawarkan penginderaan yang tidak jelas dan mencakup pelaporan tombol sentuh yang sepenuhnya *debounce* dan mencakup teknologi *Adjacent Key Suppression* (AKS) untuk deteksi peristiwa penting yang jelas. *Toolchain QTouch Suite* yang mudah digunakan memungkinkan untuk menjelajahi, mengembangkan, dan men-debug aplikasi sentuh secara mandiri.

ATmega2560 merupakan mikrokontroler CMOS 8-bit berdaya rendah berarsitektur RISC yang ditingkatkan AVR. Dengan melaksanakan perintah yang baik dalam satu siklus clock, ATmega2560

mencapai *throughput* mendekati 1 MIPS/MHz yang memungkinkan perancang sistem untuk mengoptimalkan konsumsi daya dengan kecepatan pemrosesan.



Gambar 2.2 Blok diagram ATmega2560

ATmega2560 AVR didukung dengan rangkaian program yang lengkap dan alat pengembangan sistem termasuk: Kompiler C, perakitan makro, debugger/simulator program, emulator di sirkuit, dan kit evaluasi.

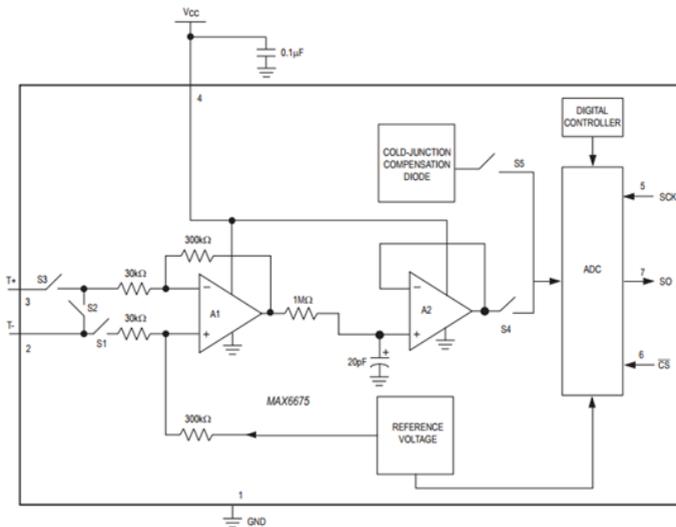
3. **MAX6675 K-Type Thermocouple**

Termokopel merupakan salah satu varian sensor suhu yang dipergunakan sebagai pengukur atau pendeteksi perubahan temperatur melalui dua jenis konduktor logam berbeda yang digabungkan pada bagian ujungnya sehingga menimbulkan efek “*termoelektrik*” (Wahyudi, dkk. 2017). Efek *termoelektrik* pada termokopel diketahui pertamakali oleh salah satu fisikawan Estonia bernama *Thomas Johann Seebeck* pada Tahun 1822, di mana sebuah konduktor logam yang diberikan suhu berbeda secara gradient dapat menghasilkan tegangan listrik (Saputra, dkk. 2014). Perbedaan tegangan antara kedua persimpangan ini dikenal sebagai “efek *Seebeck*” (Wahyudi, dkk. 2017).

Termokopel menjadi salah satu varian sensor suhu yang cukup sering dipakai dalam beberapa rangkaian elektronika yang berkaitan dengan Suhu dan beberapa peralatan listrik. Beberapa keunggulan termokopel yang membuat begitu populer adalah responsnya yang cukup cepat terhadap perubahan suhu dan juga memiliki rentang suhu pengoperasian yang cukup luas, berkisar diantara -200°C hingga 2000°C . Selain respons yang cepat serta cakupan suhu

yang lebar, termokopel cukup tahan terhadap getaran maupun guncangan serta mudah dalam pengimplementasian.

MAX6675 dirancang dengan kompensasi *cold-junction* yang hasilnya di digitalkan dari pengukuran termokopel. Data keluaran memiliki resolusi 12-bit dan dukungan komunikasi SPI mikrokontroler secara umum. Data dapat dibaca dengan mengubah hasil pembacaan data 12-bit.



Gambar 2. 3 Blok diagram MAX6675

Berikut beberapa fitur yang terdapat pada MAX6675, yaitu:

- a. Konversi digital secara langsung dari keluaran termokopel
- b. Kompensasi *cold-junction*
- c. Komunikasi kompatibel dengan protokol SPI
- d. *Open thermocouple detection*

Cara kerja termokopel cukup sederhana. Pada dasarnya, termokopel hanya terdiri dari dua macam konduktor dari berbagai jenis kawat logam yang berbeda dan disatukan ujungnya. Sebuah konduktor logam yang terdapat dalam termokopel akan bertindak sebagai referensi dengan suhu konstan sementara konduktor logam yang satunya lagi berfungsi mendeteksi suhu panas.

Termokopel tipe *hot-junction* bisa mengukur suhu 0°C hingga $+1023,75^{\circ}\text{C}$. MAX6675 memiliki ujung *cold-end* yang hanya bisa mengukur suhu -20°C hingga $+85^{\circ}\text{C}$. Pada saat bagian *cold-end* MAX6675 mengalami perubahan suhu, maka MAX6675 masih dapat mengukur perbedaan suhu dengan akurat. MAX6675 dapat menyesuaikan dengan perubahan suhu sekitar dengan menggunakan kompensasi *cold-junction*. Perangkat mengubah suhu hasil pengukuran

menjadi bentuk tegangan dengan menggunakan sensor temperature diode. Agar dapat melakukan pengukuran nyata, MAX6675 mengukur tegangan dari keluaran termokopel dan tegangan dari sensor dioda.

Performa optimal MAX6675 terjadi saat termokopel bagian *cold-junction* dan MAX6675 memiliki suhu yang sama. Hal ini demi menghindari penempatan komponen lain yang dapat menghasilkan panas di sekitar MAX6675.

Agar mendapatkan nilai suhu pada termokopel, perubahan tegangan sebesar $41\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ dengan menggunakan pendekatan karakteristik bisa menggunakan rumus dibawah ini :

$$V_{OUT} = (41\mu\text{V}/^\circ\text{C}) 5 (T_R - T_{AMB}) \quad (2.5)$$

Dengan:

V_{OUT} = V keluaran termokopel (μV)

T_R = Suhu remote junction ($^\circ\text{C}$)

T_{AMB} = Suhu ambient ($^\circ\text{C}$)

4. **Liquid Crystal Display(LCD)**

Modul LCD Arduino Mega 2560 adalah modul LCD TFT 3,2 inci dengan resolusi 320x240 dan layar warna 65K. Ini menggunakan komunikasi port paralel garis 16-bit, dan IC driver memakai ILI9341. Modul

ini mencakup layar LCD TFT, *level-shifting* 5V/3.3V ke sirkuit, dapat langsung dicolokkan ke papan modul Arduino Mega 2560, juga mendukung kartu SD dan ekspansi fungsi SPI Flash.



Gambar 2. 4 Modul LCD Arduino Mega 2560

Tabel 2. 1 Spesifikasi singkat modul LCD Arduino Mega 2560

Warna Layar	RGB 65K color
SKU	240374PQ
Ukuran Layar	3.2Inch
Tipe	TFT
Driver IC	ILI9341
Resolusi	320x240Pixel
Antarmuka Modul	16-bit parallel interface
Lampu Latar	5 chip HighLight White LED
Suhu Operasi	-20°C to 70°C
Suhu Penyimpanan	-40°C to 70°C
Tegangan Operasi	3.3V/5V

Berikut beberapa fitur modul LCD Arduino Mega 2560, yaitu:

- a. LCD TFT layar warna 3,2 inci, mendukung tampilan warna RGB 65K 8-bit, menampilkan warna yang kaya
- b. Resolusi SD 320x240 untuk tampilan yang jelas
- c. Transmisi bus paralel 16-bit untuk kecepatan transfer cepat
- d. *ON-board 5V/3.3V level-shifting* IC kompatibel dengan tegangan operasi 5V/3.3V
- e. Mendukung Arduino Mega 2560 untuk penggunaan *plug-in* dengan menggunakan TFT Shield
- f. Menyediakan pustaka Arduino dan program sampel yang kaya
- g. Kartu Support SD dan ekstensi fungsi SPI Flash
- h. Standar proses kelas militer, pekerjaan stabil jangka panjang
- i. Memberikan dukungan teknis driver yang mendasarinya

Rangkaian perangkat keras modul LCD terdiri dari tiga bagian: sirkuit kontrol layar LCD, sirkuit *level-shifting*, sirkuit kontrol kartu SD.

- a. Rangkaian kontrol layar LCD untuk mengendalikan pin LCD, termasuk pin kontrol dan pin transfer data.
- b. Rangkaian *level-shifting* untuk konversi 5V/3.3V, membuat modul kompatibel dengan catu daya 3.3V/5V.
- c. Rangkaian kontrol kartu SD digunakan untuk ekspansi fungsi kartu SD, mengendalikan identifikasi kartu SD, *Read* dan *Write*.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat

1. Tempat

Peraancangan serta pengujian alat rancang bangun mikrokontroler Arduino Mega 2560 sebagai alat uji koefisien serap panas dilakukan di laboratorium Fisika UIN Walisongo Semarang. Pengerjaan pembentukan box uji dilakukan di kontrakan.

2. Waktu

Waktu perancangan, pengujian dan analisis secara umum dimulai dari Desember 2021 sampai Maret 2022. Dimulai dari persetujuan judul skripsi yang diberikan oleh pihak jurusan, perancangan dan pengambilan data, pengolahan data, hingga penyusunan laporan.

B. Alat dan Bahan Penelitian

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel 3.1, 3.2 dan 3.3

Tabel 3. 1 Daftar Alat

No.	Nama Alat	Merek	Keterangan
1	Laptop	Lenovo ThinkPad X230T	Digunakan untuk mendesain dan membuat program
2	Solder	908S 80W	Digunakan untuk mensolder komponen
3	Multimeter	Zoyi ZT102A	Digunakan untuk mengukur suhu, tegangan dan Arus
4	Termokopel	Zoyi ZT102A	Digunakan untuk pembandingan sensor
5	Penggaris	Stainless 30cm	Digunakan untuk mengukur bok uji
6	Gerinda	Modern	Digunakan untuk memotong bahan
7	Bor	Modern	Digunakan untuk membuat lubang
8	Obeng	Jakemy JM-8177	Digunakan untuk melepas pasang baut
9	Jangka Sorong	Vernier	Digunakan untuk mengukur bahan uji

Tabel 3. 2 Daftar Bahan

No.	Nama Bahan	Spesifikasi	Keterangan
1	Arduino IDE	1.8.19 ((Windows Store 1.8.57.0))	Digunakan untuk pemrograman Arduino Mega 2560
2	Baut	Spacer M6	Digunakan untuk penghubung box dan komponen
3	Kabel/Jumper	-	Digunakan untuk menghubungkan antar komponen
4	Timah	60/40	Digunakan untuk menghubungkan kabel dengan komponen
5	Bata Ringan	60x20x7,5 (cm)	Digunakan untuk membuat box uji
6	Semen Castable	-	Digunakan untuk menghubungkan bata ringan
7	Box Plastik	19x12x8 (cm)	Digunakan untuk tempat mikrokontroller dan LCD
8	Kaki Karet	-	Digunakan untuk kaki box uji
9	Aluminium Foil Tape	-	Digunakan untuk lapisan luar box uji

Tabel 3. 3 Daftar Komponen

No.	Nama Bahan	Spesifikasi	Keterangan
1	Mikrokontroler	Arduino Mega 2560 Rev 3	Sebagai pengontrol suhu dan LCD
2	Modul LCD	3.2" Arduino LCD TFT Shield	Sebagai Penampil suhu dan hasil komputasi
3	Sensor Suhu	Max6675 K-Type Termokopel TP-01	Sebagai pengukur suhu
4	Kompur Listrik	Max B500	Sebagai sumber panas
5	Power supply	-	Sebagai sumber daya

C. Metodologi Pelaksanaan Penelitian

Metodologi pelaksanaan penelitian dapat dilihat pada flowchart di bawah ini:

Penelitian “Rancang Bangun Mikrokontroler Arduino Mega 2560 sebagai Alat Uji Koefisien Serap Panas” ini melalui beberapa tahap penelitian, antara lain:

1. Studi Pustaka

Studi Pustaka bertujuan untuk memperoleh hasil yang sesuai dengan yang diharapkan. Rujukan dapat diperoleh melalui buku-buku, jurnal-jurnal maupun

komunitas yang berhubungan dengan Mikrokontroler, koefisien serap panas, perpindahan panas, dan suhu.

2. Perancangan Hardware

Perancangan hardware dimulai dari perencanaan alat dan bahan yang akan digunakan, desain dari alat uji, rancangan bentuk dan cara kerja masing-masing komponen yang digunakan dan desain elektriknya.

3. Perancangan Software

Perancangan software menggunakan pemrograman Arduino IDE dan penampilan data pada Modul LCD serta komputasi hasil pengukuran *Max6675 K-Type* Termokopel TP-01.

4. Pengujian dan Pengambilan Data

Pengujian terhadap komponen-komponen yang sangat penting seperti pengujian mikrokontroler Arduino Mega 2560 Rev 3, sensor *Max6675 K-Type* Termokopel TP-01, dan TFT Shield LCD. Pengujian ini sangat penting untuk mengetahui tingkat akurasi sensor dan kondisi komponen yang dipakai.

5. Analisis Data dan Pembuatan Laporan

Analisis data dilakukan terhadap data hasil pengujian yang diperoleh sebelumnya. Sehingga diharapkan mendapatkan data yang diharapkan dengan menganalisa masing-masing pengujian.

6. Penarikan Kesimpulan

Tahapan terakhir dalam penelitian yaitu menyajikan kesimpulan dari hasil pengujian dan analisa data yang diperoleh dalam penelitian.



Gambar 3. 1 Flowchart penelitian

D. Desain Alat Uji Koefisien Serap Panas

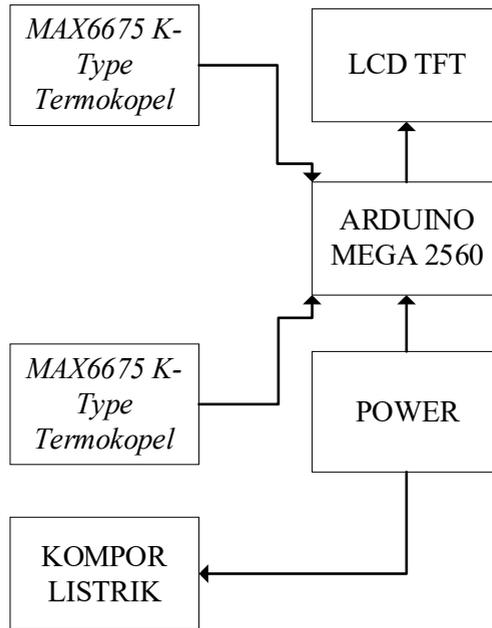
Desain alat, meliputi cara kerja alat uji koefisien serap panas dan cara pengambilan data. Alat uji koefisien serap panas yang dibuat merupakan alat uji koefisien

secara *real-time*, dimana untuk suhu dan koefisien serap panas dapat ditampilkan secara langsung pada layar LCD. Untuk mengukur suhu, digunakan sensor Max6675 *K-Type* Termokopel TP-01 yang outputnya akan secara otomatis diolah oleh mikrokontroler untuk menampilkan koefisien serap panas. Supaya mempermudah dalam melakukan pembahasan dan pembacaan dalam memahami kinerja rancangan alat, maka dapat dilihat pada Gambar 3.2.

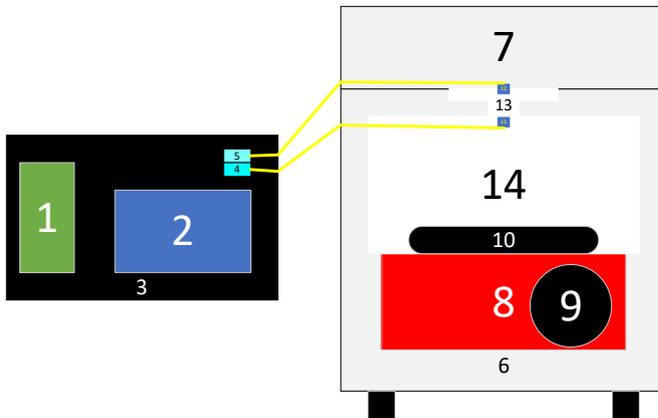
Berikut ini adalah langkah-langkah pengambilan data pada alat uji koefisien serap panas:

1. Sebelum mengoperasikan alat uji koefisien serap panas, pastikan alat dalam keadaan baik.
2. Hidupkan alat uji koefisien serap panas menggunakan steker ke stopkontak, agar Arduino Mega 2560 Rev 3 dan Kompor Listrik dapat bekerja sesuai dengan yang diharapkan.
3. Siapkan bahan yang akan di uji koefisien serap panasnya.
4. Masukkan bahan uji (sampel) ke tempat uji bahan.
5. Hidupkan kompor listrik dan atur ke suhu yang diinginkan.
6. Tunggu sambil amati perubahan suhu dan nilai koefisien serap panas yang ditampilkan.

7. Catat data yang tercantum dalam LCD.
8. Selesai



Gambar 3. 2 Skema Rancangan Hardware



Gambar 3. 3 Desain Alat Uji Koefisien Serap Panas

Nomor 3 merupakan bok untuk tempat komponen dimana nomor 1 merupakan lokasi mikrokontroller, nomor 2 merupakan lokasi modul LCD, sedangkan nomor 4 dan 5 merupakan lokasi modul max 6675. Nomor 6 merupakan bok uji dan nomor 7 merupakan tutup bok uji. Nomor 8, 9 dan 10 merupakan sumber pemanas dan pengatur suhu. Nomor 11 dan 12 merupakan lokasi sensor, sedangkan nomor 13 merupakan tempat sampel. Nomor 14 merupakan ruang kedap.

Koefisien serap bahan (α) dapat dihitung dengan persamaan $T = T_0 e^{-\alpha x}$ (3.1) dengan:

T = suhu setelah sampel ($^{\circ}\text{C}$)

T_0 = suhu sebelum sampel ($^{\circ}\text{C}$)

α = koefisien serap sampel (cm^{-1})

x = ketebalan sampel (cm)

Sampel yang digunakan untuk diuji pada alat uji koefisien serap panas adalah:

1. Eternit dengan ketebalan 0,374 cm
2. Triplek dengan ketebalan 0,310 cm

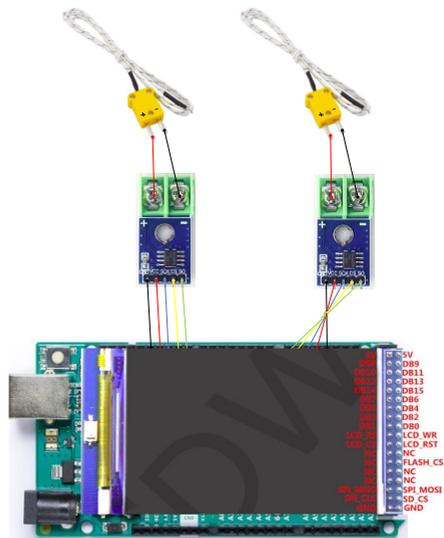
Adapun varian suhu sumber panas dari 60°C sampai 200°C.

E. Perancangan *Hardware*

Perancangan *hardware* dalam hal ini yang digunakan adalah sensor Max6675 *K-Type* Termokopel TP-01 yang mana port negatif Max6675 dihubungkan ke ground *K-Type* Termokopel TP-01 dan port positif Max6675 dihubungkan ke *K-Type* Termokopel TP-01. Max6675 memiliki 5 pin yang terdiri dari GND, VCC, SCK, CS, SO dimana 5 pin tersebut akan dihubungkan ke pin digital mikrokontroler Arduino Mega 2560.

Sistem pengujian koefisien serap panas menggunakan box dari bata ringan dengan panjang 20 cm, tinggi 26 cm, dan lebar 19 cm. Pemilihan bata ringan selain karena ketahanannya dalam suhu tinggi (1000°C dalam kurun waktu ± 4 jam berturut-turut), bata ringan juga memiliki harga ekonomis dan mudah dicari di toko bangunan.

Arduino Mega 2560 sebagai mikrokontroler untuk mengontrol suhu serta sebagai alat komputasi pada alat uji koefisien serap panas. Penghubungan Modul LCD dengan Arduino Mega 2560 menggunakan LCD Mega Shield untuk menampilkan hasil pengukuran Max6675 *K-Type* Termokopel TP-01 serta hasil komputasi dari mikrokontroler. Agar lebih jelasnya, rangkaian konfigurasi komponen dapat dilihat pada gambar 3.4.

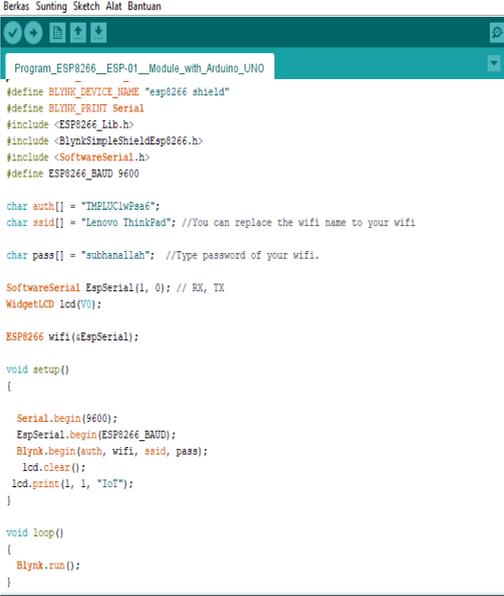


Gambar 3. 4 Rangkaian konfigurasi komponen

F. Perancangan *Software*

Perancangan *software* dilakukan dengan pembuatan *source code* yang meliputi pemrograman

mikrokontroler Arduino Mega 2560 Rev 3 yang dapat menjalankan fungsinya sebagai alat uji koefisien serap panas. *Source code* dalam Arduino IDE ini lebih dikenal dengan nama *sketch*. Di dalam setiap *sketch* memiliki dua fungsi penting yaitu “*void setup() {}*” dan “*void loop() {}*”. Pembuat *sketch* pada Arduino IDE ini sendiri dimulai dengan menginisialisasi pin-pin mana yang akan digunakan pada perangkat Arduino Mega 2560 Rev 3 serta penentuan librari yang akan digunakan dalam *sketch* yang sesuai dengan hardware. Berikut ini contoh *sketch* menggunakan Arduino IDE:



```

Berkas Sunting Sketch Alat Bantuan
Program_ESP8266__ESP-01__Module_wth_Arduino_UNO
#define BLYNK_DEVICE_NAME "esp8266 shield"
#define BLYNK_PRINT Serial
#include <ESP8266_Lib.h>
#include <BlynkSimpleShieldEsp8266.h>
#include <SoftwareSerial.h>
#define ESP8266_BAUD 9600

char auth[] = "TMELUC1wFsa6";
char ssid[] = "Lenovo ThinkPad"; //You can replace the wifi name to your wifi

char pass[] = "subhanallah"; //Type password of your wifi.

SoftwareSerial EspSerial(1, 0); // RX, TX
WidgetLCD lcd(70);

ESP8266 wifi(&EspSerial);

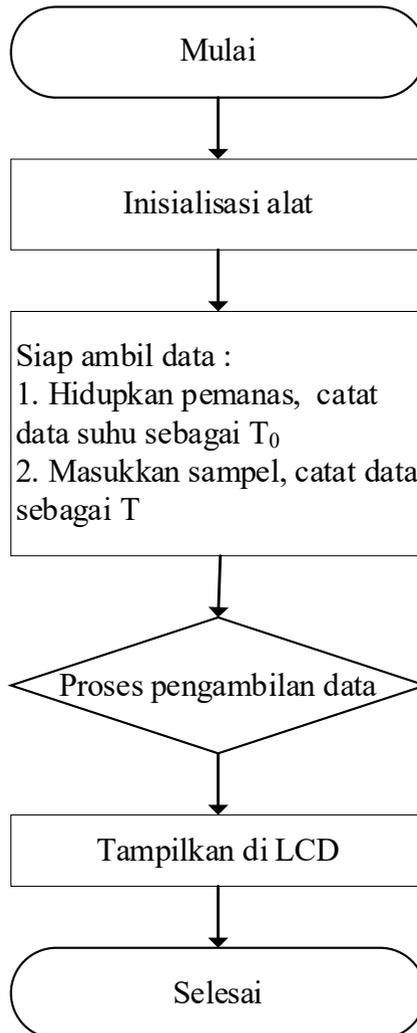
void setup()
{
    Serial.begin(9600);
    EspSerial.begin(ESP8266_BAUD);
    Blynk.begin(auth, wifi, ssid, pass);
    lcd.clear();
    lcd.print(1, 1, "IoT");
}

void loop()
{
    Blynk.run();
}

```

Gambar 3. 5 Contoh Sketch Arduino IDE

Dengan flowchart program Arduino Mega 2560 Rev 3 sebagai berikut:



Gambar 3. 6 Flowchart program Arduino Mega 2560 Rev 3

G. Metode Perancangan Pengujian

Metode perancangan pengujian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Pengujian Arduino Mega 2560 Rev 3

Pada pengujian Arduino Mega 2560 Rev 3 bertujuan untuk menguji mikrokontroler dengan memprogram LED yang ada pada pin 13 apakah berfungsi dengan baik atau tidak.

2. Perancangan Pengujian Sensor

Pengujian sensor Max6675 *K-Type* Termokopel TP-01 ini dengan cara kalibrasi. Uji kalibrasi sensor Max6675 *K-Type* Termokopel TP-01 untuk mengetahui kepresisian pada sensor suhu. Acuan pada pengukuran sensor suhu adalah termokopel Zoyi ZT102A, pengujian dilakukan 20 kali.

3. Pengujian Modul LCD

Pengujian Modul LCD ini bertujuan untuk mengetahui apakah LCD bekerja dengan baik atau tidak. Pengujian dilakukan dengan menyambungkan Modul LCD dengan Arduino Mega 2560 Rev 3 kemudian dicoba dengan pengkodean test warna dan penampil text pada modul LCD menggunakan Arduino IDE.

4. Pengujian Keseluruhan

Pengujian keseluruhan ini meliputi cara kerja alat uji koefisien serap panas secara keseluruhan. Pada pengujian ini, semua parameter yang telah di test dan terprogram akan disatukan dan akan diamati proses uji koefisien serap panas.

H. Spesifikasi Alat

Pada penelitian ini, Alat uji koefisien serap panas memiliki spesifikasi sebagai berikut :

1. Ukuran Box Alat Uji: Panjang 20 cm, lebar 19 cm, tinggi 26 cm
2. Ukuran Box mikrokontroller: Panjang 19 cm, lebar 12 cm, tinggi 8 cm.
3. Power supplay: Steker ke Stop kontak
4. Mikrokontroler: Arduino Mega 2560 Rev 3
5. Sensor: Max6675 *K-Type* Termokopel TP-01
6. Rentan Suhu: Dibawah 200°C
7. Sumber Panas: Kompor Listrik
8. Bahan Box Alat Uji: Bata Ringan dilapisi aluminium foil
9. Bahan Box mikrokontroller: plastik PVC
10. Sistem penghitung koefisien serap panas: otomatis
11. Max Penggunaan: ± 4 jam berturut-turut.
12. Bahasa Pemrograman : Bahasa C

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan diuraikan dan dijelaskan hasil analisa serta hasil pengujian dari penelitian tugas akhir yang telah dilaksanakan. Tujuan pengujian adalah untuk mengetahui kebenaran dari rangkaian dan mengetahui kondisi tiap komponen yang akan digunakan. Pengujian ini sangat vital, karena bila ada salah satu komponen yang tak bekerja dengan baik sesuai dengan fungsi dan tugasnya, dapat diketahui lebih awal sehingga lebih memudahkan dalam menganalisa masalah.

Hasil pengujian ini diharapkan dapat dijadikan sebagai rujukan dalam menganalisa rangkaian agar dapat mengetahui lebih pasti seandainya ditemukan adanya kesalahan dan kelemahan pada tiap-tiap komponen. Pengujian dilakukan meliputi *hardware* dan *software*. Diharapkan dari pengujian ini didapatkan sebuah sistem yang dapat menjalankan rancangan alat yang berjalan dengan baik dan optimal.

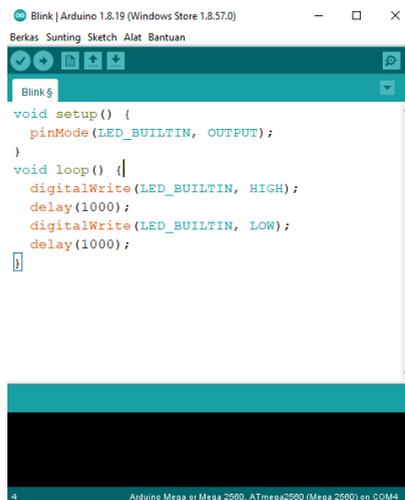
A. Uji Mikrokontroler Arduino Mega 2560

Pengujian sistem Arduino Mega 2560 Rev 3 dilakukan dengan memprogram *blink* lampu LED yang terintegrasi pada board Arduino Mega 2560 Rev 3 yang terhubung dengan pin 13 (digital pin). Pengujian sistem Arduino Mega 2560 Rev 3 bertujuan untuk memastikan

bahwa mikrokontroller yang digunakan dalam penelitian ini tidak dalam kondisi rusak. Sehingga program yang akan di *upload* pada mikrokontroller dapat bekerja seperti yang diharapkan.

Pengujian dilakukan dengan menghubungkan Arduino Mega 2560 Rev 3 ke laptop menggunakan komunikasi serial dengan menggunakan kabel USB board. Kemudian buka aplikasi Arduino IDE dan buka *sketch* yang telah dibuat dan akan di upload ke board Arduino, dilanjutkan dengan mengupload *sketch*.

Adapun bentuk program yang digunakan untuk menguji sistem Arduino Mega 2560 Rev 3 dapat dilihat pada gambar 4.1



```
Blink | Arduino 1.8.19 (Windows Store 1.8.57.0)
Berkas Sunting Sketch Alat Bantuan
Blink $
void setup() {
  pinMode(LED_BUILTIN, OUTPUT);
}
void loop() {
  digitalWrite(LED_BUILTIN, HIGH);
  delay(1000);
  digitalWrite(LED_BUILTIN, LOW);
  delay(1000);
}
4 Arduino Mega or Mega 2560, ATmega2560 (Mega 2560) on COM4
```

Gambar 4. 1 Sketch Uji Arduino Mega 2560 Rev 3



Gambar 4. 2 Hasil Uji Arduino Mega 2560 Rev 3

Pada gambar diatas dapat dianalisa bahwa pada bagian *void setup()* berfungsi untuk pengaturan awal program. Variabel awal diatur sebagai keluaran dengan perintah *pinMode (LED_BUILTIN, OUTPUT)*. Pada bagian program *void loop()* berfungsi untuk melakukan pengulangan program yang ada di dalamyan. Dengan memberikan perintah *digitalWrite (LED_BUILTIN, HIGH)* maka LED yang tersedia pada Arduino Mega 2560 Rev 3 akan menyala. Program *delay (1000)* setelah *digitalWrite (LED_BUILTIN, HIGH)* memberikan waktu pada LED yang tersedia pada Arduino Mega 2560 Rev 3 untuk menyala selama 1000 ms dan dilanjutkan program selanjutnya. Program berikutnya *digitalWrite (LED_BUILTIN, LOW)* maka LED yang tersedia pada Arduino Mega 2560 Rev 3 akan mati. Program *delay (1000)* setelah *digitalWrite*

(*LED_BUILTIN, LOW*) memberikan waktu pada LED yang tersedia pada Arduino Mega 2560 Rev 3 untuk mati selama 1000 ms dan akan diulang dari awal program *void loop()*.

B. Uji Sensor Suhu Max6675 K-Type Termokopel

Pengujian sensor suhu Max6675 K-Type Termokopel TP-01 dilakukan dengan menempatkan sensor yang akan digunakan dan sensor pembanding pada satu tempat yang sama dan berdekatan. Pengujian sensor suhu Max6675 K-Type Termokopel TP-01 bertujuan untuk mengetahui kepresisian sensor yang akan digunakan.

Pengujian dilakukan dengan menghubungkan kedua sensor suhu Max6675 K-Type Termokopel TP-01 ke Arduino Mega 2560 Rev 3. Kemudian hubungkan Arduino Mega 2560 Rev 3 ke laptop menggunakan komunikasi serial dengan menggunakan kabel USB board. Kemudian buka aplikasi Arduino IDE dan buka *sketch* yang akan di upload dilanjutkan dengan meng upload *sketch*. Taruh sensor yang akan digunakan dan sensor pembanding didalam sebuah tempat dengan harapan agar tidak adanya intervensi dari luar.

Adapun bentuk program yang digunakan untuk menguji sensor suhu Max6675 K-Type Termokopel TP-01 dapat dilihat pada gambar 4.3



```

Thermo_tst_17 [Arduino 1.8.19 (Windows Store 1.8.57.0)]
Berkas  Sunting  Sketch  Alat  Bantuan
Thermo_tst_17.g
#include <U8GFX.h>
#include <Max6675.h>
extern uint8_t BigFont[];
extern uint8_t SmallFont[];
extern uint8_t ComicSansMS_96[];
U8GFX myGLCD (U8G32WC, 38, 39, 40, 41);
int thermo01 = 0;
int thermoC1 = 9;
int thermoCLK1 = 10;
int thermo02 = 14;
int thermoC2 = 15;
int thermoCLK2 = 16;
float T;
float T0;
int vccpin = 11;
int vccpin1 = 17;
int gndpin1 = 18;
int gndpin12;
int vccpin2 = 20;
int gndpin2 = 21;
MAX6675 thermocouple1(thermoCLK1, thermoC1, thermo01);
MAX6675 thermocouple2(thermoCLK2, thermoC2, thermo02);

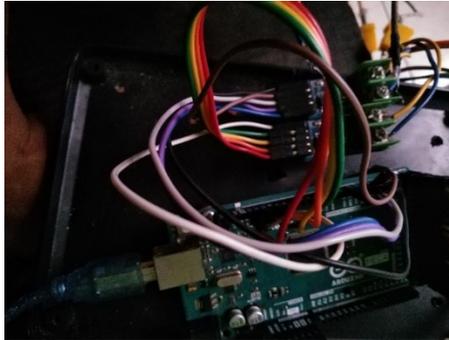
void setup() {
  // put your setup code here, to run once:
  Serial.begin(9600);
  pinMode(vccpin, OUTPUT); digitalWrite(vccpin, HIGH);
  pinMode(vccpin1, OUTPUT); digitalWrite(vccpin1, HIGH);
  pinMode(vccpin2, OUTPUT); digitalWrite(vccpin2, HIGH);
  pinMode(gndpin1, OUTPUT); digitalWrite(gndpin1, LOW);
  pinMode(gndpin12, OUTPUT); digitalWrite(gndpin12, LOW);
  pinMode(gndpin2, OUTPUT); digitalWrite(gndpin2, LOW);
  delay(500);

  myGLCD.InitLCD();
  myGLCD.clscr();
  myGLCD.setFont(BigFont);
  myGLCD.setTextColor(0, 0, 255);
  myGLCD.setBackgroundColor(0, 0, 0);
  myGLCD.setColor(0, 255, 0);
  myGLCD.setFont(BigFont);
  myGLCD.print("UJI SERAS PAMAS", RIGHT, 10);
  myGLCD.setTextColor(255, 255, 255);
  myGLCD.drawLine(0, 32, 399, 32);
  myGLCD.setColor(0, 255, 0);
  myGLCD.setFont(SmallFont);
  myGLCD.print("PHYSICS LABORATORY", RIGHT, 41);
  myGLCD.setTextColor(0, 0, 255);
  myGLCD.setFont(BigFont);
  myGLCD.print("T=", 175, 90);
  myGLCD.setTextColor(0, 0, 255);
  myGLCD.setFont(BigFont);
  myGLCD.print("T0=", 175, 130);
}

void loop() {
  T = (thermocouple1.readCelsius());
  T0 = (thermocouple2.readCelsius());
  myGLCD.setColor(0, 255, 0);
  myGLCD.setFont(BigFont);
  myGLCD.printNumF(T, 2, 235, 90);
  Serial.print("T=");
  Serial.println(T);
  myGLCD.setColor(0, 255, 0);
  myGLCD.setFont(BigFont);
  myGLCD.printNumF(T0, 2, 235, 130);
  Serial.print("T0=");
  Serial.println(T0);
}

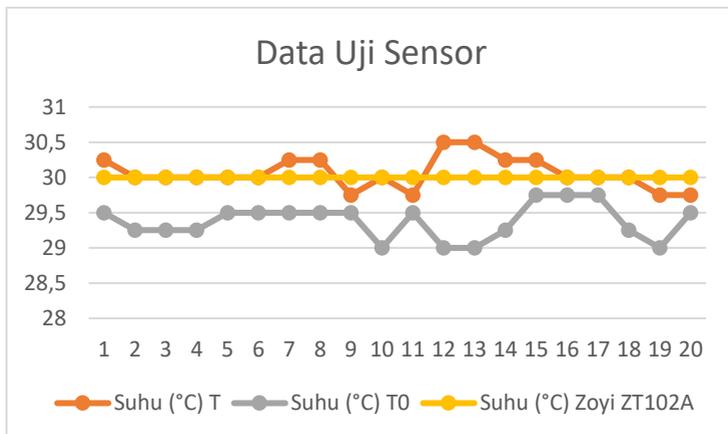
```

Gambar 4. 3 Sketch Uji Sensor Suhu K-Type Termokopel TP-01



Gambar 4. 4 Rangkaian Uji Sensor Suhu Termokopel TP-01

Hasil pengujian sensor Max6675 K-Type Termokopel TP-01 dengan sensor termokopel pada Zoyi ZT102A dapat dilihat pada grafik dibawah ini.



Gambar 4. 5 Data Uji sensor

Berdasarkan hasil pengamatan dan pengujian sensor suhu (Max6675 K-Type termokopel TP-01) yang dibandingkan dengan sensor suhu termokopel (Zoyi

ZT102A) didapatkan selisih suhu total sebesar 3,25°C untuk sensor pada T dan selisih suhu total sebesar - 12,50°C dengan pengambilan data sebanyak 20 kali. Untuk mendapatkan rata-rata nilai pengukuran sensor maka digunakan persamaan rata-rata.

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{n} \quad (4.1)$$

atau

$$\bar{x} = \frac{\text{Jumlah nilai}}{\text{Banyak data}} \quad (4.2)$$

Dengan persamaan 4.1 didapatkan rata-rata suhu T sebesar 30,063°C dan rata-rata suhu T₀ sebesar 29,375°C. Kemudian dicari nilai dari Standar Deviasi hasil pengukuran dengan menggunakan persamaan

$$std = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{x} - x_i)^2}{n-1}} \quad (4.3)$$

Dengan persamaan 4.3 tersebut didapat kan nilai standar deviasi pengukuran T sebesar 0,23°C dan T₀ sebesar 0,25°C. Setelah didapat kan nilai standar deviasi, dilanjutkan dengan mencari nilai kepresisian dengan persamaan

$$kv = \frac{std}{\bar{x}} \times 100\% \quad (4.4)$$

Dari persamaan 4.4 didapatkan nilai kepresisian T sebesar 0,75714384% dan T₀ sebesar 0,85106383%. Berdasarkan standar uji presisi dikatakan bahwa alat akan

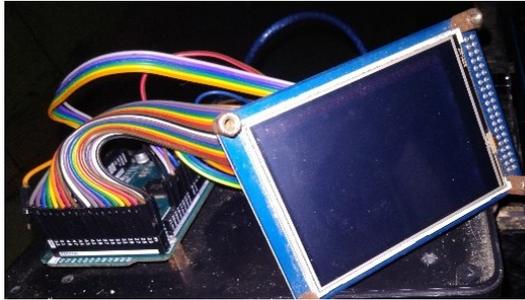
memiliki nilai presisi yang baik jika memiliki nilai presentase tidak lebih dari 2%.

C. Uji Modul LCD

Pengujian Modul LCD TFT *Shield* dilakukan dengan memasukkan program yang dibuat ke mikrokontroler. Pengujian modul LCD bertujuan untuk mengetahui apakah modul LCD dapat tekoneksi dengan Arduino Mega 2560 Rev3 dan dapat beroperasi dengan baik sesuai dengan tampilan yang dibuat dalam program dan dapat digunakan.

Pengujian dilakukan dengan menghubungkan Modul LCD TFT *Shield* Arduino Mega 2560 yang telah terpasang dengan Arduino Mega 2560 Rev3 ke laptop menggunakan komunikasi serial dengan menggunakan kabel USB board. Kemudian buka aplikasi Arduino IDE dan buka *sketch* yang akan di upload dilanjutkan dengan meng upload *sketch*.

Adapun bentuk program yang digunakan untuk menguji sensor suhu Max6675 K-Type Termokopel TP-01 serta hasil pengujian dapat dilihat pada lampiran 5.



Gambar 4. 6 Rangkaian Uji Modul LCD TFT Shield

Dari hasil terlampir, apabila modul LCD menampilkan tampilan yang sesuai dengan *sketch* yang telah dibuat dan di *upload* sebelumnya pada mikrokontroler Arduino Mega 2560 Rev3, maka dapat dianggap bahwa modul TFT LCD dapat berfungsi sebagaimana mestinya dan dapat digunakan dalam penelitian.ahan.

D. Hasil dan Pembahasan Uji Keseluruhan

Sebelum dilakukan uji atau pengambilan sampel uji koefisien serap panas, maka semua komponen yang telah disiapkan dan di uji dirakit ke dalam bok dan membuat tempat sampel uji koefisien serap panas yang terbuat dari bata ringan dan semen *castable* yang dibentuk sedemikian rupa menyerupai bok serta dilapisi dengan aluminium foil sehingga tidak ada panas yang keluar. Komponen elektronik tersebut terdiri dari dua buah sensor Max6675

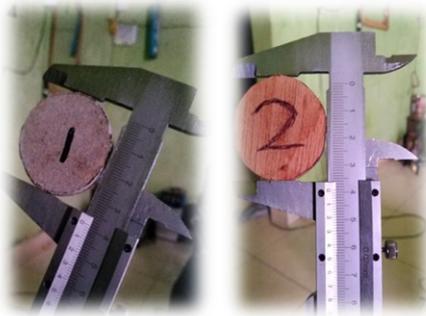
K-Type Termokopel TP-01, LCD TFT Shield, Arduino Mega 2560 Rev3, kabel penghubung, dan kompor listrik dengan derajat panas sampai 200°C sebagai sumber panas. Sedangkan untuk bok tempat sampel sudah dimodifikasi berbentuk lingkaran dengan diameter 4,07 cm dan tutup sampel.

Setelah semua rancangan dan komponen alat uji koefisien serap panas siap, maka kemudian masing-masing komponen kemudian dirangkai menjadi satu ke dalam bok yang terdiri dari bok uji dan bok mikrokontroller seperti gambar 4.7.



Gambar 4. 7 Alat uji koefisien serap panas

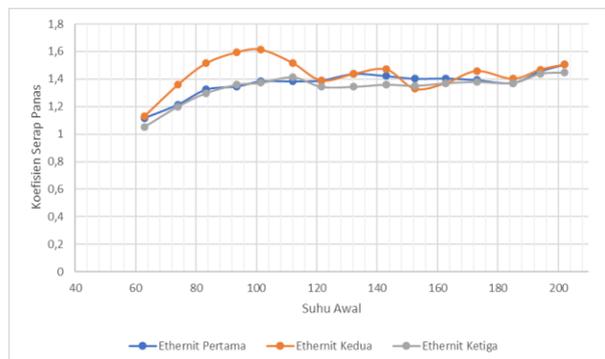
Adapun sampel yang digunakan untuk uji koefisien serap panas seperti pada gambar 4.8.



Gambar 4. 8 Sampel uji koefisien serap panas

Setelah semua komponen dirangkai sesuai gambar 4.7, kemudian dilakukan pengujian untuk mengetahui apakah alat uji koefisien serap panas ini dapat bekerja sesuai harapan. Adapun hasil uji koefisien serap panas didapat dari bahan triplek dan eternit.

Hasil dari uji keseluruhan dapat dilihat pada gambar 4.9 dan gambar 4.10



Gambar 4. 9 Hasil Uji Ethernit



Gambar 4. 10 Hasil Uji Triplek

Hasil perhitungan uji koefisien serap panas menggunakan persamaan $\alpha = \frac{\ln T_0 - \ln T}{x}$ kemudian dengan dimasukkan ke logaritma pemrograman pada mikrokontroller sehingga didapatkan nilai koefisien serap panas. Dengan T = Intensitas panas setelah sampel, T_0 = Intensitas panas sebelum sampel, x = Jarak sampel dan α = Koefisien serap bahan. Pengujian dilakukan dengan memasukkan sampel uji kedalam bok satu per satu dan disesuaikan suhu seperti yang di inginkan. Sampel yang digunakan merupakan bahan jadi yang sudah ada dan siap uji serta bisa ditemui di hampir setiap toko bangunan.

Dari hasil data pengamatan dan komputasi untuk alat uji koefisien serap panas yang dilakukan pada beberapa sampel dengan variasi suhu dari 60 °C -200 °C sebanyak tiga kali untuk masing-masing jenis bahan.

Didapatkan hasil nilai α yang tidak lebih dari satu saat suhu pada sumber pemanas dinaikkan. Berdasarkan nilai koefisien serap panas di atas dapat dilihat bahwa bahan yang memiliki nilai koefisien serap tertinggi yaitu, eternit. Sedangkan untuk bahan yang mempunyai nilai koefisien serap terendah yaitu, triplek. Semakin tinggi nilai α maka semakin baik penyerap panas bahan tersebut (Sudarmanto, 2019). Bahan Pada pengujian eternit didapatkan rata-rata prosentase nilai ketelitian T sebesar 96,86%. Pada pengujian triplek didapatkan nilai rata-rata prosentase ketelitian T sebesar 92,44%.

Jika diamati secara keseluruhan, besar dan kecilnya nilai koefisien serap panas pada data tidak sesuai dengan intensitas kenaikan suhu atau bisa dikatakan bahwa nilai koefisien serap panas tidak ada hubungannya dengan kenaikan intensitas panas. Hal tersebut kemungkinan dipengaruhi oleh jenis bahan yang digunakan dan juga faktor-faktor seperti, tempat uji bahan yang belum memadai, tidak tertutupnya keseluruhan tempat uji dan faktor seperti sumber panas yang tidak dapat konsisten maupun proses kalibrasi yang kurang baik. Pengaruh suhu dari luar juga dapat mempengaruhi proses pengambilan karena sensor Termokopel TP-01 yang sangat sensitif dengan suhu sekitar.

Hal ini dikarenakan jika Intensitas panas rendah, maka bahan yang diuji masih bisa menyerap sebagian besar panas, tetapi pada saat intensitas suhu tinggi, maka bahan yang diuji hanya mampu menyerap sebagian panas dan sebagiannya lagi ditransmisikan melewati material. Pada umumnya bahan yang memiliki pori akan menyerap energi panas yang lebih besar dibandingkan jenis bahan lainnya. Hal ini sesuai dengan teori, jika suatu bahan semakin solid dan pori-pori bahan tersebut rapat, maka bisa dikatakan bahwa bahan tersebut mampu menyerap panas dengan baik (Sudarmanto, 2019). Material penyusun bahan tersebut juga mempengaruhi nilai koefisien serap panas. Dari hasil pengamatan pada beberapa bahan didapatkan hasil bahwa nilai koefisien serap panas dipengaruhi oleh material penyusun bahan tersebut dan ketebalan bahan tersebut. Densitas dan porositas dari bahan juga mempengaruhi nilai koefisien serap panas.

Dari hasil pengamatan uji koefisien serap panas yang peneliti buat, dapat dikatakan sudah dapat bekerja dengan baik. Alat uji koefisien serap panas masih dapat disempurnakan dan ditingkatkan pada beberapa bagian.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah peneliti lakukan maka dapat diambil kesimpulan, yaitu:

1. Rancang bangun mikrokontroler arduino mega 2560 sebagai alat uji koefisien serap panas menggunakan arduino mega 2560 rev3 sebagai mikrokontroler dan sensor max6675 termokopel *K-Type* TP-01 sebagai sensornya.
2. Uji koefisien serap panas dilakukan dengan memasukkan bahan uji ke bok uji dengan ukuran sampel yang memiliki diameter tidak lebih dari 47,7mm dan ketebalan tidak lebih dari 25 mm.
3. Nilai akurasi pengukuran pada Eternit lebih akurat dibandingkan triplek, hal ini dapat disebabkan oleh tempat uji bahan yang kurang memadai, sensor yang terlalu sensitif dan kalibrasi yang kurang baik. Alat uji koefisien serap panas dapat bekerja dengan baik walaupun masih ada yang perlu disempurnakan dalam beberapa bagian.

B. Saran

Saran agar penelitian yang telah dilakukan supaya menjadi lebih baik pada pengembangan selanjutnya sebagai berikut:

1. Sistem ini dapat dikembangkan dengan pengkalibrasian kembali sensor termokopel dengan metode serta alat pembanding yang lebih baik.
2. Sistem ini dapat dikembangkan lebih lanjut dengan menggunakan tipe sensor Termokopel yang lebih baik agar data yang didapat lebih akurat.
3. Sistem ini dapat dikembangkan pada bagian bok uji untuk ditambahkan lempengan besi pada bagian luar bok.
4. Sistem ini dapat dikembangkan pada bagian sumber panas menggunakan sistem pemanas yang ada di *air fryer*.
5. Sistem ini dapat dikembangkan dengan membuat data dapat dikirimkan dan disimpan ke *cloud*.

DAFTAR PUSTAKA

- Anderson S. dan Nikson S. 2015. *Perancangan, Pembuatan dan Pengaturan Temperatur Pemanas Alat Uji Konduktivitas Termal*. Poli Rekayasa. 11(1): 60-69.
- Astuti, I.A.D. 2015. *Penentuan Konduktivitas Termal Logam Tembaga, Kuningan, dan Besi dengan Metode Gandengan*. Prosiding SNFPF. 6(1): 30-34.
- Dharmajati, E.S. dan Rahmawati, E. 2017. *Penentuan Konduktivitas Termal Logam Menggunakan Kit Percobaan Berbasis Mikrokontroler*. Jurnal IFI 06(03): 73-77
- Holman, J.P. 2010. *Heat Transfer, 10th Edition*. McGraw-Hill : New York
- Jayanti, T.A.D., Sudarmanto, A. & Faqih, M.I. 2019. *Cold Smoking Equipment Design Of Smoked Fish Products With Closed Circulation Using Temperature And Concentration Monitoring System Based On Arduino Uno*. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering
- Kreith, F., Manglik, R.M. & Bohn, M.S. 2011. *Principles of Heat Transfer, 7th Edition*. Cengage Learning, Inc.: Stamford
- Laraswati, D.A. 2018. *Rancang Bangun Kit Percobaan Konduktivitas Termal Berbasis Mikrokontroler*. Jurnal IFI 07(03): 6-10

- Noviyanti, M. dan Hufri. 2020. *Rancang Bangun Eksperimen Kalorimeter Digital dengan Pengindera Sensor Termokopel dan Sensor Load Cell Berbasis Arduino Uno*. Pillar of Physics. Vol.13 hal.34-41
- Nurhalim, I. 2011. *Rancang Bangun dan Pengujian Unjuk Kerja Alat Penukar Kalor Tipe Serpentine Pada Split Air Conditioning Water Heater*. Skripsi. Jakarta: Fakultas Teknik Universitas Indonesia
- Okzama, R. dan K, Arwizet. 2019. *Pembuatan dan Pengujian Alat Uji Konduktivitas Termal Bahan*. Ranah Research. Vol.1 Issue 4 hal.906-913
- Pratama, A.D. 2017. *Penentuan Nilai Koefisien Konduktivitas Termal Pada Beberapa Jenis Kayu Menggunakan Sensor Suhu dan Logger Pro*. Skripsi. Yogyakarta: Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Sanata Dharma
- Prihatmoko, D. 2016. *Perancangan dan Implementasi Pengontrol Suhu Ruangan Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno*. Jurnal SIMETRIS. 7(1): 117-122
- Rachmawati, V. dan Kamiran. 2015. *Simulasi Perpindahan Panas pada Lapisan Tengah Pelat Menggunakan Metode Elemen Hingga*. Jurnal Sains dan Seni ITS. 4(2): A13-A18
- Saputra, M.A. dkk. 2014. *Konstruksi dan Kalibrasi Termokopel*

Tipe K. SNTMUT

- Sari, D.P. dkk. 2018. *Kendali Suhu Air dengan Sensor Termokopel Tipe-K pada Simulator Sistem Pengisian Botol Otomatis*. Jurnal Ampere. 3(1): 128-134
- Sudarmanto, A. 2019. *Rancang Bangun Alat Uji Akustik dan Uji Termal Menggunakan Mikrokontroler AT89S51*. LPI. Semarang: UIN Walisongo Semarang
- Syukri, R. dan K, Arwizet. 2019. *Perencanaan Alat Uji Konduktivitas Termal Bahan*. Ranah Research Vol.1 Issue 4 hal.921-927
- Wahyudi, N.T. dkk. *Rancangan Alat Distilasi untuk Menghasilkan Kondensat Dengan Metode Distilasi Satu Tingkat*. Jurnal Chemurgy. 01(2): 30-33
- Wendri, N. dan Supardi, I.W. 2015. *Mengukur Temperatur Otomatis Menggunakan Termokopel Berbasis Mikrokontroler*. KTI. Bali: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Udayana
- Wirantana, M. 2011. *Rancang Bangun Alat Ukur Konduktivitas Termal Bahan Logam Berbasis Mikrokontroler*. Skripsi. Bandung: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Pendidikan Indonesia

LAMPIRAN*Lampiran 1 Datasheet Sensor MAX6675 Termokopel TP-01***TYPE K****TEMPERATURE PROBE**

Model : TP-01, TP-02A, TP-03, TP-04 *ISO-9001, CE, IEC1010*

**TP-01****TP-02A****TP-03****TP-04**

TYPE K TEMPERATURE PROBE

Model : TP-01, TP-02A, TP-03, TP-04

<i>Type K PROBE Model</i>	<i>Measurement Range</i>	<i>Accuracy</i>
(Type K) TP-01	* Max. short-term operating Temperature: 300 °C (572 °F). * It is an ultra fast response naked-bead thermocouple suitable for many general purpose application.	± 0.4 %
Thermocouple Probe (Type K), TP-02A	* Measure Range: -50 °C to 900 °C, -50 °F to 1650 °F. * Dimension: 10cm tube, 3.2mm Dia.	± 0.75 %
Thermocouple Probe (Type K), TP-03	* Measure Range: -50 °C to 1200 °C, -50 °F to 2200 °F. * Dimension: 10cm tube, 8mm Dia.	± 0.4 %
Surface Probe (Type K), TP-04	* Measure Range: -50 °C to 400 °C, -50 °F to 752 °F. * Size : Temp. sensing head - 15 mm Dia. Probe length - 120 mm.	± (0.75 % +0.5 °C)

* Appearance and specifications listed in this brochure are subject to change without notice. 0007-TP-01, TP-02A, TP-03, TP-04

General Description

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

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

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

Features

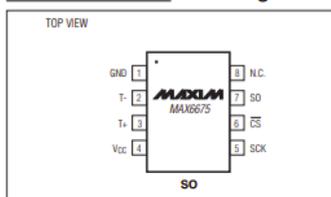
- ◆ Direct Digital Conversion of Type-K Thermocouple Output
- ◆ Cold-Junction Compensation
- ◆ Simple SPI-Compatible Serial Interface
- ◆ 12-Bit, 0.25°C Resolution
- ◆ Open Thermocouple Detection

Ordering Information

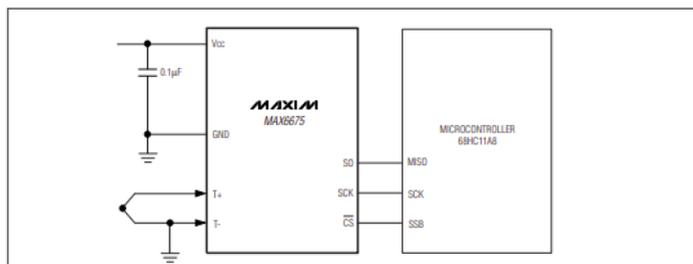
PART	TEMP RANGE	PIN-PACKAGE
MAX6675ISA	-20°C to +85°C	8 SO

Applications

Industrial
Appliances
HVAC
Automotive

Pin Configuration

SPI is a trademark of Motorola, Inc.

Typical Application Circuit

MAX6675

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Supply Voltage (V _{CC} to GND)	-0.3V to +6V	Storage Temperature Range	-65°C to +150°C
SO, SCK, CS, T ₊ , 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 (60s)	+215°C
Continuous Power Dissipation (T _A = +70°C)		Infrared (15s)	+220°C
8-Pin SO (derate 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.

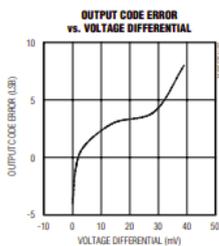
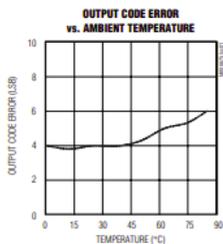
ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(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)

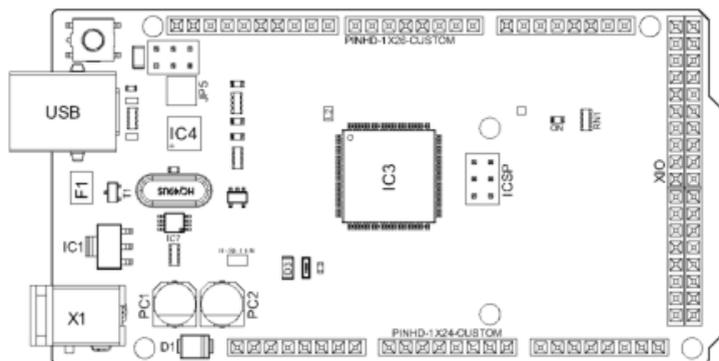
PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Temperature Error		T _{THERMOCOUPLE} = +700°C, T _A = +25°C (Note 2)	V _{CC} = +3.3V	-5	+5	LSB
			V _{CC} = +5V	-6	+6	
		T _{THERMOCOUPLE} = 0°C to +700°C, T _A = +25°C (Note 2)	V _{CC} = +3.3V	-8	+8	
			V _{CC} = +5V	-9	+9	
Thermocouple Conversion Constant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

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

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

Note 1: All specifications are 100% tested at T_A = +25°C. Specification limits over temperature (T_A = T_{MIN} to T_{MAX}) are guaranteed by design and characterization, not production tested.**Note 2:** Guaranteed by design. Not production tested.**Typical Operating Characteristics**(V_{CC} = +3.3V, T_A = +25°C, unless otherwise noted.)

Lampiran 2 Datasheet Mikrokontroler Arduino Mega 2560 Rev 3



Arduino MEGA Top View

Ref.	Description	Ref.	Description
USB	USB B Connector	F1	Chip Capacitor
IC1	5V Linear Regulator	X1	Power Jack Connector
JP5	Plated Holes	IC4	ATmega16U2 chip
PC1	Electrolytic Aluminum Capacitor	PC2	Electrolytic Aluminum Capacitor
D1	General Purpose Rectifier	D3	General Purpose Diode
L2	Fixed Inductor	IC3	ATmega2560 chip
ICSP	Connector Header	ON	Green LED
RN1	Resistor Array	XIO	Connector

2.1 Recommended Operating Conditions

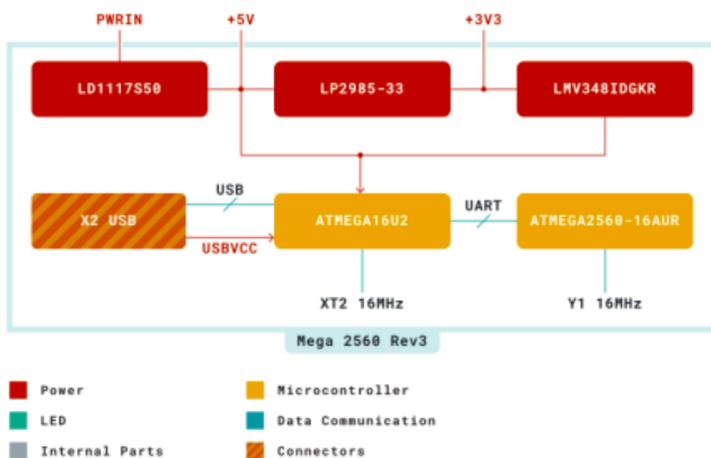
Symbol	Description	Min	Max
	Conservative thermal limits for the whole board:	-40 °C	85 °C

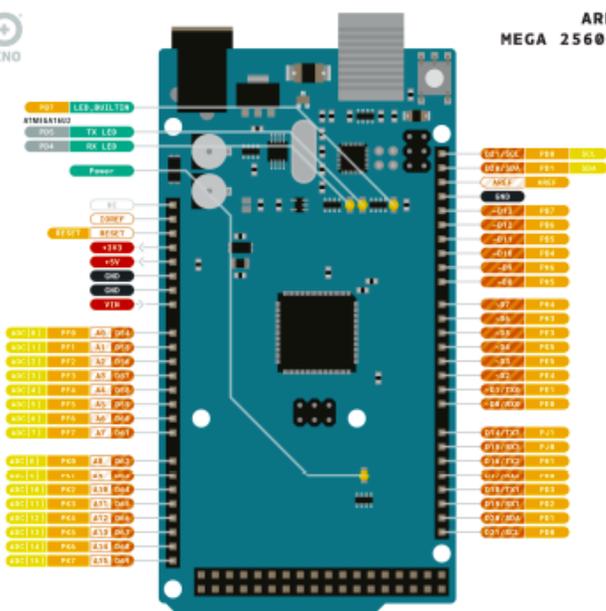
2.2 Power Consumption

Symbol	Description	Min	Typ	Max	Unit
PWRIN	Input supply from power jack		TBC		mW
USB VCC	Input supply from USB		TBC		mW
VIN	Input from VIN pad		TBC		mW

3 Functional Overview

3.1 Block Diagram




**ARDUINO
MEGA 2560 REV3**


ARDUINO.CC



This work is licensed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike license. To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/> or send a letter to Creative Commons, PO Box 100, San Francisco, CA 94114, USA.

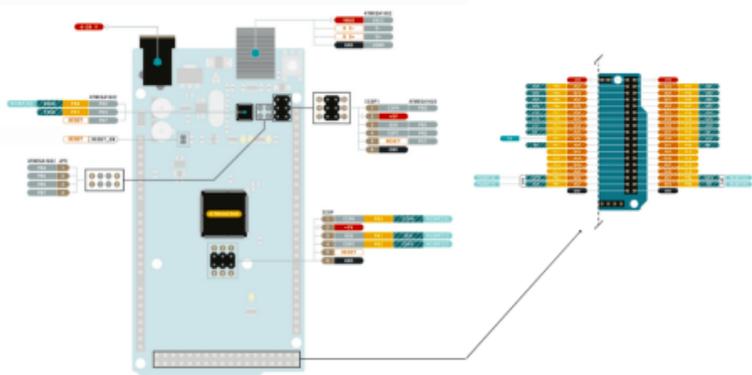
5.1 Analog

Pin	Function	Type	Description
1	NC	NC	Not Connected
2	IOREF	IDREF	Reference for digital logic V - connected to 5V
3	Reset	Reset	Reset
4	+3V3	Power	+3V3 Power Rail
5	+5V	Power	+5V Power Rail
6	GND	Power	Ground
7	GND	Power	Ground
8	VIN	Power	Voltage Input
9	A0	Analog	Analog input 0 /GPIO
10	A1	Analog	Analog input 1 /GPIO
11	A2	Analog	Analog input 2 /GPIO
12	A3	Analog	Analog input 3 /GPIO
13	A4	Analog	Analog input 4 /GPIO
14	A5	Analog	Analog input 5 /GPIO
15	A6	Analog	Analog input 6 /GPIO
16	A7	Analog	Analog input 7 /GPIO
17	A8	Analog	Analog input 8 /GPIO
18	A9	Analog	Analog input 9 /GPIO
19	A10	Analog	Analog input 10 /GPIO
20	A11	Analog	Analog input 11 /GPIO
21	A12	Analog	Analog input 12 /GPIO
22	A13	Analog	Analog input 13 /GPIO
23	A14	Analog	Analog input 14 /GPIO
24	A15	Analog	Analog input 15 /GPIO

5.2 Digital

Pin	Function	Type	Description
1	D21/SCL	Digital Input/I2C	Digital input 21/I2C Dataline
2	D20/SDA	Digital Input/I2C	Digital input 20/I2C Dataline
3	AREF	Digital	Analog Reference Voltage
4	GND	Power	Ground
5	D13	Digital/GPIO	Digital input 13/GPIO
6	D12	Digital/GPIO	Digital input 12/GPIO
7	D11	Digital/GPIO	Digital input 11/GPIO
8	D10	Digital/GPIO	Digital input 10/GPIO
9	D9	Digital/GPIO	Digital input 9/GPIO
10	D8	Digital/GPIO	Digital input 8/GPIO
11	D7	Digital/GPIO	Digital input 7/GPIO
12	D6	Digital/GPIO	Digital input 6/GPIO
13	D5	Digital/GPIO	Digital input 5/GPIO
14	D4	Digital/GPIO	Digital input 4/GPIO

Pin	Function	Type	Description
15	D3	Digital/GPIO	Digital input 3/GPIO
16	D2	Digital/GPIO	Digital input 2/GPIO
17	D1/TX0	Digital/GPIO	Digital input 1 /GPIO
18	D0/Tx1	Digital/GPIO	Digital input 0 /GPIO
19	D14	Digital/GPIO	Digital input 14 /GPIO
20	D15	Digital/GPIO	Digital input 15 /GPIO
21	D16	Digital/GPIO	Digital input 16 /GPIO
22	D17	Digital/GPIO	Digital input 17 /GPIO
23	D18	Digital/GPIO	Digital input 18 /GPIO
24	D19	Digital/GPIO	Digital input 19 /GPIO
25	D20	Digital/GPIO	Digital input 20 /GPIO
26	D21	Digital/GPIO	Digital input 21 /GPIO



Lampiran 3 Datasheet LCD Shield Arduino Mega 2560

Specification:

- 240x240
- 65k color
- 320x240
- 3.2 inch
- Wide viewing angle
- SSD1280 240 RGB x 320 TFT Driver
- Integrated Power, Data and Science Driver With RAM
- ADS7843 4-WIRE TOUCH, UP TO 128Hz CONVERSION RATE, SERIAL INTERFACE

For mega2560

LCD and Shield pinouts:

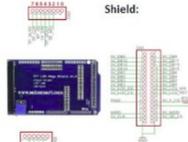
LCD:



Pin Descriptions:

Pin(s)	Description
LCD_VCC	+5V supply
GND	LCD ground bus
LED+	LCD backlight supply
DB0-DB15	LCD 16-bit parallel data interface
LCD_RS, LCD_WR, LCD_RD, LCD_CS, LCD_RST	LCD data flow control lines
TP_CLK, TP_CS, TP_DIN, TP_BUSY, TP_DOUT, TP_IRQ	Touch Panel data flow control lines
SD_CS, MISO, CLK, MOSI	SD card slot data control lines (SPI)

Shield:



Note: The F_CS pins are NOT used, as the 3.2" LCD does not come with the flash chip. All unlabeled pins are NC (not connected)

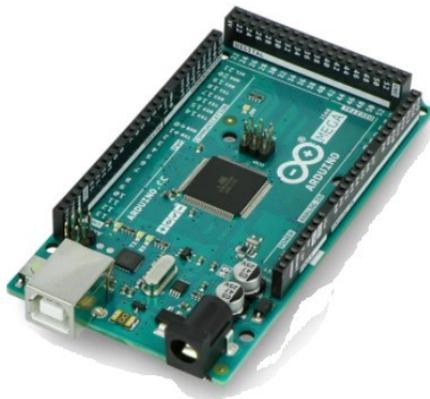
sainLABS

Pin(s)- Arduino pin in ()	Description
+5V (5.0V), +5V (5V)	+5.0V and +5V supply
GND (5.0V)	LCD ground bus
LED+ (5.0V)	LCD backlight supply
DB0-DB15 (2.0V, 2.0V, 2.0V, 2.0V)	LCD 16-bit parallel data interface
LCD_RS (2.0V), LCD_WR (2.0V), LCD_RD (2.0V), LCD_CS (2.0V), LCD_RST (2.0V)	LCD data flow control lines
TP_CLK (2.0V), TP_CS (2.0V), TP_DIN (2.0V), TP_BUSY (2.0V), TP_DOUT (2.0V), TP_IRQ (2.0V)	Touch Panel data flow control lines
SD_CS (2.0V), MISO (2.0V), CLK (2.0V), MOSI (2.0V)	SD card slot data control lines (SPI)

Lampiran 4 Alat dan Bahan



LCD TFT Shield



Arduino Mega 2560 Rev3



Max6675 TP-01



Kompor listrik



Gerinda



Batako



Bor



Zoyi ZT-102A

Lampiran 5 Pengujian Sensor Max6675 Termokopel TP-01



Lampiran 6 Pengujian Modul LCD



```

UTF8_Demo_400x240 | Arduino 1.8.19 (Windows Store 1.8.57.0)
Berkas Sunting Sketch Alat Bantuan
UTF8_Demo_400x240.g
#include <UTFT.h>
extern uint8_t SmallFont[];
UTFT myGLCD(ITDB32WC, 38, 39, 40, 41);

void setup()
{
  randomSeed(analogRead(0));

  // Setup the LCD
  myGLCD.initLCD();
  myGLCD.setFont(SmallFont);
}

void loop()
{
  int buf[390];
  int x, x2;
  int y, y2;
  int r;

```

Sketch Library Modul LCD TFT Shield

```

myGLCD.clrScr();

myGLCD.setColor(255, 0, 0);
myGLCD.fillRect(0, 0, 399, 13);
myGLCD.setColor(64, 64, 64);
myGLCD.fillRect(0, 226, 399, 239);
myGLCD.setColor(0, 0, 255);
myGLCD.drawRect(0, 14, 399, 225);

```

Sketch Gambar Frame Modul LCD TFT Shield

```

myGLCD.setColor(0, 0, 255);
myGLCD.setBackgroundColor(0, 0, 0);
myGLCD.drawLine(199, 15, 199, 224);
myGLCD.drawLine(1, 119, 398, 119);
for (int i=9; i<390; i+=10)
  myGLCD.drawLine(i, 117, i, 121);
for (int i=19; i<220; i+=10)
  myGLCD.drawLine(197, i, 201, i);

```

Sketch Gambar Crosshair Modul LCD TFT Shield

```

myGLCD.setColor(0,255,255);
myGLCD.print("Sin", 5, 15);
for (int i=1; i<398; i++)
{
    myGLCD.drawPixel(i,119+(sin(((i*0.9)*3.14)/180)*95));
}

myGLCD.setColor(255,0,0);
myGLCD.print("Cos", 5, 27);
for (int i=1; i<398; i++)
{
    myGLCD.drawPixel(i,119+(cos(((i*0.9)*3.14)/180)*95));
}

myGLCD.setColor(255,255,0);
myGLCD.print("Tan", 5, 39);
for (int i=1; i<398; i++)
{
    y=119+(tan(((i*0.9)*3.14)/180));
    if ((y>15) && (y<224))
        myGLCD.drawPixel(i,y);
}

myGLCD.setColor(0,0,0);
myGLCD.fillRect(1,15,398,224);
myGLCD.setColor(0, 0, 255);
myGLCD.setBackColor(0, 0, 0);
myGLCD.drawLine(199, 15, 199, 224);
myGLCD.drawLine(1, 119, 398, 119);

```

Sketch Gambar Garis Sin, Cos, dan Tan Modul LCD TFT Shield

```

x=1;
for (int i=1; i<(398*20); i++)
{
    x++;
    if (x==399)
        x=1;
    if (i>399)
    {
        if ((x==199) || (buf[x-1]==119))
            myGLCD.setColor(0,0,255);
        else
            myGLCD.setColor(0,0,0);
        myGLCD.drawPixel(x,buf[x-1]);
    }

    myGLCD.setColor(0,255,255);
    y=119+(sin(((i)*3.14)/180)*(90-(i / 100)));
    myGLCD.drawPixel(x,y);
    buf[x-1]=y;
}

delay(2000);

myGLCD.setColor(0,0,0);
myGLCD.fillRect(1,15,398,224);

```

Sketch Gambar Gelombang Sinus Modul LCD TFT Shield

```

for (int i=1; i<6; i++)
{
  switch (i)
  {
    case 1:
      myGLCD.setColor(255,0,255);
      break;
    case 2:
      myGLCD.setColor(255,0,0);
      break;
    case 3:
      myGLCD.setColor(0,255,0);
      break;
    case 4:
      myGLCD.setColor(0,0,255);
      break;
    case 5:
      myGLCD.setColor(255,255,0);
      break;
  }
  myGLCD.fillRect(110+(i*20), 30+(i*20), 170+(i*20), 90+(i*20));
}

delay(2000);

myGLCD.setColor(0,0,0);
myGLCD.fillRect(1,15,398,224);

```

Sketch Gambar Filled Rectangle Modul LCD TFT Shield

```

for (int i=1; i<6; i++)
{
  switch (i)
  {
    case 1:
      myGLCD.setColor(255,0,255);
      break;
    case 2:
      myGLCD.setColor(255,0,0);
      break;
    case 3:
      myGLCD.setColor(0,255,0);
      break;
    case 4:
      myGLCD.setColor(0,0,255);
      break;
    case 5:
      myGLCD.setColor(255,255,0);
      break;
  }
  myGLCD.fillRoundRect(230-(i*20), 30+(i*20), 290-(i*20), 90+(i*20));
}

delay(2000);

myGLCD.setColor(0,0,0);
myGLCD.fillRect(1,15,398,224);

```

Sketch Gambar Filled Rounded Rectangle Modul LCD TFT Shield

```

for (int i=1; i<6; i++)
{
  switch (i)
  {
    case 1:
      myGLCD.setColor(255,0,255);
      break;
    case 2:
      myGLCD.setColor(255,0,0);
      break;
    case 3:
      myGLCD.setColor(0,255,0);
      break;
    case 4:
      myGLCD.setColor(0,0,255);
      break;
    case 5:
      myGLCD.setColor(255,255,0);
      break;
  }
  myGLCD.fillCircle(110+(i*30),60+(i*20), 30);
}

delay(2000);

myGLCD.setColor(0,0,0);
myGLCD.fillRect(1,15,398,224);

```

Sketch Gambar Filled Circle Modul LCD TFT Shield

```

myGLCD.setColor (255,0,0);
for (int i=15; i<224; i+=5)
{
  myGLCD.drawLine(1, i, (i*1.77)-10, 224);
}
myGLCD.setColor (255,0,0);
for (int i=224; i>15; i-=5)
{
  myGLCD.drawLine(398, i, (i*1.77)-11, 15);
}
myGLCD.setColor (0,255,255);
for (int i=224; i>15; i-=5)
{
  myGLCD.drawLine(1, i, 411-(i*1.77), 15);
}
myGLCD.setColor (0,255,255);
for (int i=15; i<224; i+=5)
{
  myGLCD.drawLine(398, i, 410-(i*1.77), 224);
}

delay(2000);

myGLCD.setColor(0,0,0);
myGLCD.fillRect(1,15,398,224);

```

Sketch Gambar line in a Pattern Modul LCD TFT Shield

```

for (int i=0; i<100; i++)
{
  myGLCD.setColor(random(255), random(255), random(255));
  x=32+random(336);
  y=45+random(146);
  r=random(30);
  myGLCD.drawCircle(x, y, r);
}

delay(2000);

myGLCD.setColor(0,0,0);
myGLCD.fillRect(1,15,398,224);

```

Sketch Gambar Random Circle Modul LCD TFT Shield

```

for (int i=0; i<100; i++)
{
  myGLCD.setColor(random(255), random(255), random(255));
  x=2+random(396);
  y=16+random(207);
  x2=2+random(396);
  y2=16+random(207);
  myGLCD.drawRect(x, y, x2, y2);
}

delay(2000);

myGLCD.setColor(0,0,0);
myGLCD.fillRect(1,15,398,224);

```

Sketch Gambar Random Rectangle Modul LCD TFT Shield

```

for (int i=0; i<100; i++)
{
  myGLCD.setColor(random(255), random(255), random(255));
  x=2+random(396);
  y=16+random(207);
  x2=2+random(396);
  y2=16+random(207);
  myGLCD.drawRoundRect(x, y, x2, y2);
}

delay(2000);

myGLCD.setColor(0,0,0);
myGLCD.fillRect(1,15,398,224);

```

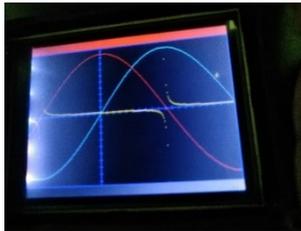
Sketch Gambar Random Rounded Rectangle Modul LCD TFT Shield

```
for (int i=0; i<100; i++)
{
  myGLCD.setColor(random(255), random(255), random(255));
  x=2+random(396);
  y=16+random(209);
  x2=2+random(396);
  y2=16+random(209);
  myGLCD.drawLine(x, y, x2, y2);
}

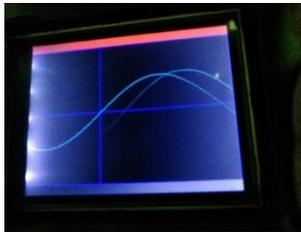
delay(2000);

myGLCD.setColor(0,0,0);
myGLCD.fillRect(1,15,398,224);
```

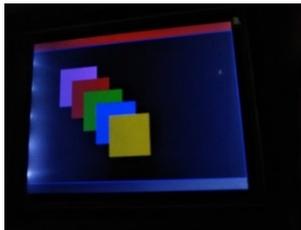
Sketch Gambar Random Line Modul LCD TFT Shield



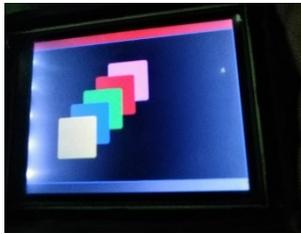
Tampilan Garis Sin, Cos, dan Tan modul LCD



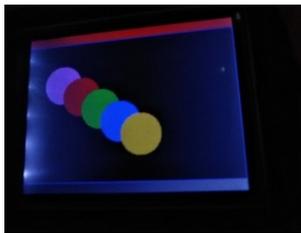
Tampilan Gelombang Sinus modul LCD



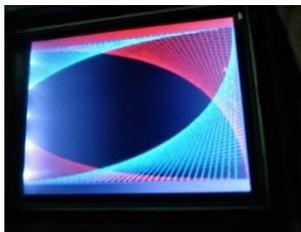
Tampilan Filled Rectangle modul LCD



Tampilan Filled Rounded Rectangle modul LCD



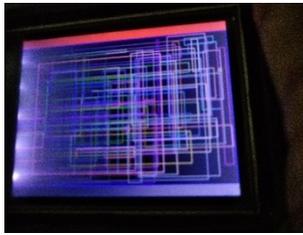
Tampilan *Filled Circle* modul LCD



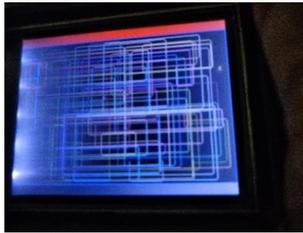
Tampilan *line in Pattern* modul LCD



Tampilan Random Circle modul LCD



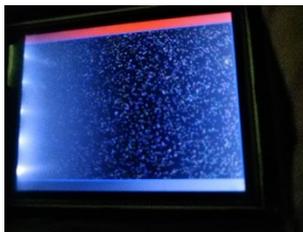
Tampilan Random Rectangle modul LCD



Tampilan Random Rounded Rectangle modul LCD

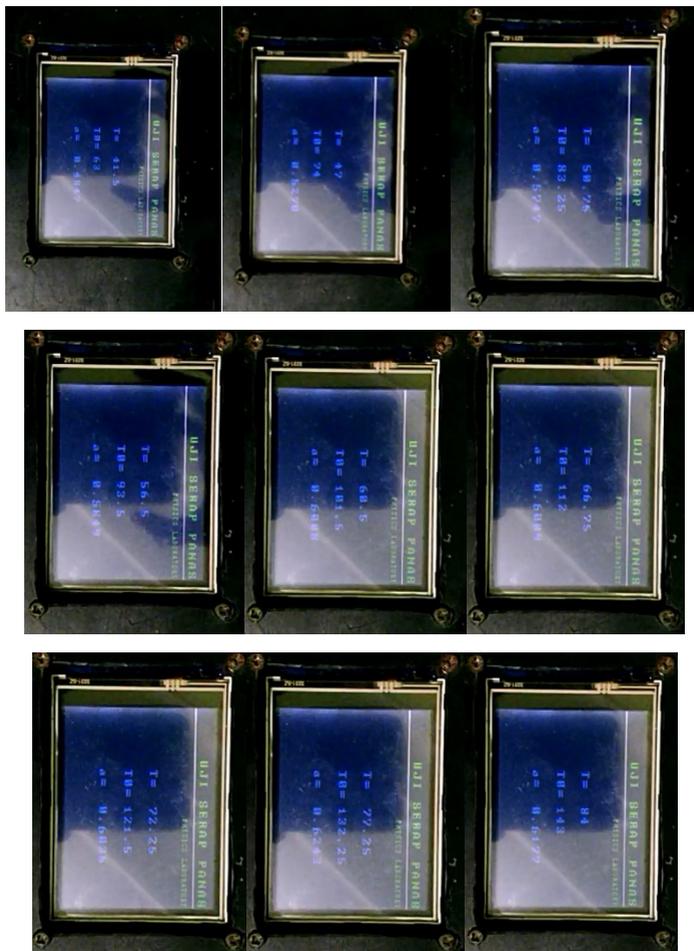


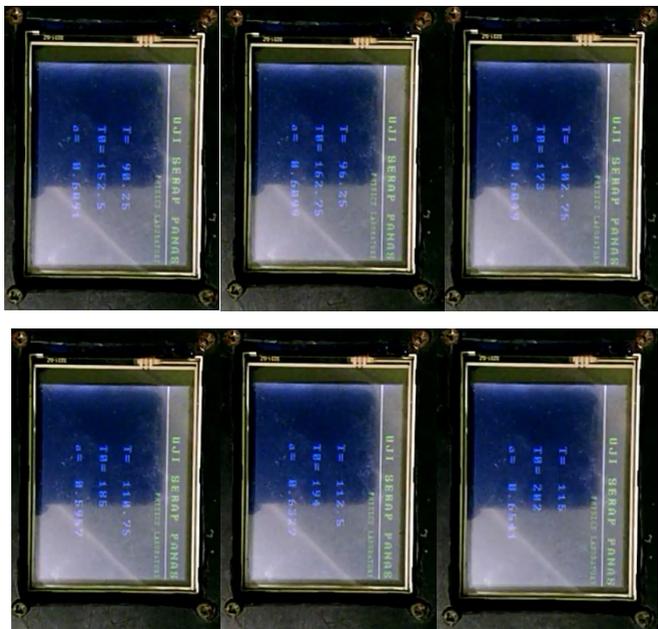
Tampilan Random Line modul LCD



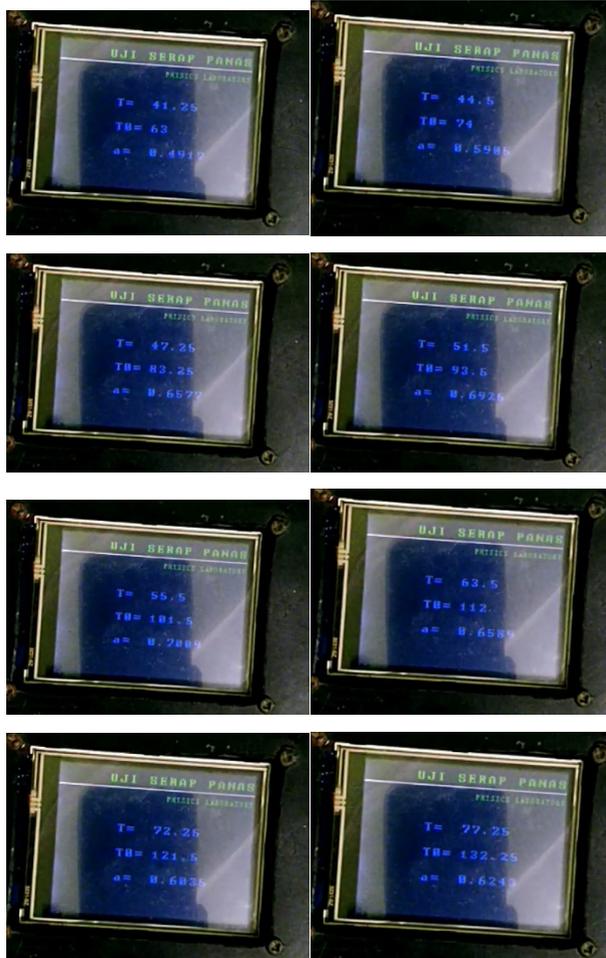
Tampilan Frame modul LCD

Lampiran 7 Pengujian Eternit Pertama



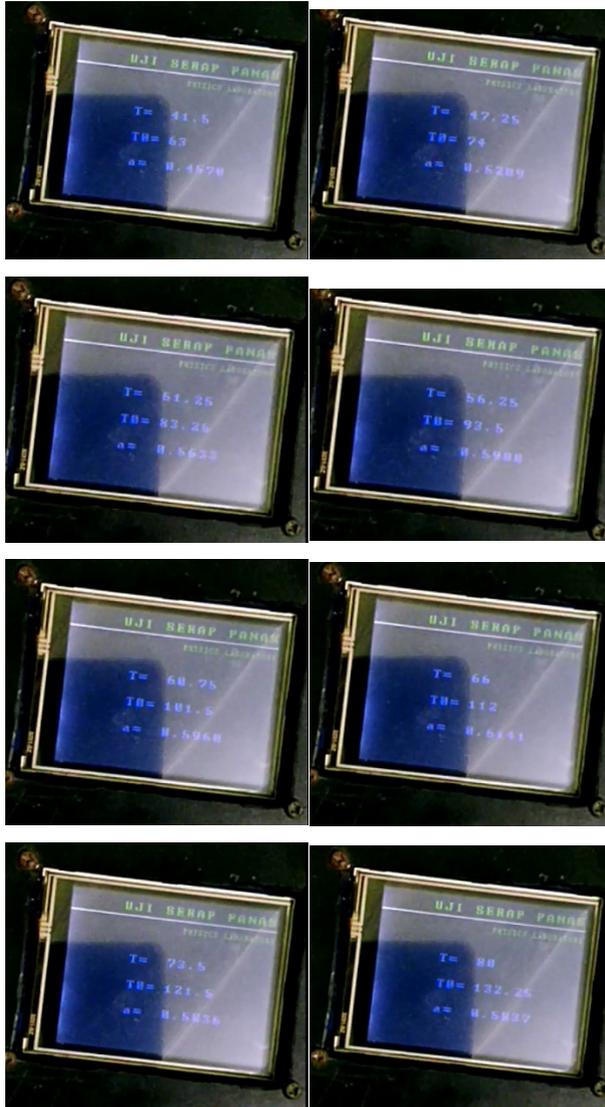


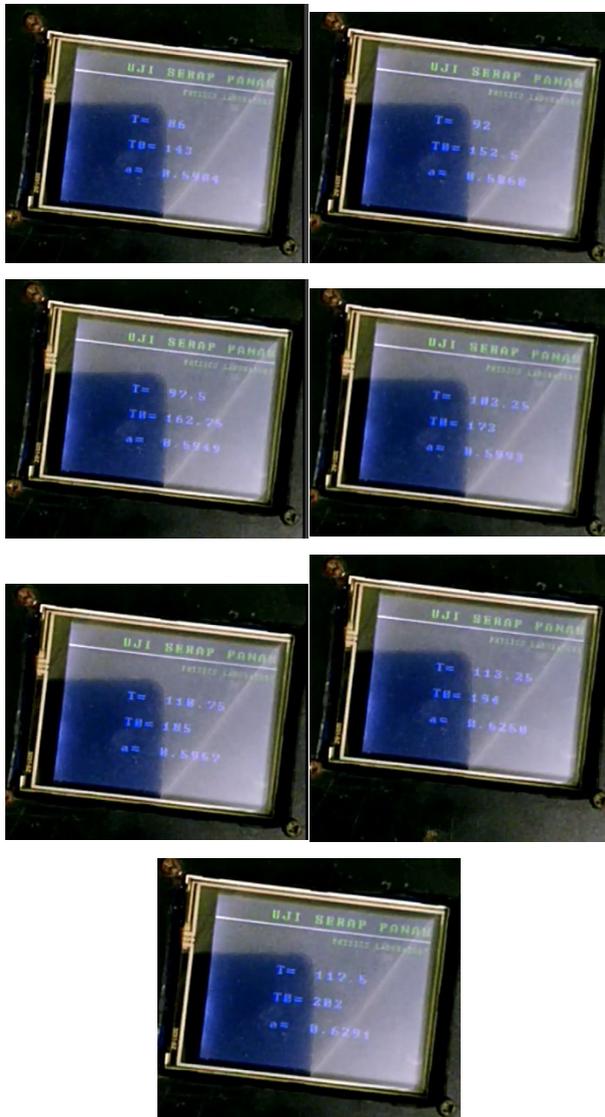
Lampiran 8 Pengujian Eternit Kedua





Lampiran 9 Pengujian Eternit Ketiga





Lampiran 10 Pengujian Triplek Pertama

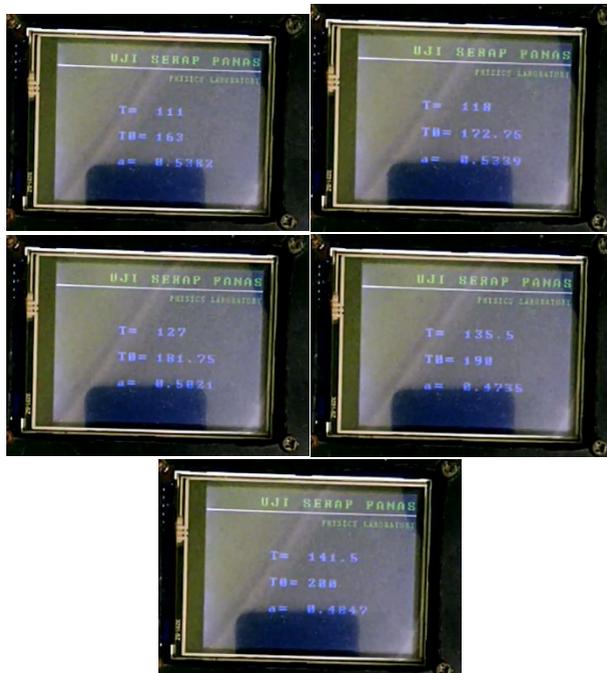


Lampiran 11 Pengujian Triplek Kedua





Lampiran 12 Pengujian Triplek Ketiga



RIWAYAT HIDUP

A. Identitas Diri

1. Nama Lengkap : Moh Bustanul Ulum
 2. Tempat & Tgl. Lahir : Kudus, 10 Oktober 1996
 3. Alamat Rumah : Dk. Modinan, Ds. Besito,
Kec. Gebog, Kab. Kudus,
Prov. JATENG
- HP : +6282221997797
E-mail : mohbustanulum@gmail.com

B. Riwayat Pendidikan

1. Pendidikan formal:
 - a. RA NU AL-KHURRIYAH 01
 - b. MI NU AL-KHURRIYAH 01
 - c. MTs NU TBS KUDUS
 - d. MAS TAHFIDZ YANBU'UL QUR'AN
2. Pendidikan Non-Formal:
 - a. TPQ Muslimat NU Besito
 - b. DINIYAH Muslimat NU Besito

Semarang, 15 Maret 2022



Moh Bustanul Ulum
NIM : 1508026004