



**PENGENDALI OTOMATIS PADA
ALAT PENGERING PAKAIAN DENGAN
KELEMBABAN SEBAGAI INDIKATOR TINGKAT
PENGERINGAN**

Skripsi

**diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar
Sarjana Pendidikan Program Studi Pendidikan Teknik Elektro**

Oleh

Repfi Ermadani

NIM. 5301414082

**PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
2020**

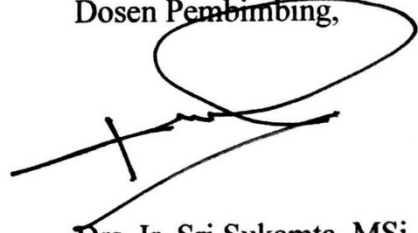
PERSETUJUAN PEMBIMBING

Nama : Repfi Ermadani
NIM : 5301414082
Program Studi : Pendidikan Teknik Elektro, S1
Judul : Pengendali Otomatis Pada Alat Pengering Pakaian
Dengan
Kelembaban Sebagai Indikator Tingkat Pengeringan

Skripsi ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke sidang panitia ujian Skripsi Program Studi S-1 Pendidikan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.

Semarang, 26 Desember 2019

Dosen Pembimbing,



Drs. Ir. Sri Sukamta, MSi., IPM

NIP. 196505081991031003

LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi dengan judul "Pengendali Otomatis Pada Alat Pengering Pakaian Dengan Kelembaban Sebagai Indikator Tingkat Pengeringan" telah dipertahankan dihadapan Panitia Ujian Skripsi Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang pada tanggal 26 bulan Desember 2019

Oleh:

Nama : Repfi Ermadani
NIM : 5301414082
Program Studi : Pendidikan Teknik Elektro

Panitia:

Ketua

Ir. Ulfah Mediaty Arief M.T. IPM
NIP. 196605051998022001

Sekretaris

Drs. Ir. Sri Sukamta, MSi., IPM
NIP. 196505081991031003

Penguji 1

Dr. Ir. I Made Sudana M.Pd. IPM
195605081984031004

Penguji 2

Drs. Slamet Seno Adi, M.Pd, M.T.
NIP. 195812181985031004

Penguji 3/Pembimbing

Dr. Ir. Sri Sukamta, MSi., IPM
NIP. 196505081991031003

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik UNNES



Dr. Nur Oudus, M.T., IPM
196911301994031001

PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapat gelar akademik (sarjana, magister, dan/atau doktor), baik di Universitas Negeri Semarang (UNNES) maupun diperguruan tinggi lain.
2. Skripsi ini adalah murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan Pembimbing.
3. Dalam skripsi ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya ini, serta sanksi lainnya dengan norma yang berlaku diperguruan tinggi ini.

Semarang, 26 Desember
2019
Yang membuat pernyataan



Repfi Ermadani
NIM. 5301414082

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

- Jangan menunggu karena waktu tak pernah berhenti, lakukan dengan kemampuan yang terbaik.
- Jangan biarkan hari yang telah lalu merenggut banyak hal untuk hari ini.
- Percaya bahwa tidak ada mustahil selama kita mau berusaha untuk mewujudkan.

PERSEMBAHAN

Skripsi ini penulis persembahkan untuk:

- Kedua orang tua yang tiada henti memberikan doa dan dukungan.
- Seluruh keluarga besar yang selalu memberikan dukungan dan motivasi.
- Pembimbing yang telah membimbing , memotivasi dan mengarahkan.
- Sahabat-sahabatku yang selalu mendukung dan memberi bantuan.
- Teman-teman seperjuangan PTE 2014 yang selalu menguatkan dan menyemangati.

ABSTRAK

Repfi Ermadani. 2019. **Pengendali Otomatis Pada Alat Pengering Pakaian Dengan Kelembaban Sebagai Indikator Tingkat Pengeringan**. Pembimbing Drs. Ir. Sri Sukamta, M.Si. IPM. Skripsi, Program Studi S-1 Pendidikan Teknik Elektro, Universitas Negeri Semarang.

Prakiraan cuaca yang tidak menentu akan menjadi masalah yang besar dan mengganggu aktivitas manusia seperti halnya saat mengeringkan pakaian. Dalam mengeringkan pakaian sangat bergantung dengan cuaca. Terlebih lagi pakaian berbahan tebal membutuhkan waktu yang lama dalam pengeringan karena memiliki kerapatan kain yang padat sehingga sulit untuk kering. Terdapat jenis-jenis pengering pakaian yang dapat membantu dalam mengeringkan seperti mesin cuci, alat pengering pakaian dengan *Air Conditioner* ½ PK, alat pengering pakaian dengan lampu bohlam, dll. Namun alat pengering tersebut memiliki kekurangan yaitu waktu pengeringan yang lama dan suhu yang dihasilkan untuk pengeringan rendah. Maka dibutuhkan alat pengering dengan proses pengeringan yang cepat dan bekerja secara otomatis.

Metode penelitian yang digunakan adalah metode *Research and Development* (R&D) dengan cara merancang alat pengering pakaian otomatis menggunakan elemen pemanas jenis *Cast Heater* karena pemanas ini dapat mencapai suhu 60°C sehingga mempercepat proses pengeringan dan diatur suhu dan kelembaban menggunakan sensor LM35 dan DHT11 berbasis mikrokontroler arduino uno R3. Pada penelitian ini dilakukan 6 kali percobaan dengan 6 kategori berat yang berbeda antara 0.5 Kg s.d 3 Kg.

Pengujian secara keseluruhan menyatakan bahwa alat pengering bekerja dengan baik sesuai perencanaan. Pengujian sensor dengan *thermohygrometer* menghasilkan perbandingan error 0,46% pada pengukuran suhu dengan LM35 dan 1,38% pada pengukuran kelembaban dengan DHT11, dan pengujian laju pengeringan rata-rata 3,19 gram/menit pada berat pakaian 0,5 Kg dan 6,82 gram/menit pada berat pakaian 3 Kg.

Kata kunci: Pengering, otomatis, elemen pemanas, *cast heater*

PRAKATA

Segala puji dan syukur dipanjatkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan ridho serta hidayah-Nya serta sholawat kepada junjungan Nabi Muhammad SAW, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul **Pengendali Otomatis Pada Alat Pengering Pakaian Dengan Kelembaban Sebagai Indikator Tingkat Pengeringan**. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Pendidikan pada Program Studi Pendidikan Teknik Elektro S1 Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.

Penulis telah banyak menerima banyak bantuan, kerjasama dan sumbangan pemikiran dari berbagai pihak. Penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada yang terhormat:

1. Kedua orang tua dan kakak tercinta yang memberikan doa, semangat dan motivasi.
2. Drs. Ir. Sri Sukamta, M.Si. IPM, selaku Dosen Pembimbing skripsi yang telah memberikan bimbingan, arahan, motivasi, saran dan masukan serta kemudahan dalam membantu penyelesaian skripsi ini.
3. Dr. Nur Qudus, M.T., IPM, selaku Dekan Fakultas Teknik dan Ir. Ulfah Mediaty Arief M.T. IPM, selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro yang telah memberikan ijin dan kemudahan dalam penyusunan skripsi ini.
4. Drs. Agus Murnomo, M.T, selaku dosen wali akademik yang selalu memberi arahan dan dukungan.
5. Dr. Ir. I Made Sudana M.Pd. IPM, selaku Penguji I dan Drs. Slamet Seno Adi, M.Pd., M.T, selaku Penguji II yang telah memberikan masukan yang sangat berharga berupa saran, ralat perbaikan, pertanyaan, tanggapan, pengarahan dan kualitas karya tulis ini.

Harapan kedepan untuk skripsi ini semoga dapat bermanfaat bagi semua pihak, dan untuk semua orang yang telah terlibat dalam penyusunan skripsi ini semoga amal baiknya selalu mendapat balasan dari Allah SWT.

Semarang, 2 Desember 2019

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
PERSETUJUAN PEMBIMBING.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....	v
ABSTRAK.....	vi
PRAKATA.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Identifikasi Masalah.....	4
1.3. Batasan Masalah.....	4
1.4. Rumusan Masalah.....	5
1.5. Tujuan Penelitian.....	6
1.6. Manfaat Penelitian.....	6
1.7. Penegasan Istilah.....	7
BAB II KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	
2.1. Kajian Pustaka.....	8
2.2. Landasan Teori.....	11
2.2.1. Pengeringan.....	11
2.2.2. Laju Pengeringan.....	12
2.2.3. Metode Pengeringan.....	13

2.2.3.1. Pengeringan Alami.....	13
2.2.3.2. Pengeringan Buatan.....	14
2.2.4. Dasar Sistem Kontrol.....	15
2.2.5. Pemanas Listrik.....	18
2.2.6. Pengatur Otomatisasi Suhu dan Kelembaban	20
2.2.6.1. Sensor Suhu.....	21
2.2.6.2. Sensor Kelembaban.....	28
2.2.7. LCD.....	31
2.2.8. Mikrokontroler.....	31
2.2.9. Software Arduino.....	38
2.2.10. Flowchart.....	40
2.2.11. Relay Modul.....	41
2.2.12. Motor DC.....	44
2.3. Kerangka Berfikir.....	46

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	48
3.2 Metode Penelitian.....	48
3.3 Prosedur Penelitian.....	49
3.3.1 Potensi dan Masalah	49
3.3.2 Pengumpulan Data.....	50
3.3.3 Desain Produk.....	50
3.3.4 Validasi Produk.....	51
3.3.5 Revisi Produk.....	51
3.3.6 Uji Coba Produk.....	51
3.3.7 Analisis dan Revisi.....	51
3.3.8 Produk Akhir.....	52
3.3.9 Implementasi.....	52
3.3.10 Langkah Penelitian.....	52
3.4 Diagram Alir Sistem Alat.....	53
3.5 Perencanaan Alat.....	53
3.6 Teknik Pengumpulan Data.....	63
3.7 Teknik Analisis Data.....	64

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1.	Hasil Penelitian.....	66
4.1.1.	Pengujian	66
4.2	Analisis Data.....	73
4.2.1	Analisis Uji Sensor DHT11.....	74
4.2.2	Analisis Uji Sensor LM35.....	74
4.2.3	Analisis Uji Sensor Catu Daya.....	75
4.2.4	Analisis Uji Sensor Mikrokontoler.....	75
4.3	Pembahasan.....	75

BAB V PENUTUP

5.1.	Kesimpulan.....	79
5.2.	Saran.....	79

DAFTAR PUSTAKA.....	81
---------------------	----

LAMPIRAN	83
----------------	----

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kekurangan dan Kelebihan Metode Pengeringan.....	14
Tabel 2.2 Simbol Flowchart.....	41
Tabel 3.1 Klasifikasi <i>Error Value Sensor</i>	64
Tabel 4.1 Pengukuran Kelembaban Pada Berat Pakaian 0,5 Kg.....	67
Tabel 4.2 Pengukuran Kelembaban Pada Berat Pakaian 1 Kg.....	67
Tabel 4.3 Pengukuran Kelembaban Pada Berat Pakaian 1,5 Kg.....	67
Tabel 4.4 Pengukuran Kelembaban Pada Berat Pakaian 2 Kg.....	67
Tabel 4.5 Pengukuran Kelembaban Pada Berat Pakaian 2,5 Kg.....	68
Tabel 4.6 Pengukuran Kelembaban Pada Berat Pakaian 3 Kg.....	68
Tabel 4.7 Pengukuran Suhu Pada Berat Pakaian 0,5 Kg.....	69
Tabel 4.8 Pengukuran Suhu Pada Berat Pakaian 1 Kg.....	69
Tabel 4.9 Pengukuran Suhu Pada Berat Pakaian 1,5 Kg.....	69
Tabel 4.10 Pengukuran Suhu Pada Berat Pakaian 2 Kg.....	70
Tabel 4.11 Pengukuran Suhu Pada Berat Pakaian 2,5 Kg.....	70
Tabel 4.12 Pengukuran Suhu Pada Berat Pakaian 3 Kg.....	70
Tabel 4.13 Pengujian Tegangan Catu Daya.....	71
Tabel 4.14 Pengujian Tegangan Mikrokontroler.....	72
Tabel 4.15 Pengujian Laju Pengeringan.....	72

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sistem Kendali <i>Open Loop</i>	15
Gambar 2.2 Sistem Kendali <i>Close Loop</i>	16
Gambar 2.3 Konstruksi Bimetal.....	21
Gambar 2.4 Karakteristik PTC dan NTC.....	24
Gambar 2.5 Konstruksi RTD.....	24
Gambar 2.6 Konstruksi Pengukuran Thermocouple.....	25
Gambar 2.7 Bagian <i>Capasitive Sensor</i>	29
Gambar 2.8 Konstruksi <i>Conductivity Sensor</i>	30
Gambar 2.9 <i>Thermal Conductivity Sensor</i>	30
Gambar 2.10 <i>Liquid Crystal Display</i>	31
Gambar 2.11 Susunan Dasar Mikrokontroler.....	32
Gambar 2.12 Sinyal PWM.....	38
Gambar 2.13 Struktur Relay.....	43
Gambar 2.14 Motor DC.....	44
Gambar 2.15 Prinsip Kerja Motor DC.....	46
Gambar 3.1 Prosedur Penelitian Alat Pengering Pakaian.....	52
Gambar 3.2 Diagram Alir Sistem.....	53
Gambar 3.3 Desain Alat Pengering Tampak Depan dan Belakang.....	54
Gambar 3.4 Desain Alat Pengering Tampak Dalam dan Samping.....	55
Gambar 3.5 Diagram Blok Sistem.....	55
Gambar 3.6 Rangkaian Elektronik Keseluruhan Komponen.....	57
Gambar 3.7 Rangkaian Catu Daya	59
Gambar 3.8 Rangkaian Sensor Kelembaban.....	59
Gambar 3.9 Rangkaian Sensor Suhu.....	60
Gambar 3.10 Rangkaian Motor DC dan <i>Buzzer</i>	61

Gambar 3.11 Rangkaian LCD.....	62
Gambar 3.12 Rangkaian Hardware Komponen.....	63
Gambar 4.1 Grafik Laju Pengeringan Terhadap Waktu Pengeringan.....	73

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Program IDE Arduino.....	84
Lampiran 2. Surat Keputusan.....	86
Lampiran 3. Surat Tugas Panitia.....	87
Lampiran 4. Dokumentasi Alat.....	88
Lampiran 5. Angket Validasi Ahli	89
Lampiran 6. Angket Uji Kelayakan Pengguna.....	92

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pemanasan global yang terjadi sekarang ini memiliki dampak yang luar biasa yang akan berpengaruh pada perubahan iklim dan cuaca yang sulit diprediksi. Pergantian musim yang tidak pada masanya akan sangat berdampak pada kegiatan manusia seperti musim penghujan yang masih saja datang meskipun sudah seharusnya memasuki musim kemarau.

Prakiraan cuaca yang tidak menentu akan menjadi masalah yang besar dan mengganggu aktivitas manusia seperti ketika sedang mengeringkan pakaian. Dalam mengeringkan pakaian sangat bergantung dengan cuaca. Terlebih lagi pakaian berbahan tebal membutuhkan waktu yang lama dalam pengeringan karena bahan yang tebal memiliki kerapatan kain yang padat sehingga sulit untuk kering. Dampak negatif pada pakaian yang masih basah dan lembab selain menimbulkan bau yang tidak sedap mengenakan pakaian setengah kering memiliki dapat mempengaruhi kesehatan yaitu mengakibatkan kulit menjadi lembab sehingga menyebabkan berkembangnya jamur pada kulit atau biasa disebut dengan kurap dan panu yang disebabkan oleh jamur *Dermatofita* dan *Malassezia*. Jamur ini dapat berkembang dengan cepat pada lingkungan yang lembab seperti pakaian basah atau setengah kering. Dalam hal ini pengeringan pakaian yang telah dicuci harus diperhatikan agar pakaian dapat kering dengan sempurna.

Proses pengeringan pakaian pada umumnya dilakukan dengan cara menjemur secara konvensional yaitu menjemur secara langsung diluar ruangan dengan paparan sinar matahari dan bantuan angin. Menurut (Thamrin, 2011) “Metode ini dirasa kurang efektif karena membutuhkan waktu yang lama dan masih tergantung pada cuaca dan juga menimbulkan bau pada pakaian serta efek sinar ultraviolet yang dapat merusak warna pakaian”. Terlebih ketika musim penghujan tiba dimana pakaian sulit untuk dikeringkan karena tidak ada panas dari sinar matahari, dengan kata lain pakaian hanya bisa dikeringkan dengan bantuan angin saja.

Pada kasus ini (Dwi Marpuah, 2010) menyatakan “Ketergantungan manusia pada panas matahari dalam pemanfaatannya untuk mengeringkan pakaian belum dapat ditinggalkan, karena belum adanya alat dan teknologi yang mampu membantu manusia melepaskan ketergantungan terhadap panas matahari.” Masyarakat yang membutuhkan bantuan dalam mengeringkan pakaian memilih menggunakan pengering yang ada pada mesin cuci. Proses kerja pengeringan pada mesin cuci yaitu pakaian akan digerakkan secara berputar di dalam drum *spinner* seperti gerakan memeras baju guna mengurangi kadar air dalam pakaian. Pada umumnya pakaian hanya bisa kering hingga 75%-90% dan perlu dilanjutkan dengan menjemur dibawah sinar matahari. Sedangkan jenis pakaian berbahan tebal seperti jeans membutuhkan waktu pengeringan yang lebih lama dibanding jenis kain lainnya yaitu menjemur satu hari agar kering sempurna.

Dalam membantu proses pengeringan, terdapat alat pengering pakaian yang sudah ada dipasaran dengan berbagai metode pengeringan seperti menggunakan metode lampu bohlam 100 Watt sebagai pemanas yang dilakukan

oleh (Dwi Marpuah 2010). Kisaran suhu panas yang dimanfaatkan untuk mengeringkan pakaian yaitu 33°C-39°C. Panas yang digunakan hanya dapat mencapai suhu tertinggi pada suhu 42°C dikarenakan lampu bohlam hanya dapat mencapai suhu tersebut. Untuk itu kurang efektif penggunaan metode ini pada jenis kain tebal seperti jeans dan wol.

Selain metode tersebut ada pula alat pengering dengan menggunakan *Air Conditioner* ½ PK oleh (Deni Kurniawan, Acridjal Aziz dan Rahmati man Mainil 2016) yang memiliki laju pengeringan berkisar antara 0,56kg/jam sampai 0,75kg/jam. Proses pengeringan dengan metode ini masih tidak efektif karena membutuhkan waktu yang cukup lama dilihat dari laju pengeringannya.

Metode lain yang sudah ada dipasaran yakni menggunakan LPG sebagai pemanasnya. Selain harga alat yang mahal sekitar 5-12juta kerugian dalam penggunaan LPG adalah gas hasil pembakaran dapat mencemari pakaian selama proses pengeringan selain itu kurang ramah lingkungan karena menghasilkan gas buang. Suhu udara yang digunakan relatif tinggi sehingga merusak serat pakaian.

Maka dibutuhkan alat pengering pakaian yang dapat menghasilkan suhu antara 45°C-60°C karena untuk bahan yang tebal serta memiliki kerapatan serat kain yang padat sehingga membutuhkan suhu udara yang cukup tinggi. Salah satu elemen pemanas yang dapat mencapai suhu tersebut adalah *Cast Heater*. Suhu maksimalnya dapat mencapai hingga 150°C tetapi dapat diatur sesuai kebutuhan dengan mengatur arus pada elemen ini. Untuk mengatur kerja sistemnya dibutuhkan sensor yang dapat mendeteksi suhu dan kelembaban sehingga sensor DHT11 & LM35 dipilih untuk perancangan alat pengering dan pada sistem kontrol digunakan mikrokontroler Arduino Uno R3. Perencanaan sebuah alat ini

akan membantu masyarakat untuk mengeringkan pakaian dengan efektif bahkan ketika musim penghujan tiba karena dapat digunakan setiap waktu.

Berdasarkan penjelasan tersebut maka dibutuhkan alat pengering pakaian yang mampu bekerja secara otomatis, oleh karena itu peneliti mencoba untuk membuat alat pengering pakaian dengan judul “Pengendali Otomatis Pada Alat Pengering Pakaian Dengan Kelembaban Sebagai Indikator Tingkat Pengeringan”. Dengan adanya pengembangan ini diharapkan mampu menciptakan pengering pakaian yang lebih efektif dan efisien.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah tersebut, maka permasalahan dapat diidentifikasi sebagai berikut:

- a. Musim penghujan menjadi salah satu faktor penghambat dalam proses pengeringan pakaian. Perlu adanya alat pengering pakaian otomatis yang dapat digunakan setiap saat tanpa bergantung cuaca.
- b. Perlu adanya alat pengering pakaian yang dapat mendeteksi kelembaban sebagai indikator utama tingkat pengeringan pakaian.

1.3 Batasan Masalah

Menghindari meluasnya masalah yang akan dikaji, dalam penelitian ini perlu dilakukan pembatasan masalah agar penelitian lebih terfokus pada masalah yang dihadapi. Adapun fokus penelitian sebagai berikut:

- a. Alat pengering pakaian ini hanya digunakan untuk mengeringkan pakaian.
- b. Hanya mencakup uji kinerja alat pengering dan uji laju pengeringan dari alat agar sesuai dengan perencanaan.

1.4 Rumusan Masalah

Berdasarkan batasan masalah yang telah ditetapkan, maka perumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Bagaimana cara merealisasikan alat pengering pakaian otomatis agar dapat diimplementasikan dalam kehidupan nyata?
- b. Bagaimana unjuk kerja alat pengering pakaian ini dengan kelembaban sebagai indikator otomatisasi utama pada proses pengeringan pakaian?

1.5 Tujuan Penelitian

Berdasarkan dari rumusan masalah yang dipaparkan diatas, maka penelitian ini bertujuan untuk:

- a. Merealisasikan alat pengering pakaian otomatis agar dapat diimplementasikan dalam kehidupan nyata.
- b. Mengetahui unjuk kerja alat pengering pakaian ini dengan memperhatikan kelembaban sebagai indikator utama pada proses pengeringan pakaian.

1.6 Manfaat Penelitian

Dari penelitian ini dapat diperoleh beberapa manfaat sebagai berikut:

- a. Diharapkan mampu membantu masyarakat dalam hal mengeringkan pakaian yang dapat digunakan kapan saja serta menghemat waktu dalam pengeringan pakaian.
- b. Dapat menerapkan ilmu yang didapat dari bangku kuliah dengan meralisasikan alat pengering ini.
- c. Penelitian ini dapat dijadikan sebagai bahan masukan dan sumber informasi sebagai studi kepustakaan tentang teori pengeringan bagi peneliti lain yang memiliki pembahasan sama dengan penelitian ini.

1.7 Penegasan Istilah

Penegasan istilah bertujuan untuk menghindari salah pengertian dan memperjelas maksud penelitian dengan penjabaran istilah dalam penelitian ini:

a. Pengendali

Pengendalian merupakan usaha untuk mencapai tujuan tertentu melalui perilaku yang diharapkan (Mulyadi 2007:89). Pengendalian dilakukan dengan tujuan agar apa yang sudah direncanakan bisa dilaksanakan dengan baik.

b. Otomatisasi

Pengaturan otomatis adalah membuat sesuatu sesuai dengan rencana kita dan dapat berjalan dengan sendirinya tanpa campur tangan manusia secara langsung.

c. Alat Pengering Pakaian

Alat pengering pakaian adalah alat yang dirancang untuk membantu proses pengeringan pakaian dengan menghasilkan panas untuk mengurangi kadar air pada pakaian sehingga pakaian dapat kering dengan cepat. Alat ini dapat diandalkan terutama saat musim penghujan tiba karena tidak bergantung pada cuaca dan dapat digunakan setiap saat ketika diperlukan.

d. Kelembaban

Kelembaban udara adalah jumlah uap air diudara atau konsentrasi uap air yang ada diudara. Perubahan tekanan pada sebagian uap air di udara berhubungan dengan perubahan suhu. Satuan kelembaban yang digunakan adalah RH (*Relative Humidity*) atau kelembaban relatif. RH adalah satuan pengukuran yang merepresentasikan jumlah titik-titik air di udara pada suhu tertentu yang dibandingkan dengan jumlah maksimum titik-titik air yang

dapat dikandung di udara pada suhu tersebut. Alat untuk mengukur kelembaban udara disebut dengan Hygrometer.

e. Indikator

Indikator adalah variabel kendali yang dapat digunakan untuk mengukur perubahan. Setiap ciri, karakteristik atau ukuran yang bisa menunjukkan perubahan yang terjadi pada sebuah kegiatan tertentu.

f. Tingkat Pengeringan

Jumlah ukuran yang menunjukkan kandungan uap air pada bahan yang dikeringkan. Faktor yang mempengaruhi tingkat pengeringan adalah volume ruang pengeringan, suhu, kecepatan udara, kelembaban udara (Rh) dan waktu.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

Melakukan penelitian diperlukan adanya kajian-kajian penelitian yang sudah ada untuk mempelajari metode dan hasil penelitian dengan tujuan adanya inovasi baru untuk pembaharuan penelitian sebelumnya.

2.1. Kajian Pustaka

Penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan alat pengering pakaian seperti penelitian Dwi Marpuah, (2010) melakukan penelitian berjudul “Pembuatan Prototype Alat Pengering pakaian Berbasis Mikrokontroler AT89S51”. Peneliti menggunakan metode penelitian perancangan dan pembuatan alat dengan menggunakan lampu bohlam 100 Watt sebagai sumber pemanas dalam pengeringannya. Pengontrolan suhu dan kelembaban dengan menggunakan sensor SHT11. Suhu panas dan kelembaban ruangan dapat ditentukan oleh user melalui saklar *push button* dengan cara menentukan batas suhu rendah (*low*) dan batas suhu tinggi (*high*). Suhu dan kelembaban yang sudah terdeteksi oleh sensor SHT11 akan ditampilkan melalui LCD. Saat suhu ruangan mencapai batas suhu tinggi maka rangkaian Triac akan mati (lampu mati) dan saat suhu mencapai batas rendah maka rangkaian Triac akan menyala (lampu menyala kembali). Setelah mencapai suhu yang telah ditentukan maka seluruh komponen akan mati secara.

Purwadi dan Wibowo Kusbandono, (2015) melakukan penelitian dengan judul “Mesin Pengering Pakaian Energi Listrik Dengan Mempergunakan Siklus Kompresi Uap”. Peneliti melakukan penelitian tentang mesin pengering pakaian sistem tertutup dengan energi listrik menggunakan siklus kompresi uap dalam bekerjanya. Pada unjuk kerja sistem tertutup ini udara yang telah digunakan untuk

proses pengeringan pakaian akan digunakan kembali untuk proses pengeringan selanjutnya sehingga udara disirkulasikan kembali ke ruang mesin. Ketika mesin sudah mengkondisikan udara lalu akan dikembalikan ke lemari pengeringan. Suhu kerja pada evaporator dapat mengembunkan uap air dari udara yang melewatinya disisi lain kompresor mampu memberikan kenaikan suhu udara demikian juga dengan kondensor. Udara yang melewati evaporator berasal dari lemari pengering pakaian. Udara disirkulasi secara terus menerus oleh kipas angin yang berada diantara kompresor dan kondensor. Pengukuran untuk suhu tanpa beban dapat mencapai $57,1^{\circ}\text{C}$ untuk suhu udara kering di dalam lemari pengering sedangkan suhu udara basah yaitu 23°C . Penelitian dilakukan pada suhu udara luar yang relatif stabil pada suhu $27,3^{\circ}\text{C}$, dengan suhu udara basah sekitar $24,1^{\circ}\text{C}$.

Rheza Firmansyah, (2015) melakukan penelitian dengan judul "Perancangan Fasilitas Pengering Pakaian Saat Turun Hujan". Perancang penelitian menggunakan metode observasi lapangan yang ditujukan pada wilayah Kampung Lengkong - Bandung untuk mengumpulkan data-data valid. Sistem pengeringan pakaian saat turun hujan ini dengan menggunakan kondensor (pemanas) dan kompresor (angin) yang diaktifkan oleh listrik dengan memanfaatkan cahaya lampu. Menggunakan panas dan angin buatan dapat mempercepat proses pengeringan dalam kondisi cuaca yang sedang turun hujan. Peneliti menggunakan timer (pengatur waktu) untuk mengatur lamanya proses pengeringan.

Moch. Arif Irfa'i dan Bagus Setyawan, (2015) melakukan penelitian dengan judul "Rancang Bangun Pengering Pakaian Kapasitas 10 Kg Berdaya 380 Watt". Peneliti menggunakan metode penelitian perancangan dan pembuatan alat

dengan menggunakan elemen pemanas sebagai sumber panas berdaya 380 watt. Peneliti juga menggunakan dimmer untuk mengendalikan arus listrik. Rangkaian yang mengalir di dalam alat pengering pakaian dirangkai sedemikian rupa agar terhindar dari hubungan arus pendek. Tegangan dari stop kontak dihubungkan dengan saklar sehingga arus listrik mengalir yang menyebabkan kipas angin berputar. Kemudian arus listrik mengalir ke stop kontak kedua untuk menyalakan dimmer. Setelah itu, dimmer diputar sampai penuh yang berarti arus listrik masuk ke elemen pemanas. Pengujian alat pengering ini dilakukan dengan cara memasukkan udara panas ke dalam mesin selama selang waktu tertentu. Pakaian yang dikeringkan berjumlah 7 potong pakaian dengan berat kering 825 gram serta berat basah 2,2 kg. Dikeringkan dengan suhu kotak 35°C dan waktu pengeringan 4 jam dan lajunya 5.7 g/menit.

Deni Kurniawan, Azridjal Aziz dan Rahmat Iman Mainil, (2016) melakukan penelitian dengan judul "Perancangan Kondensor Mesin Pengering Pakaian Menggunakan Air Condotioner $\frac{1}{2}$ PK Siklus Udara Tertutup". Hampir sama dengan peneliti-peneliti sebelumnya. Pengeringan cara ini memanfaatkan panas buang kondensor pada mesin pendingin ruangan yang mana alat ini dirancang seperti lemari pakaian biasa yang didalamnya terdapat mesin pendingin ruangan. Kondensor dari mesin pendingin ruangan inilah yang menghasilkan panas untuk proses pengeringannya. Pemanfaatan panas buang kondensor mesin pendingin ruangan untuk pengeringan dapat dijadikan alternatif pengeringan tanpa biaya tambahan pada daerah padat yang tidak memiliki halaman. Laju pengeringan berkisar antara 0,56 kg/jam sampai 0,75 kg/jam.

Dari penelitian sebelumnya masih memiliki banyak kekurangan seperti waktu pengeringan yang relatif lama, laju pengeringan yang lambat dan belum bersifat otomatis masih menggunakan timer. Maka dari itu penulis bermaksud untuk merancang alat pengering otomatis menggunakan mikrokontroler Arduino UNO R3 dengan sensor LM35 sebagai pendeteksi suhu dan sensor DHT11 sebagai pendeteksi kelembaban yang hasil pengukurannya akan di tampilkan pada LCD.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Pengeringan

Pengeringan merupakan salah satu cara untuk mengeluarkan atau menghilangkan sebagian air dari suatu bahan dengan cara menguapkan sebagian besar air yang dikandung melalui penguapan energi panas (Nainggolan, 2014). Upaya yang dapat dilakukan untuk membuat udara kering adalah dengan melakukan pemanasan terhadap udara tersebut sebelum melintasi material yang dikeringkan dengan kondisi udara yang panas dan kering mampu menyerap air yang membasahi material tersebut sampai kering dalam waktu yang lebih cepat (Suriadi dan Murti, 2011).

Proses pengeringan berbeda dengan proses penguapan (evaporasi). Proses evaporasi adalah proses pemisahan uap air dalam bentuk murni darisuatu campuran berupa larutan yang mengandung air dalam jumlah yang banyak sedangkan pada proses pengeringan adalah molekul air memiliki energi kinetik sehingga mereka senantiasa bergerak. Ketika masih berada dalam fase cairan, molekul-molekul air terikat cukup kuat dengan molekul air disekitarnya sehingga gerakan mereka tidak leluasa. Semakin mereka bergerak lebih kuat, molekul air

yang berenergi besar ini mampu melepaskan diri dan hanyut di udara menjadi uap. Pada proses pengeringan faktor utama yang mempengaruhi adalah suhu. Jika suhu airnya tinggi (panas) maka penguapan terjadi lebih cepat karena molekul air memiliki energi lebih besar sehingga bergerak dan melepaskan diri lebih cepat.

2.2.2 Laju Pengeringan

Laju pengeringan pakaian adalah menghilangkan kadar air yang terkandung pada bahan dengan melihat perbandingan antara berat bahan yang dikeringkan dengan waktu yang dibutuhkan.

Besarnya laju pengeringan berbeda pada setiap bahan ,penguapan air yang berada di permukaan bahan dipengaruhi oleh kondisi luar yaitu suhu ,kelembaban, kecepatan udara pengering, luas permukaan terbuka dan tekanan. Sedangkan perpindahan air di dalam bahan dipengaruhi oleh keadaan fisik bahan, suhu dan kadar air. Setiap kondisi yang berpengaruh di atas dapat menjadi faktor pembatas pada laju pengeringan (Mujumdar & Menon, 1995)

Perhitungan Laju Pengeringan (*drying rate*) menurut (Ambarita, 2016):

$$md = \frac{W_0 - W_f}{t}$$

keterangan: md = laju pengeringan dalam (Kg/jam)

W_0 = berat material sebelum dikeringkan (Kg)

W_f = berat material sesudah dikeringkan (Kg)

t = waktu yang dibutuhkan selama proses pengeringan (dt)

Selain laju pengeringan, faktor lain yang harus diperhitungkan dalam proses pengeringan yaitu laju aliran massa udara. Menurut (Meyers, 2010) laju aliran massa udara dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\dot{m}_{udara} = A \times \rho \times v$$

keterangan:

Mudara = laju pengeringan dalam (Kg/jam)

A = luas penampang

ρ = massa jenis udara

v = kecepatan

Dalam hal ini terdapat faktor-faktor yang mempengaruhi kecepatan pengeringan menurut (Arora, 2000) faktor yang mempengaruhi proses pengeringan adalah:

1. Volume ruang pengeringan
2. Suhu
3. Kecepatan udara
4. Kelembaban udara (RH)
5. Waktu

Karena pada dasarnya prinsip pengeringan itu melibatkan dua kejadian, yaitu panas yang diberikan pada bahan yang dikeringkan dan air yang harus dikeluarkan dari bahan yang akan dikeringkan.

2.2.3 Metode Pengeringan

2.2.3.1 Pengeringan Alami

a. Sun Drying

Pengeringan matahari merupakan salah satu metode pengeringan tradisional karena menggunakan panas langsung dari matahari dan pergerakan udara lingkungan. Pengeringan ini mempunyai laju yang lambat dan memerlukan perhatian lebih. Selain itu pengeringan matahari

sangat rentan terhadap resiko kontaminasi lingkungan, sehingga pengeringan sebaiknya jauh dari jalan raya atau udara yang kotor.

b. *Air Drying*

Pengeringan dengan udara berbeda dengan pengeringan dengan menggunakan sinar matahari. Pengeringan ini dilakukan dengan cara menggantungkan bahan di tempat udara kering berhembus. Misalnya di beranda atau jendela. Pengeringan ini hanya mengandalkan angin. Metode ini biasanya digunakan ketika musim hujan tiba.

2.2.3.2 Pengeringan Buatan

a. Pengeringan Adiabatik,

Pengeringan Adiabatik yaitu pengeringan dimana panas akan dibawa ke alat pengering dengan udara panas. Udara yang telah dipanaskan tersebut menggunakan elemen yang akan memberi panas pada bahan yang ingin dikeringkan.

b. Pengeringan Isothermik

Pengeringan Isothermik merupakan pengeringan yang didasarkan atas adanya kontak langsung antara bahan yang dikeringkan dengan lembaran logam yang panas. Pengering yang termasuk kelompok ini seperti: *drum dryer*, *shelf dryer* dan *continous vacuum dryer*.

Dari data di atas maka kekurangan dan kelebihan metode pengeringan dapat dilihat dari tabel 2.1 berikut:

Tabel 2.1. kekurangan dan kelebihan metode pengeringan

Pengeringan Alami	Kelebihan	Kekurangan
	Tidak memerlukan keahlian dan peralatan khusus, serta biayanya lebih murah	Membutuhkan lahan yang luas, sangat tergantung pada cuaca, dan sanitasi hygiene

		sulit dikendalikan.
Pengeringan Buatan	Suhu dan kecepatan proses pengeringan dapat diatur sesuai keinginan, tidak terpengaruh cuaca, sanitasi dan higiene dapat dikendalikan.	Memerlukan keterampilan dan peralatan khusus, serta biaya lebih tinggi dibanding pengeringan alami.

Sumber: Data olahan, Mei 2018

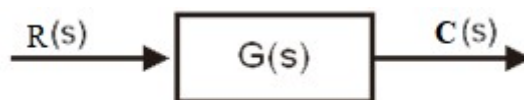
2.2.4 Dasar Sistem Kontrol

Dasar sistem kontrol adalah sistem kontrol umpan balik dengan acuan masukan dan keluaran yang dikehendaki dapat konstan atau berubah secara perlahan dengan berjalannya waktu dan tugas utamanya adalah menjaga keluaran sebenarnya berada pada nilai yang dikehendaki dengan adanya gangguan banyak contoh sistem pengaturan otomatis, beberapa diantaranya adalah sistem kontrol suhu (Ogatha, 1997: 3-4). Sistem kontrol sendiri dibagi menjadi dua yaitu sistem lup tertutup dan sistem lup terbuka.

a. Sistem Kendali Lup Terbuka

Sistem kendali lup terbuka umumnya menggunakan pengatur/kontroler serta aktuator kendali untuk memperoleh respon sistem yang baik. Biasanya sistem kendali ini mempunyai karakteristik dimana nilai keluaran tidak memberikan pengaruh kinerja atau tidak diperhitungkan ulang oleh pengatur/kontroler.

Berikut merupakan sistem kendali lup terbuka ditunjukkan pada gambar 2.1.



Gambar 2. 1. Sistem pengendalian lup terbuka

Fungsi alih kontrol loop terbuka :

$$G(s) = \frac{C(s)}{R(s)}$$

Keterangan :

$G(s)$: fungsi alih sistem

$C(s)$: sinyal output

$R(s)$: referensi sinyal input

Pada diagram blok diatas sinyal hasil dari keluaran sistem tidak dibandingkan dengan sinyal masukan acuannya. akibatnya sistem menjadi rentan terhadap gangguan dan tidak stabil. Sistem ini memiliki nilai kesalahan yang cukup besar apabila diberi gangguan dari luar.

b. Sistem Kendali Lup Tertutup

Pada sistem kontrol ini sinyal keluaran diukur secara terus-menerus lalu hasil pengukurannya diumpun balikkan ke pembanding yang terdapat pada peralatan kontroler. Pada alat pembanding ini antara *set point* dengan hasil pengukuran dibandingkan, dan hasilnya adalah sinyal kesalahan (error). Apabila didapatkan error (kesalahan), maka unit peralatan kontrol (controller) akan mengolah sinyal kesalahan dan mengirimkan sinyal output (keluaran) untuk memperbaiki kesalahan. Sehingga variabel output (keluaran) betul-betul sesuai dengan yang diinginkan. Berikut merupakan sistem kendali lup terbuka ditunjukan pada gambar 2.2.



Gambar 2.2. Sistem pengendalian lup tertutup

Fungsi alih sistem kontrol loop tertutup :

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{G(s)}{1+G(s).H(s)}$$

Keterangan :

G(s) : fungsi alih sistem

H(s) : fungsi alih transduser

Dalam sistem kontrol umpan balik “negatif”, titik setel dan nilai output dikurangkan satu sama lain karena umpan balik “*out-phase*” dengan input asli. Efek dari umpan balik negatif adalah untuk "mengurangi" gain. Karena umpan balik negatif menghasilkan respon rangkaian yang stabil, meningkatkan stabilitas, dan meningkatkan *bandwidth* operasi sistem yang diberikan, sebagian besar dari semua sistem kontrol dan umpan balik bersifat negatif sehingga mengurangi efek dari perolehan.

Dalam sistem kontrol umpan balik “positif”, titik setel dan nilai output ditambahkan bersama oleh pengontrol karena umpan baliknya “*in-phase*” dengan input asli. Efek dari umpan balik positif adalah untuk "meningkatkan" perolehan sistem yaitu, gain keseluruhan dengan umpan balik positif yang diterapkan akan lebih besar daripada gain tanpa umpan balik dalam sistem elektronik dan kontrol umpan balik positif dapat meningkatkan gain sistem terlalu banyak yang akan menimbulkan respons rangkaian osilasi karena meningkatkan besarnya sinyal input yang efektif.

Parameter yang digunakan dalam menentukan suatu sistem *close loop* yaitu *rise time*, *overshoot*, *settling time*, dan *steady state error*. *Rise time* merupakan waktu yang dibutuhkan oleh *output plant* yang melebihi 90% dari tingkat yang diinginkan saat pertama kali sistem dijalankan, *Overshoot* merupakan seberapa besar peak level yang lebih tinggi dari *steady state*,

Setting time merupakan waktu yang dibutuhkan sistem untuk mengkonvergenkan *steady state*. dan *Steady state error* merupakan perbedaan antara *steady state* output dengan output yang diinginkan.

2.2.5 Pemanas Listrik

Pemanas listrik merupakan alat yang berfungsi mengubah energi listrik menjadi energi panas melalui proses *Joule Heating*. Bentuk dan jenis dari *Electrical Heating Element* itu disesuaikan dengan fungsi, tempat pemasangan dan media yang akan di panaskan. Panas yang dihasilkan elemen pemanas listrik bersumber dari kawat ataupun pita bertahanan listrik tinggi (*Resistance Wire*) biasanya bahan yang digunakan adalah kawat nikelin yang digulung menyerupai bentuk spiral yang dialiri arus listrik pada kedua ujungnya (Wulandari, 2014). Ada dua jenis utama elemen pemanas listrik dibagi menjadi dua yaitu:

a. Elemen pemanas listrik bentuk dasar

Elemen pemanas dimana *Resistance Wire* hanya dilapisi oleh isolator listrik, contoh elemen pemanas bentuk ini adalah: *Ceramik Heater, Silica Dan Quartz Heater, Bank Channel heater, Black Body Keramik Heater*

b. Elemen pemanas listrik bentuk lanjut

Elemen pemanas dari bentuk dasar yang dilapisi oleh pipa atau lembaran plat logam berfungsi sebagai penyesuaian terhadap penggunaan dari elemen pemanas tersebut. Bahan logam yang biasa digunakan adalah: *mild stell, stainless stell*, tembaga dan kuningan. *Heater* yang termasuk dalam jenis ini adalah *Tubular Heater (Water Heater, Finned Heater, Cast in Heater)*,

Catridge Heater, Band Heater, Nozzle dan stripe dan Plate heater. Berikut ini elemen pemanas sesuai dengan jenis dan bentuknya:

- *Coil Heater*

Coil Heater berbentuk terbuka tidak tertutup isolator ataupun pipa selongsong. Digunakan untuk memanaskan udara karena panas yang dihasilkan dapat langsung di transfer ke udara sekitarnya dimana media yang akan dipanaskan tidak langsung mengenai gulungan pemanas. Pemanas jenis ini baik untuk diterapkan pada kompor listrik, oven dan tungku.

- Infrared

Pemanasan infrared merupakan suatu kondisi ketika energi infrared memancar pada sebuah objek dengan kekuatan energi elektromagnetik yang dipancarkan di atas -273°C . Pemanasan infrared banyak digunakan pada alat-alat seperti pemanggang dan bola lampu. Lampu infrared adalah lampu pijar yang kawat pijarnya menghasilkan suhu diatas $\pm 2500^{\circ}\text{K}$ hal ini menyebabkan sinar inframerah yang dipancarkannya menjadi lebih banyak dari pada lampu pijar biasa. Lampu infrared ini biasanya digunakan untuk melakukan proses pemanasan di bidang industri.

- *Quartz Heater*

Pemanas pada jenis ini merupakan elemen pemanas yang digulung di atas batangan keramik sehingga kedua terminal ada pada satu sisi kemudian gulungan ini dimasukan ke dalam *tube* berbahan dasar silika. *Tube* diberi lapisan pipa PVC atau teflon berlubang yang fungsinya sebagai pelindung *quartz* dari benturan dengan benda lain saat dicelup ke

cairan yg akan dipanaskan. Penggunaan *quartz heater* ini biasanya digunakan untuk memanaskan cairan kimia dengan suhu yang tidak terlalu tinggi.

- *Tubular Heater*

Tubular Heater ini memiliki bentuk paling banyak, tetapi masih bisa digolongkan menurut pemakaiannya yaitu: *Tubular heater* standar Berbentuk lurus, *U form*, *W form*, *multyform* ataupun *over the side heater* yang digunakan untuk memanaskan udara atau cairan.

- *Heater* kering

Heater kering merupakan pemanas yang digunakan untuk memanaskan besi atau plat pada elemen. *Heater* ini hanya bisa digunakan pada kondisi kering. Biasanya *heater* jenis ini digunakan sebagai elemen pemanas utama pada setrika.

2.2.6 Pengatur Otomatisasi Suhu dan Kelembaban

Pengaturan adalah suatu aktivitas mengatur, mengendalikan, mengarahkan, memerintah. Sedangkan Otomatis adalah bekerja sendiri atau dengan sendirinya. Dalam hal ini istilah pengaturan atau kontrol mengandung tiga aspek lkyaitu rencana yang jelas, dapat melakukan pengukuran, dan dapat melakukan tindakan. Dari pengertian tersebut pengaturan otomatis adalah membuat sesuatu sesuai dengan rencanan kita dan juga berjalan dengan sendirinya tanpa campur tangan manusia secara langsung.

2.2.6.1 Sensor Suhu

Sensor merupakan suatu alat yang mampu merespon suatu masukan yang berupa sifat fisik lalu mengkonversikannya ke dalam suatu sinyal elektrik melalui

kontak elektronik. Sensor yang baik memiliki beberapa syarat, berikut persyaratan sensor yang baik :

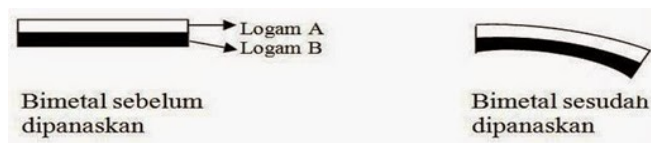
- a. Memiliki linieritas tinggi
- b. Memiliki sensitivitas yang tinggi
- c. Memiliki tanggapan waktu yang cepat
- d. Tidak mudah terpengaruh oleh temperature sekeliling
- e. Memiliki stabilitas waktu yang baik
- f. Memiliki nilai toleransi yang kecil
- g. Memiliki tanggapan dinamik yang baik

Sensor suhu adalah suatu komponen yang dapat mengubah besaran panas menjadi besaran listrik sehingga dapat mendeteksi gejala perubahan suhu pada obyek tertentu (Wilson, 2005). Metode yang digunakan untuk membuat sensor suhu dengan menggunakan bahan logam dan bahan semikonduktor. Logam dan bahan semikonduktor bisa berubah hambatannya terhadap arus listrik tergantung pada suhunya. Pada logam semakin besar suhu maka nilai hambatan akan semakin naik, sedangkan semi konduktor semakin besar suhu maka nilai hambatan akan semakin turun. Berikut ini adalah beberapa jenis sensor suhu antara lain:

1. Bimetal

Bimetal merupakan sensor suhu yang terbuat dari dua buah lempengan logam yang berbeda koefisien muainya (α) yang direkatkan menjadi satu. Bila suatu logam dipanaskan maka akan terjadi pemuaian, besarnya pemuaian tergantung dari jenis logam dan tingginya temperatur kerja logam tersebut. Bila dua lempeng logam saling direkatkan dan dipanaskan maka

logam yang memiliki koefisien muai lebih tinggi akan memuai lebih panjang. Perbedaan reaksi muai tersebut maka bimetal akan melengkung kearah logam yang memiliki koefisien muai lebih rendah. Berikut merupakan konstruksi bimetal pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 Kontruksi Bimetal

Sumber: (www.slideshare/bimetal-switch.com)

Disini berlaku rumus pengukur temperatur dwi-logam yaitu :

$$r = \frac{t \left[3(1+m)^2 + (1+mn) \left(m^2 + \frac{1}{mn} \right) \right]}{6(\alpha_1 + \alpha_2)(T - T_0)(1+m)^2}$$

Keterangan :

r = jari-jari pembengkokan.

t = tebal gabungan bilah terikat.

n = perbandingan tebal bahan ekspansi muai rendah dengan ekspansi muai tinggi (E_B/E_A).

$T - T_0$ = kenaikan temperatur.

α_1, α_2 = koefisien muai panas logam 1 dan logam 2.

2. Termistor

Termistor merupakan alat semikonduktor yang karakteristiknya adalah sebagai tahanan dengan koefisien tahanan temperatur yang tinggi. Umumnya tahanan termistor pada temperatur ruang dapat berkurang 6% untuk setiap kenaikan temperatur sebesar 1°C , sehingga termistor sangat sesuai untuk pengukuran, pengontrolan dan kompensasi temperatur secara

presisi. Di samping itu, tahanan mengikuti perubahan eksponensial dengan suhu, dan bukan hubungan polinomial. Jadi, untuk termistor berlaku:

$$R = R_0 \exp \left[\beta \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right) \right]$$

Keterangan :

R = Resistansi pada suhu rujukan T

R₀ = Resistansi pada suhu rujukan T₀.

β = suatu konstanta yang ditentukan dengan eksperimen

T = suhu awal

T₀ = suhu akhir

Berdasarkan koefisien suhunya, termistor dibedakan menjadi 2 jenis, yaitu:

a) NTC (*Negative Temperature Coefficient*).

Merupakan termistor yang mempunyai koefisien negatif, artinya perbandingan antara suhu dengan resistansinya berbanding terbalik, jika resistansi meningkat maka suhu akan menurun dan sebaliknya.

$$\Delta R = -k\Delta T$$

keterangan :

ΔR = Perubahan resistansi

ΔT = Perubahan Suhu

k = Orde pertama koefisien suhu dari resistansi.

b) PTC (*Positive Temperature Coefficient*).

Merupakan termistor yang memiliki koefisien positif, yaitu antara suhu dengan resistansinya sebanding. Jika resistansinya naik maka suhunya juga akan mengalami kenaikan, begitupun sebaliknya.

Berikut ini rumus PTC:

$$\Delta R = k\Delta T$$

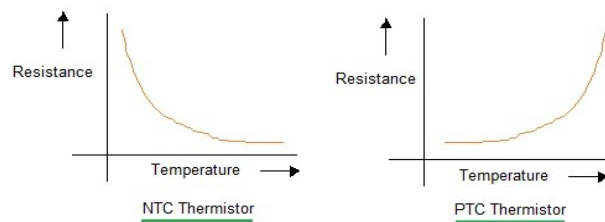
keterangan :

ΔR = Perubahan resistansi

ΔT = Perubahan Suhu

k = Orde pertama koefisien suhu dari resistansi.

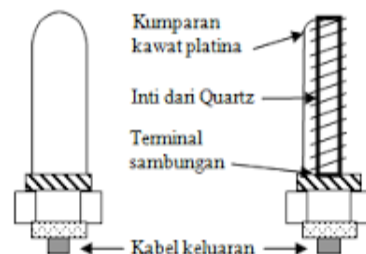
Berikut ini merupakan karakteristik dari PTC dan NTC bisa dilihat pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 Karakteristik PTC dan NTC.

3. Resistance Thermal Detector (RTD)

RTD berfungsi untuk mengubah suhu menjadi resistansi/hambatan listrik yang sebanding dengan perubahan suhu. Semakin tinggi suhu, resistansinya semakin besar. RTD di buat dari bahan kawat tahan korosi, kawat tersebut dililitkan pada bahan keramik isolator. Berikut merupakan konstruksi RTD pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 Kontruksi RTD.

Sumber: (diyas07mulya.wordpress.com)

Resistance Thermal Detector (RTD) perubahan tahanannya lebih *linear* terhadap temperatur uji tetapi koefisien lebih rendah dari termistor dan model matematis liniernya adalah :

$$R_T = R_0(1 + \alpha \Delta t)$$

Keterangan :

R_0 = tahanan konduktor pada temperatur awal (biasanya 0 °C).

R_T = tahanan konduktor pada temperatur t °C.

α = koefisien temperatur tahanan.

Δt = selisih antara temperatur kerja dengan temperatur awal.

4. *Thermokopel*

Berfungsi sebagai sensor suhu rendah dan tinggi yaitu suhu serendah 300°F sampai dengan suhu tinggi yang digunakan pada proses industri baja, gelas dan keramik yang lebih dari 300°F. *Thermokopel* dibentuk dari dua buah penghantar yang berbeda jenisnya. Prinsip kerja dari *Thermokopel* yaitu jika salah satu bagian pangkal dipanasi, maka pada kedua ujung penghantar yang lain akan muncul beda potensial (*electro motive force*). Sebuah rangkaian termokopel sederhana dibentuk oleh 2 buah penghantar yang berbeda jenis yang dililit bersama-sama. Salah satu ujung T merupakan *measuring junction* dan ujung yang lain sebagai *reference junction*. *Reference junction* dijaga pada suhu konstan 32°F (0°C). Bila ujung T dipanasi hingga terjadi perbedaan suhu terhadap ujung Tr, maka pada kedua ujung penghantar besi dan konstantan pada pangkal Tr menimbulkan beda potensial (*electro motive force*) sehingga mengalir arus listrik pada rangkaian tersebut, ini yang disebut *efek Seebeck*. Berikut merupakan konstruksi thermocouple pada gambar 2.6.

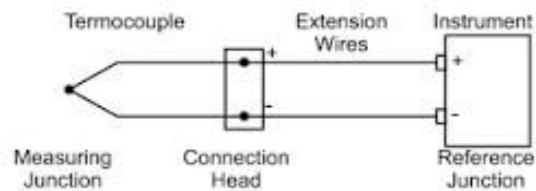


Figure 4.1
Typical thermocouple and extension leads

Gambar 2.6 Kontruksi pengukuran dengan Thermocouple
Sumber: (www.instrumentationtoolbox.com)

Thermokopel bekerja berdasarkan perbedaan pengukuran. Oleh karena itu jika digunakan untuk mengukur suhu yang tidak diketahui, terlebih dulu harus diketahui tegangan V_c pada suhu referensi. Bila *thermokopel* digunakan untuk mengukur suhu yang tinggi maka akan muncul tegangan sebesar V_h . Tegangan sesungguhnya adalah selisih antara V_c dan V_h yang disebut *net voltage* (V_{net}). Besarnya V_{net} ditentukan dengan rumus:

$$V_{net} = V_h - V_c$$

Keterangan :

V_{net} = tegangan keluaran thermokopel (Volt).

V_h = tegangan yang diukur pada suhu tinggi (Volt).

V_c = tegangan referensi (Volt).

5. Dioda

Dioda semikonduktor merupakan sambungan antara logam jenis P dengan jenis N. Dalam kondisi tidak diberi pengaruh ($V_D = 0V$) dari luar, pada sambungan tersebut terjadi *depletion layer* (daerah kosong =dk) dan merupakan energi halangan karena pada daerah tersebut elektron (negatif) dan *hole* (positif) saling berdifusi. Apabila dioda dicatu daya dengan $V_D > 0V$ atau P lebih positif terhadap N maka akan terjadi gaya pada *hole* (positif) dan elektron (negatif) yang mengakibatkan *hole* dan elektron bergerak

menuju sambungan. Akibatnya daerah kosong menyempit dan energi halangan menjadi sangat kecil. Hal ini menyebabkan arus mengalir terutama akibat pembawa mayoritas yaitu jenis P ke N dan jenis N ke P. Sebaliknya arus pembawa minoritas mengalir arah sebaliknya tidak dipengaruhi oleh catu daya. Pemberian catu daya ini disebut dicatu maju atau *forward bias*.

Dalam kondisi dioda tidak mendapat catu daya dari luar dioda memiliki daerah kosong. Daerah kosong tersebut akan dapat mengalirkan arus bila catu daya yang dipasang mampu mengalahkan halangan pada daerah kosong tersebut. Tegangan E yang dibutuhkan lebih besar dari tegangan halangan (V_T) yang dimiliki oleh dioda. Berikut ini merupakan perhitangn dari arus dioda :

$$I_D = I_S \left(e^{\left(\frac{V_D}{n \cdot V_T}\right)} - 1 \right)$$

Keterangan :

I_D = arus dioda.

I_S = arus jenuh mundur.

e = bilangan aturan dioda (2,71).

V_D = tegangan dioda.

n = konstanta dioda Ge = 1 , Si = 2.

V_T = tegangan ekuivalen temperatur.

Harga I_S suatu dioda dipengaruhi oleh temperatur tingkat *doping* dan geometri dioda. Sedangkan harga V_T ditentukan oleh persamaan:

$$V_T = \frac{K \cdot T}{q}$$

Keterangan :

V_T = tegangan ekuivalen temperatur (Volt).

K = konstanta Boltzman $1,381 \times 10^{-23}$ j/k

T = Temperatur mutlak (kelvin)

q = muatan elektron $1,602 \times 10^{-19}$ C

Pada arus tertentu, jika diberi arus konstan, kenaikan suhu menyebabkan tegangan turun berubah dari VD_1 ke VD_2 . Keadaan ini menjadikan dioda pertemuan positif dan negatif dapat dimanfaatkan sebagai sensor suhu.

2.2.6.2 Sensor Kelembaban

Sensor kelembaban adalah suatu alat ukur yang digunakan untuk membantu dalam proses pengukuran tingkat kelembaban uap air yang terkandung dalam udara. Ada 3 jenis sensor kelembaban yaitu:

- *Capacitive Sensor*

Sebuah kapasitor air-filled/terisi-udara dibuat sebagai suatu sensor kelembaban relative karena uap dalam atmosfer merubah permivitas elektrik udara. Sebuah kapasitor air-filled/terisi-udara dibuat sebagai suatu sensor kelembaban relative karena uap dalam atmosfer merubah permivitas elektrik udara menurut persamaam di bawah ini

$$\kappa = 1 + \frac{211}{T} \left(P + \frac{48P_s}{T} H \right) 10^{-6}$$

Dimana :

T = ketentuan suhu (dalam K)

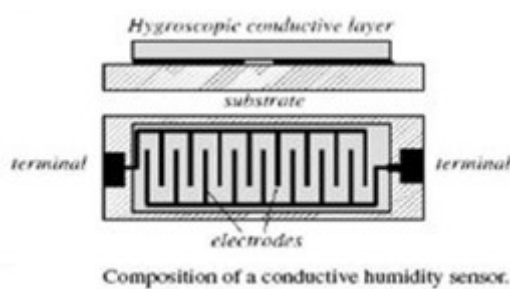
P = adalah tekanan udara basah (dalam mHg)

deposited SiO₂ atau phosphorosilicate glass (CVDPSG). Kerapatan dari lapisan berkisar antara 30-4000 Å.

- *Electrical Conductivity Sensor*

Resistansi dari banyak konduktor nonmetal secara umum tergantung padakandungan air konduktor tersebut, yang merupakan suatu dasar dari sensor kelembaban resistif atau hygrometer.

Berikut ini merupakan bagian sensor kapasitif dapat dilihat pada gambar 2.8.



Gambar 2.8 Komposisi sensor kelembaban konduktif

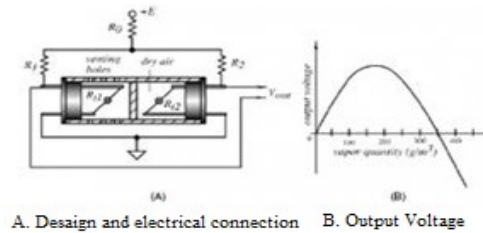
Sumber: (dokumen.tips/sensor-kapasitif)

Sensor tersebut berisi suatu material yang resistivitasnya rendah yang berubah secara signifikan dibawah perubahan kondisi kelembaban. Contoh lainnya dari sensor kelembaban konduktivitasnya disebut dengan “*Pope element*” yang terdiri dari polystyrene yang dilakukan / diperlakukan dengan asam sulfur untuk memperoleh karakteristik surface resistivitas yang diinginkan.

- *Thermal Conductivity Sensor*

Penggunaan konduktivitas thermal dari gas untuk mengukur kelembaban dapat di ukur oleh sebuah sensor thermistor. Dua thermistor kecil (Rt1 dan Rt2) didukung dengan kawat-kawat tipis untuk memperkecil rugi konduktivitas thermal. Thermistor pada sebelah kiri dibuka agar gas yang berada diluar masuk melalui lubang dan thermistor sebelah kanan tertutup dengan rapat

dalam udara kering. Thermistor tersebut menghasilkan self heating pada penerimaan arus rangkaian. Berikut ini bagian *Thermal Conductivity Sensor* pada gambar 2.9.

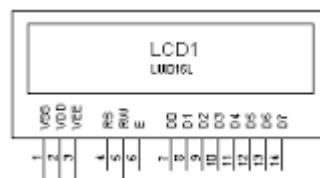


Gambar 2.9 *Thermal Conductivity Sensor*

Awalnya jembatan diseimbangi dalam udara kering untuk menentukan suatu nilai referensi nol. Keluaran dari sensor ini bertambah secara berangsur-angsur seperti kenaikan kelembaban absolute dari nol.

2.2.7 LCD

LCD (*Liquid Crystal Display*) adalah perangkat elektronik yang dapat digunakan untuk menampilkan angka atau teks (Kusriyanto et al, 2017). LCD pada dasarnya terdiri dari dua bagian utama yaitu bagian Backlight (Lampu Latar Belakang) dan bagian *Liquid Crystal* (Kristal Cair). LCD 16x2 dapat dilihat pada gambar 2.10 berikut.



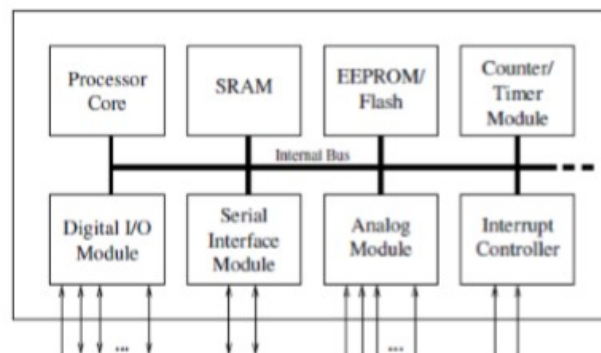
Gambar 2.10 *Liquid Crystal Display 16x2*
Sumber : (roboticbasics.com)

LCD tidak memancarkan pencahayaan apapun, LCD hanya merefleksikan dan mentransmisikan cahaya yang melewatinya. Oleh karena itu, LCD memerlukan Backlight atau Cahaya latar belakang untuk sumber cahayanya.

Cahaya Backlight tersebut pada umumnya adalah berwarna putih. Sedangkan Kristal Cair (*Liquid Crystal*) sendiri adalah cairan organik yang berada diantara dua lembar kaca yang memiliki permukaan transparan yang konduktif.

2.2.8 Mikrokontroler

Mikrokontroler merupakan single-chip komputer yang dapat digunakan untuk mengontrol sistem yang mudah digunakan didalam berbagai peralatan rumah tangga, kantor, industri maupun robot (Ibrahim, 2006). Mikrokontroler disebut juga MCU (*Micro Chip Unit*) yang merupakan salah satu komponen elektronik atau IC yang memiliki beberapa sifat dan komponen seperti komputer yaitu CPU (*Control Processing Unit*) sebagai unit pemrosesan terpusat, memori kode, memori data, dan Port Input/Output (I/O). Pada gambar 2.11 menunjukkan susunan dasar mikrokontroler.



Gambar 2.11 Susunan dasar mikrokontroler
Sumber : (Gridling dan Weiss, 2007)

Penjelasan dari bagian-bagian dalam struktur mikrokontroler sebagai berikut:

1. Processor Core

CPU merupakan inti prosesor utama dari mikrokontroler yang terdiri dari beberapa bagian yaitu unit logika atau ALU (*Arithmetic Logic Unit*) dan unit pengendali (*control unit*). Disamping itu juga mempunyai beberapa simpanan yang berukuran kecil disebut dengan register. Berikut penjelasannya :

a. ALU (*Arithmetic Logic Unit*)

ALU digunakan untuk melakukan pengolahan logika (dan fungsi matematis yang sesuai dengan instruksi program dan dapat menyimpan beberapa informasi.

b. Control Unit

Control Unit berfungsi untuk mengambil, mengkode, dan melaksanakan urutan instruksi suatu program yang tersimpan dalam memori. Tugas dari kontrol unit menentukan operasi mana yang harus dijalankan dan untuk mengkonfigurasi jalur data yang sesuai.

c. Register File

Register adalah alat penyimpanan yang mempunyai kecepatan untuk akses yang cukup tinggi dengan menyimpan data sementara yang sedang diproses. Dengan adanya register data sementara, maka proses pengolahan data dilakukan dengan jauh lebih cepat.

2. Memori

Klasifikasikan jenis memori berdasarkan sifat fisik didasarkan pada permanen atau tidaknya data yang tersimpan pada memori, dua jenis memori tersebut yaitu memori *volatile* dan *non-volatile*. Memori *volatile* merupakan memori yang datanya akan hilang segera setelah sistem daya dimatikan, biasanya di kenal dengan RAM (*Random Access Memory*). Sedangkan memori *non voltage* adalah memori yang datanya dapat ditulis serta dihapus, tetapi data akan tetap ada walaupun dalam kondisi *off* serta tidak membutuhkan catu daya, biasanya dikenal dengan ROM (*Read Only Memory*). Berikut ini adalah klasifikasi jenis memori berdasarkan sifat fisik.

a. RAM (*Random Access Memory*).

RAM (*Random Access Memory*) merupakan memori yang bersifat sementara, data pada memori ini disimpan hanya pada saat sistem dihidupkan. RAM digunakan karena memiliki kecepatan akses yang lebih baik dibandingkan memori *non volatile*, kecepatan aksesnya yaitu pada kisaran nanodetik sedangkan memori *non volatile* kecepatan aksesnya pada kisaran milidetik. RAM di bagi menjadi dua yaitu SRAM (*Static Random Access Memory*) dan DRAM (*Dynamic Random Access Memory*).

b. ROM (*Read Only Memory*)

ROM (*Read Only Memory*) merupakan jenis pertama memori semikonduktor *non-volatile*. ROM bersifat permanen, artinya program atau data yang disimpan di dalam ROM tidak mudah hilang atau berubah walau aliran listrik di matikan. Menyimpan data pada ROM tidak dapat dilakukan dengan mudah pasalnya program atau data yang ada di dalam ROM diisi langsung oleh pabrik yang membuatnya, Data pada ROM dimasukkan langsung melalui mask pada saat perakitan chip. Jenis-jenis ROM ada MROM (*Mask-ROM*), PROM (*Programmable Read Only Memory*), EPROM (*Erasable Programmable Read Only 32 Memory*), EEPROM (*Electrically Erasable and Programmable ROM*), Flash Memory dan NVRAM (*Non-Volatile RAM*).

3. Digital Input / Output (Digital I/O)

Digital I/O memiliki kemampuan untuk memantau dan mengontrol perangkat keras. Hampir semua mikrokontroler memiliki setidaknya memiliki 1-2 digital pin I/O yang dapat langsung terhubung ke perangkat keras. I/O pin

umumnya dikelompokkan menjadi port dari 8 pin yang dapat diakses dengan akses byte tunggal. Pin dapat menjadi masukan saja, output saja, atau dua arah, yaitu, sebagai input dan output. Pin I/O ini berfungsi untuk mengeluarkan data digital atau menginput data digital. Pada Digital I/O mikrokontroler memetakan tagangan dalam satu dari dua keadaan, yaitu logika 0 atau 1. Pada logika positif, 1 sesuai dengan keadaan tinggi (High) dan 0 sesuai dengan keadaan rendah (Low). Pada logika negatif 1 sesuai dengan keadaan rendah (Low) dan 0 sesuai dengan keadaan rendah (Low). Terdapat tiga register yang mengontrol perilaku pin yaitu Data Direction Register (DDR), Port Register (PORT), dan Port Input Register (PIN). Berikut ini bagian-bagian yang terdapat pada digital I/O :

a. Digital Input

Digital input digunakan setiap kali sinyal harus ditafsirkan secara digital, yaitu keadaan tinggi (sesuai dengan logika 1) dan rendah (sesuai dengan 0). Sinyal ditafsirkan sebagai tinggi atau rendah tergantung pada tingkat tegangan.

b. Digital Sampling

Proses ini mengubah representasi sinyal kontinyu menjadi sinyal diskrit. Dapat diibaratkan sebagai saklar on/off yang membuka dan menutup setiap periode tertentu (T). Kecepatan pengambilan sampel (frekuensi sampling) dari sinyal analog yang akan dikonversi haruslah memenuhi kriteria Nyquist yaitu $F_s > 2 F_{in\ max}$. Dimana frekuensi sampling (F_s) minimum adalah 2 kali frekuensi sinyal analog yang akan dikonversi ($F_{in\ max}$). Ini adalah batas minimum dari frekuensi sample agar nantinya cuplikan yang diambil

menunjukkan bentuk sinyal yang asli. Selanjutnya adalah proses perbandingan level-level tiap diskrit sinyal hasil sampling dengan tetapan level tertentu. Level-level ini adalah tetapan angka-angka yang dijadikan menjadi bilangan biner.

c. Digital Output

Digital output digunakan untuk mengatur output pin ke tingkat tegangan yang diberikan. Tingkat corresponding untuk tinggi dan rendah ditentukan oleh kontroler dan tergantung pada tegangan operasi kontroler. Setiap kali DDR pin diatur ke output, drive pin dikontrol sesuai dengan nilai yang diberikan dalam port. Pin keluaran umumnya memiliki port atau sumber arus, sehingga dapat membedakan antara output pin dan output sumber.

4. Analog Input / Output (Analog I/O)

Cara merubah Input sinyal analoga ke sinyal digital dalam mikrokontroller adalah dengan membandingkan tegangan referensi yang diketahui. Sinyal input analog adalah suatu input yang memiliki bentuk gelombang yang kontinyu yang dinyatakan dalam gelombang sinusoidal.

a. ADC (Analog to Digital Converter)

ADC adalah perangkat elektronika yang berfungsi untuk mengubah sinyal analog (sinyal kontinyu) menjadi sinyal digital. ADC berfungsi sebagai jembatan pemrosesan sinyal analog oleh sistem digital. ADC memiliki 2 karakter prinsip, yaitu kecepatan sampling dan resolusi. Kecepatan sampling suatu ADC menyatakan seberapa sering sinyal analog dikonversikan ke bentuk sinyal digital pada selang waktu tertentu. Kecepatan sampling biasanya dinyatakan dalam sample persecond (SPS). Resolusi ADC

menentukan ketelitian nilai hasil konversi ADC. ADC 12 bit akan memberikan ketelitian nilai hasil konversi yang jauh lebih baik daripada ADC 8 bit. Prinsip kerja ADC adalah mengkonversi sinyal analog ke dalam bentuk besaran yang merupakan rasio perbandingan sinyal input dan tegangan referensi. Berikut ini merupakan perhitungan perolehan sinyal digital pada

ADC 10 bit.

$$ADC = \frac{1023}{V_{ref}} \times V_{in}$$

Keterangan :

ADC = Analog Digital Converter

V_{in} = Tegangan Input

V_{ref} = Tegangan Referensi

Bentuk komunikasi yang paling mendasar antara wujud digital dan analog adalah piranti (biasanya berupa IC) disebut komparator. secara sederhana membandingkan dua tegangan pada kedua terminal inputnya. Bergantung pada tegangan mana yang lebih besar, outputnya akan berupa sinyal digital 1 (high) atau 0 (low).

5. Interrupt Circuit

Rangkaian interupsi adalah rangkaian yang memiliki fungsi untuk mengendalikan sinyal-sinyal interupsi baik internal maupun eksternal. Adanya sinyal interupsi akan menghentikan eksekusi normal program mikrokontroler untuk selanjutnya menjalankan sub program dari interupsi tersebut.

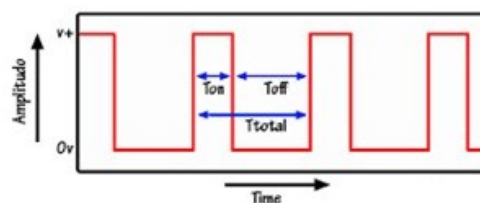
6. Timer/Counter

Timer/counter digunakan untuk melakukan salah satu dari 3 (tiga) fungsi berikut, yaitu: penghitungan suatu interval waktu (interval timing),

penghitungan banyaknya kejadian (event counting) dan pembangkit baud rate (baud rate generation).

7. PWM (*Pulse Width Modulation*)

PWM adalah sebuah cara memanipulasi lebar sinyal yang dinyatakan dengan pulsa dalam satu periode guna mendapatkan tegangan rata-rata yang berbeda. PWM diciptakan dengan menswitch antara kondisi on (logika 1) dan off (logika 0). Aplikasi PWM berbasis mikrokontroler biasanya berupa pengendalian pengaturan nyala terang LED (Rudito, 2012). Semakin besar perbandingan lama sinyal *high* dengan periode sinyal maka semakin terang nyala LED. Modulasi lebar pulsa diperoleh dengan bantuan sebuah gelombang kotak yang disebut dengan duty cycle. Ton merupakan waktu dimana tegangan keluaran berada pada posisi tinggi (logika1) dan pada posisi rendah (logika 0) (Samsul dan Akhmad, 2014). Pada gambar 2.12 menunjukkan bentuk sinyal PWM.



Gambar 2.12 Sinyal PWM
Sumber : (Rudito, 2012)

Duty cycle dari PWM dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$D = \frac{T_{on}}{T_{on} + T_{off}} \times 100\%$$

Keterangan :

D : duty Cycle (lamanya pulsa high dalam 1 periode)

Ton : waktu pulsa high

Toff : waktu pulsa low

Pada Duty cycle 100% berarti sinyal tegangan pengatur nyala terang LED dilewatkan seluruhnya.

2.2.9 Software Arduino

Board Arduino Uno menggunakan software bawaannya sendiri untuk menulis programnya yang bersifat open source. Software ini menggunakan bahasa pemrograman bahasa C. IDE Arduino adalah software yang disediakan di situs arduino.cc yang bertujuan sebagai perangkat pengebang sketch yang digunakan sebagai program dipapan Arduino (Dewi and Arianto 2015). IDE (Integreted Development Environment) adalah bentuk pengembangan program yang terintegrasi sehingga berbagai keperluan yang disediakan dan dinyatakan dalam bentuk antar muka berbasis menu. Beberapa contoh program yang digunakan pada software Arduino Uno:

- Void setup()

Digunakan untuk kode program yang hanya dijalankan sekali setelah mikrokontroler dijalankan. Ini merupakan bagian persiapan atau inisialisasi program.

- Void loop()

Digunakan untuk menjalankan program secara terus – menerus. Berisi program utama yang dijalankan.

- Intriksi percabangan if dan else

Digunakan untuk menguji sebuah program terpenuhi atau tidak melalui sebuah kondisi. Bila instruksi belum dipenuhi, maka program tidak akan berjalan maju ke instruksi selanjutnya.

- Instruksi perulangan for-loop

Digunakan untuk membuat perulangan pada blok program dalam jumlah tertentu, yaitu sebanyak nilai conter yang di tentukan.

- PIN Input Output

- `pinMode()`, digunakan untuk mengatur sebuah kaki I/O digital, untuk dijadikan Input atau Output, dan ditempatkan di viod `setup()`.
- `analogRead()`, digunakan untuk membaca sinyal digital yang masuk ke mikrokontroller.
- `digitalWrite()`, digunakan untuk mengeluarkan sinyal digital dari mikrokontroller.

Dengan program IDE tersebut dapat mengaktifkan dan mengontrol kerja module relay sesuai dengan program yang ditentukan.

2.2.10 Flowchart (Diagram Alir)





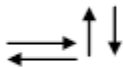





Flowchart (diagram alir) adalah bagan *chart* yang menunjukkan alir (*flow*) di dalam program atau prosedur sistem secara logika. Flowchart merupakan metode untuk menggambarkan tahap-tahap pemecahan masalah dengan merepresentasikan simbol-simbol tertentu yang mudah dimengerti. Tujuan pnggunaan flowchart adalah untuk menggambar suatu tahapan penyelesaian masalah secara sederhana, rapi dan jelas dengan simbol yang standar. Untuk menggambarkan suatu diagram alir dapat mengikuti pedoman sebagai berikut:

- a. Diagram alir sebaiknya digambar dari atas ke bawah.
- b. Memiliki alur yang jelas kemana sistem akan bekerja dari awal akan dimulai hingga dimana akan berakhir.
- c. Menggunakan simbol-simbol bagan alir yang standar.

- d. Masing-masing kegiatan didalam bagan alir menggunakan kata yang mewakili suatu pekerjaan.
- e. Terdapat urutan yang semestinya dalam diagram alir.
- f. Menggunakan simbol penghubung untuk kegiatan yang terpotong dan akan disambung pada tempat lain.

Pada tabel 2.2 dapat dilihat simbol-simbol standar yang digunakan untuk menyusun atau menggambarkan flowchart sebagai berikut:

Tabel 2.2. Simbol flowchart

Simbol	Keterangan
	Penghubung Simbol untuk keluar/masuk atau proses dalam lembar atau halaman lain.
	Input Output Simbol yang menyatakan proses <i>input</i> dan <i>output</i> tanpa tergantung dengan jenis peralatannya.
	Dokumen Simbol yang menyatakan <i>input</i> berasal dari dokumen dalam bentuk kertas atau ouput dicetak di kertas.
	On Line Storage Simbol yang menunjukkan bahwa data di dalam simbol ini akan di simpan.
	Simbol Garis Alir Digunakan untuk menunjukkan arah selanjutnya yang akan dituju dari simbol-simbol dan <i>flowchart</i> .
	Simbol Manual Simbol yang menunjukkan pengolahan yang tidak dilakukan oleh komputer.
	Terminal Simbol yang menunjukkan untuk permulaan atau akhir suatu sistem.
	Kondisi Simbol keputusan yang menunjukkan kondisi.
	Proses Simbol yang menunjukkan pengolahan dilakukan oleh komputer.
	Penghubung Simbol untuk keluar/masuk prosedur atau proses dalam lembar atau halaman yang masih sama.

2.2.11 Relay Modul

Relay adalah komponen elektronika yang bekerja berdasarkan elektromagnetik untuk menggerakkan sejumlah kontaktor yang tersusun atau sebuah saklar elektronis yang dapat dikendalikan dari rangkaian elektronik lainnya dengan memanfaatkan tenaga listrik sebagai sumber energinya. Kontaktor akan tertutup (menyala) atau terbuka (mati) karena efek induksi magnet yang

dihasilkan kumparan (induktor) ketika dialiri arus listrik. Berbeda dengan saklar, pergerakan kontaktor (on atau off) dilakukan manual tanpa perlu arus listrik.

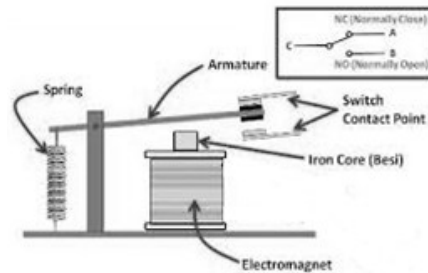
Relay terdiri dari 3 bagian utama, yaitu:

1. Common, merupakan bagian yang tersambung dengan NC (dalam keadaan normal).
2. Koil (kumparan), merupakan komponen utama relay yang digunakan untuk menciptakan medan magnet.
3. Kontak, yang terdiri dari *Normally Close (NC)* dan *Normally Open (NO)*.

Dalam pemakaiannya biasanya relay yang digerakkan dengan arus DC dilengkapi dengan sebuah dioda yang diparalel dengan lilitannya dan dipasang terbalik yaitu anoda pada tegangan(-) dan katoda pada tegangan (+). Ini bertujuan untuk mengantisipasi sentakan listrik yang terjadi pada saat relay berganti posisi dari on ke off agar tidak merusak komponen di sekitarnya. Penggunaan relay perlu memperhatikan tegangan pengontrolnya serta kekuatan relay menswitch arus/tegangan. Misalnya relay 12VDC/4A 220V, artinya tegangan yang diperlukan sebagai pengontrolnya adalah 12Volt DC dan mampu menswitch arus listrik (maksimal) sebesar 4A pada tegangan 220Volt. Sebaiknya relay difungsikan 80% saja dari kemampuan maksimalnya agar aman, lebih rendah lagi lebih aman. Relay terdiri atas bagian-bagian utama sebagai berikut.

1. *Coil* atau Kumparan, merupakan gulungan kawat yang mendapat arus listrik. adalah sejenis saklar yang pergerakannya tergantung dari ada tidaknya arus listrik di *coil*.
2. *Contact* atau Penghubung, merupakan sejenis saklar yang pergerakannya tergantung dari ada tidaknya arus listrik di *coil*. *Contact* ada 2 jenis

yaitu *NO* (kondisi awal sebelum diaktifkan open) dan *NC* (kondisi awal sebelum diaktifkan close). Berikut merupakan struktur relay dapat dilihat pada gambar 2.13



Gambar 2.13 Struktur relay
Sumber: (immersa-lab.com)

Cara kerja relay adalah sebagai berikut :

1. Saat Coil mendapatkan energi listrik akan menimbulkan gaya elektromagnetik
2. Gaya magnet yang ditimbulkan akan menarik plat/lengan kontak (armature) berpegas (bersifat berlawanan), sehingga menghubungkan 2 titik contact

Ada beberapa jenis relay berdasarkan cara kerjanya yaitu:

1. Normaly On

Kondisi awal kontaktor tertutup (On) dan akan terbuka (Off) jika relay diaktifkan dengan cara memberi arus yang sesuai pada kumparan atau koil relay. Istilah lain kondisi ini adalah Normaly Close (NC).

2. Normaly Off

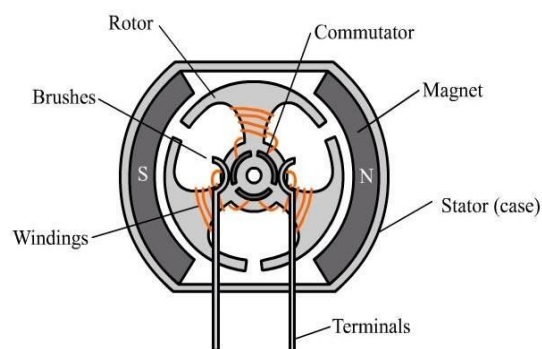
Kondisi awal kontaktor terbuka (Off) dan akan tertutup jika relay diaktifkan dengan cara memberi arus yang sesuai pada kumparan atau koil relay. Istilah lain kondisi ini adalah Normaly Open (NO).

3. Change-Over (CO) atau Double-Throw (DT)

Relay jenis ini memiliki dua pasang terminal dengan dua kondisi yaitu Normaly Open (NO) dan Normaly Close (NC).

2.2.12 Motor DC

Motor DC (*Direct Current*) adalah peralatan elektromekanik dasar yang berfungsi untuk mengubah tenaga listrik menjadi tenaga mekanik. Motor DC merupakan jenis motor yang menggunakan tegangan searah sebagai sumber tenaganya. Dengan memberikan beda tegangan pada kedua terminal tersebut, motor akan berputar pada satu arah, dan bila polaritas dari tegangan tersebut dibalik maka arah putaran motor akan terbalik pula. Polaritas dari tegangan yang diberikan pada dua terminal menentukan arah putaran motor sedangkan besar dari beda tegangan pada kedua terminal menentukan kecepatan motor (Frank D. Petruzella, 2001 : 331) Motor DC memiliki 3 bagian atau komponen utama untuk dapat berputar. Yang ditunjukkan seperti gambar 2.14.



Gambar 2.14. Bagian Motor DC (Direct Current)
Sumber: (artikel-teknologi.com)

1. Kutub medan. Secara sederhana bahwa interaksi dua kutub magnet akan menyebabkan perputaran pada motor DC. Motor DC memiliki kutub medan yang stasioner dan dinamo yang menggerakkan *bearing* pada ruang diantara kutub medan. Motor DC sederhana memiliki dua kutub medan yaitu kutub utara dan kutub selatan.

2. Rotor. Bila arus masuk menuju rotor (bagian motor yang bergerak), maka arus ini akan menjadi elektromagnet. Rotor yang berbentuk silinder, dihubungkan ke as penggerak untuk menggerakkan beban. Untuk kasus motor DC yang kecil, rotor berputar dalam medan magnet yang dibentuk oleh kutub-kutub, sampai kutub utara dan selatan magnet berganti lokasi. Jika hal ini terjadi, arusnya berbalik untuk merubah kutub-kutub utara dan selatan dinamo.
3. Komutator. Komponen ini terutama ditemukan dalam motor DC. Kegunaannya adalah untuk membalikkan arah arus listrik dalam dinamo. *Commutator* juga membantu dalam transmisi arus antara dinamo dan sumber daya (Mohammad Hamdani, 2010 : 9 - 10).

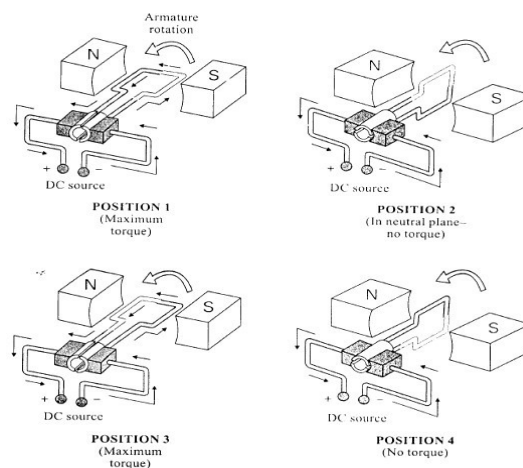
Prinsip kerja Motor DC Arus mengalir melalui kumparan jangkar dari sumber tegangan DC, menyebabkan jangkar beraksi sebagai magnet. Gambar 2.15. menjelaskan prinsip kerja motor DC magnet permanen.

1. Pada posisi 1 arus elektron mengalir dari sikat negatif menuju ke sikat positif. Akan timbul torsi yang menyebabkan jangkar berputar berlawanan arah jarum jam.
2. Ketika jangkar pada posisi 2, sikat terhubung dengan kedua segmen komutator. Aliran arus pada jangkar terputus sehingga tidak ada torsi yang dihasilkan. Tetapi, kelembaban menyebabkan jangkar tetap berputar melewati titik netral.
3. Pada posisi 3, letak sisi jangkar berkebalikan dari letak sisi jangkar pada posisi 1. Segmen komutator membalik arah arus elektron yang mengalir pada kumparan jangkar. Oleh karena itu arah arus yang mengalir pada kumparan

jangkar sama dengan posisi 1. Torsi akan timbul yang menyebabkan jangkar tetap berputar berlawanan arah jarum jam.

4. Jangkar berada pada titik netral karena adanya kelembaman pada poros jangkar, maka jangkar berputar terus-menerus (Muhammad Zamroni, 2013:4-5).

Berikut ini merupakan prinsip kerja motor DC dapat dilihat pada gambar 2.15.



Gambar 2.15. Prinsip Kerja Motor DC
Sumber: (teknikelektronika.com)

2.3 Kerangka Berpikir

Dalam teknik pengeringan pakaian dengan cara konvensional yang masih dilakukan sampai sekarang belum mampu mengeringkan pakaian dengan cepat dan masih bergantung pada cuaca. Pengeringan dengan cara ini akan tertunda terlebih saat musim penghujan tiba. Alat pengering pakaian yang sudah ada belum mampu bekerja secara otomatis dan masih menginputkan manual suhu/waktu yang diinginkan sedangkan kelembaban merupakan indikator utama tingkat kekeringan pada pakaian. Pakaian yang masih lembab karena belum kering

sempurna mengakibatkan bau tidak sedap dan tumbuhnya jamur yang mengganggu kesehatan.

Berdasarkan permasalahan yang telah dipaparkan diatas, maka perlu dibuat suatu alat pengering pakaian otomatis yang dapat mendeteksi suhu dan kelembaban secara bersamaan agar dapat membantu memudahkan pengeringan pakaian dengan efektif. Berikut merupakan bagan kerangka berfikir pengatur suhu otomatis pada prototype alat pengering pakaian otomatis menggunakan mikrokontroler Arduino Uno R3 dilengkapi dengan sensor LM35 dan DHT11 agar lebih maksimal dalam mendeteksi suhu dan kelembaban selama proses pengeringan pakaian. Bagian kerangka berfikir dapat dilihat pada gambar berikut:

LATAR BELAKANG

1. Teknik pengeringan konvensional belum mampu mengeringkan pakaian dengan efektif karena masih bergantung pada cuaca yang sulit untuk diprediksi.
2. Alat pengeringan sebelumnya masih menggunakan cara manual dengan mengandalkan timer sebagai pengendalinya.
3. Alat pengering pakaian yang sudah ada belum mampu menjaga kestabilan suhu yang dibutuhkan dan mendeteksi kelembaban atau kadar air pada pakaian dalam proses pengeringan.



Perlu adanya suatu alat pengering pakaian yang bekerja secara otomatis dengan indikator suhu dan kelembaban dengan sebuah pengambilan keputusan yang terstruktur



Pengendali otomatis pada alat pengering pakaian menggunakan sensor LM35 & DHT11 dengan mikrokontroler Arduino Uno R3 sebagai sistem kendali.



Pengeringan pakaian didasari dari pembacaan kelembaban dengan sensor. Untuk pengeringan pada alat dilengkapi dengan kipas untuk menyebarkan udara panas ke seluruh ruang.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan pada alat pengering pakaian menggunakan mikrokontroler Arduino Uno R3 maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Dari hasil perancangan dan pengujian telah berhasil dihasilkan sebuah alat pengering pakaian yang dapat digunakan kapan saja tanpa bergantung pada cuaca.
2. Alat pengering pakaian ini bekerja secara otomatis dengan kelembaban sebagai indikator utama tingkat pengeringan dengan setpoint kelembaban <30% dan suhu maksimal yang dihasilkan adalah 60°C. Daya pada alat 300 Watt. Rata-rata laju pengeringan yang dapat dicapai oleh alat pengering ini untuk mengeringkan pakaian dengan berat 0.5 Kg sebesar 3.19 gr/menit waktu yang dibutuhkan 60 menit dan berat 3 Kg sebesar 6.82 gr/menit waktu yang dibutuhkan 240 menit dengan rata-rata kesalahan pada sensor suhu 0.46%, pada sensor kelembaban sebesar 1.38% dan pada catu daya 1.6% yang masih dalam batas kesalahan dalam datasheet.

5.2 Saran

Berdasarkan keterbatasan mengenai hasil penelitian yang telah dilakukan, maka saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya sebagai berikut:

1. Pemakaian alat pengering ini agar dapat bekerja secara optimal sebaiknya berat pakaian tidak boleh melebihi 2.5 Kg dalam proses pengeringannya

karena akan sangat berpengaruh terhadap laju pengeringan pada alat tersebut dilihat dari luas alat pengering ini yang mampu menampung 8 potong celana jeans.

2. Adanya pengembangan lebih lanjut untuk penyempurnaan alat pengering pakaian ini seperti memperhitungkan kehilangan-kehilangan panas pada ruang pengering dan agar dapat diketahui berapa panas yang benar-benar termanfaatkan dalam proses pengeringan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ambarita, Himsar, Abdul Halim Nasution, Nelson M. Siahaan, and Hideki Kawai. 2016. "Performance of a Clothes Drying Cabinet by Utilizing Waste Heat from a Split-Type Residential Air Conditioner Case Studies in Thermal Engineering." *Case Studies in Thermal Engineering* 8(June):105–14.
- Arora C.P. 2000. "Refrigeration And Air Conditioning. Second Edition". Tata Mc Graw Hill Publishing Company Ltd
- Bishop, Judith & Horspool, Nigel, 2004, *C# Concisely*, Addison Wesley, London
- Deddi Nordiawan. 2010. Akuntansi Sektor Publik. Jakarta: Salemba Empat, hal115
- Deni Kurniawan, Azridjal Aziz dan Rahmat Iman Mainil. 2016. "Perancangan Kondensor Mesin Pengering Pakaian Menggunakan Air Condotioner ½ PK Siklus Udara Tertutup".
- Firmansyah, Rheza. 2015. "Perancangan Fasilitas Pegering Pakaian Saatturun Hujan (Studi Kasus Wilayah Bandung - Kampung Lengkong)." 2(3):1284–92.
- Gridling, G dan B. Weiss. 2007. *Introduction to Microcontrollers*. Vienna University of Technology Institute of Computer Engineering Embedded Computing Systme Group.
- Handoko, Agustinus Pamungkas Tri. 2017. "Pengering Pakaian Otomatis Berbasis Arduino Uno.
- Ibrahim, Drogan. 2006. *Microcontroller Based Applied Control*. Cyprus : John Willey and Sons, Ltd.
- Karvinen, Tero, Kimmo Karvinen. 2014. *Getting Started with Sensors*. United States of America : Published by Maker Media
- Kurniawan, Deni and Azridjal Aziz. 2016. "Peranangan Kondensor Mesin Pengering Pakaian Menggunakan Air Conditioner ½ PK Siklus Udara Tertutup." *Sa* 15(September):57–62.
- Majdi, Udo Yamin Efendi. (2007). *Quranic Quotient*. Jakarta: Qultum Media.
- Marpuah, Dwi. 2010. "Pembuatan Prototipe Alat Pengering Pakaian Berbasis Mikrokontroler AT89S51".
- Mujumdar, A. S., & Menon, A. S. (1995). *Drying of solids: principles, classification, and selection of dryers. Handbook of industrial drying*, 1, 1-39.
- Nathanael, Devin. 2013. Eksplorasi Denim Dengan Teknik Destruktif. *Forum Penelitian*. 1:1.
- Prayogo rudito, 2012. PENGATURAN PWM (Pulse Width Modulation) dengan PLC. Makalah pada teknik otomasi Universitas Brawijaya malang: Tidak diterbitkan)
- Purwadi, P. K. and Wibowo Kusbandono. 2015. "Mesin Pengering Pakaian Energi Listrik Dengan Mempergunakan Siklus Kompresi Uap." 1–8.

- Sugiyono, 2011. Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D. Jakarta : Alfabeta
- Sugiyono, Metodologi Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D. Bandung: Alfabeta, 2016.
- Sugiyono, Metodologi Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D. Bandung: Alfabeta, 2016.
- Sujadi, Metodologi Penelitian Pendidikan. Jakarta: PT Rineka cipta, 2003.
- Suriadi dan Murti, 2011. Keseimbangan Energi Termal Dan Efisiensi Transient Pengering Aliran Alami Memanfaatkan Kombinasi Dua Energi. Jurnal Teknik Industri. Vol 12, No 1, hal 34-40.
- Syamsuddin dan Damayanti. (2011). Metode Penelitian Pendidikan Bahasa. Bandung: Remaja Rosdakarya.
- Thamrin, I. dan A. Kharisandi, “Rancang Bangun Alat Pengering Ubi Kayu Tipe Rak Dengan Memanfaatkan Energi Surya,” in Proc. Seminar Nasional AVoER ke-3. Jurusan Teknik Mesin, Universitas Sriwijaya. Palembang.
- Wilson J. S., *Sensor Technology Handbook*, Elsevier Sciences and Technology Books, Oxford, 2005.
- Wulandari, Diah. 2014. “Perancangan Sistem Pemanas Pada Rancang Bangun Mesin Pengaduk Bahan Baku Sabun Mandi Cair Satriya Dwi Ariffudin.” 01:52–57.