

**RANCANG BANGUN PROTOTIPE PEMANAS UDARA MODEL SPIRAL
UNTUK SISTEM PENDINGIN BIJI GABAH DAN JAGUNG**

SKRIPSI

Oleh:
VIO FIRMANDA PUTRA
NIM. 16640035



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2021**

**RANCANG BANGUN PROTOTIPE PEMANAS UDARA MODEL SPIRAL
UNTUK SISTEM PENGERING BIJI GABAH DAN JAGUNG**

SKRIPSI

Diajukan kepada:

**Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)**

Oleh:

**VIO FIRMANDA PUTRA
NIM. 16640035**

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2021**

HALAMAN PERSETUJUAN

RANCANG BANGUN PEMANAS UDARA MODEL SPIRAL UNTUK
SISTEM PENGERING BIJI GABAH DAN JAGUNG

SKRIPSI

Oleh:
Vio Firmanda Putra
NIM 16640035

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji
Pada tanggal, 4 Agustus 2021

Dosen Pembimbing I



Farid Samsu Hananto, M.T
NIP. 19740513 200312 1 001

Dosen Pembimbing II



Drs. Abdul Basid, M.Si
NIP. 19650504 199003 1 003

Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika



Dr. Imam Tazi, M.Si
NIP. 19740730 200312 1 002

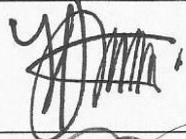
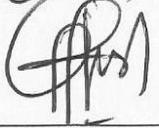
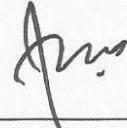
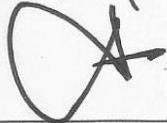
HALAMAN PENGESAHAN

RANCANG BANGUN PROTOTIPE PEMANAS UDARA MODEL SPIRAL UNTUK SISTEM PENGERING BIJI GABAH DAN JAGUNG

SKRIPSI

Oleh:
Vio Firmanda Putra
NIM. 16640035

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi dan
Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Tanggal 23 Agustus 2021

Penguji Utama	: <u>Dr. Imam Tazi, M.Si</u> NIP. 19740730 200312 1 002	
Ketua Penguji	: <u>Dr. Erna Hastuti, M.Si</u> NIP. 19811119 200801 2 009	
Sekretaris Penguji	: <u>Farid Samsu Hananto, M.T</u> NIP. 19740513 200312 1 001	
Anggota Penguji	: <u>Drs. Abdul Basid, M.Si</u> NIP. 19650504 199003 1 003	

Mengesahkan,
Ketua Jurusan Fisika



Dr. Imam Tazi, M.Si.
NIP. 19740730 200312 1 002

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Vio Firmanda Putra

NIM : 16640035

Jurusan : Fisika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Judul Penelitian : RANCANG BANGUN PROTOTIPE PEMANAS
UDARA MODEL SPIRAL UNTUK SISTEM
PENGERING BIJI GABAH DAN JAGUNG

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa hasil penelitian saya ini tidak terdapat unsur-unsur penjiplakan karya penelitian atau jarya ilmiah yang pernah dilakukan atau dibuat oleh orang lain, kevuali tulisan yang dikutip dalam naskah ini disebut dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata hasil penelitian ini terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 23 Agustus 2021

Yang Membuat Pernyataan



Vio Firmanda Putra
NIM. 16640035

MOTTO

*Ngluruk Tanpo Wadyo Bolo/Tanpa pasukan, Mabur Tanpo Lar/Terbang tanpa Sayap, Mletik Tanpo Sutang/Meloncat Tanpa Kaki, Senjoto Kalimosodo, Digdoyo Tanpo Aji, Perang Tanpo tanding, Menang Tanpo Ngesorake/Merendahkan, Mulyo Tanpo Punggowo, Sugih Tanpo Bondo.
(Wali Songo)*

*Semua anak itu jenius, tapi kalo kamu menilai seekorikan dari cara dia memanjat pohon, ikan itu akan merasa bodoh seumur hidupnya.
(Albert Einstein)*

Teruslah berjuang dan percaya pada dirimu sendiri, sertakan doa disetiap langkah dan keputusanmu hingga tangan tuhan akan membuka jalan apa yang menjadi keinginan baikmu.

HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan mengucapkan rasa syukur Alhamdulillah, kupersembahkan tugas akhir ini dan rasa terimakasih untuk:

1. Bapak Imafianto dan Ibu Istika untuk dukungan, motivasi serta doa yang selalu mengiringi setiap langkahku. Terimakasih pula atas kesabaran dan kepercayaan yang telah diberikan sehingga saya dapat menjalani dan bertahan di setiap rintangan dalam hidup ini.
2. Para dosen dan pembimbing yang telah meluangkan waktu untuk membimbing dari awal hingga akhir kuliah. Semoga ilmu yang diberikan berkah dan bermanfaat.
3. Guru, mbah war dan saudara – saudara pondok untuk segala dukungan beserta doa restu yang di berikan ketika saya menemui kesulitan.
4. Teman – teman seperjuangan fisika UIN Malang angkatan 2016 serta Sahabat saya Rastra Febryan Mahardika dan lain - lain yang tidak bisa disebutkan satu - persatu yang telah membantu, memberikan semangat serta menemani dalam suka duka hingga terselesaikannya skripsi ini.

Terimakasih, semoga Allah membalas doa dan kebaikan kalian semua. Aamiin..

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan segala rahmat dan nikmatnya berupa kesehatan, kesempatan, kekuatan, keinginan, serta kesabaran, sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal skripsi ini dengan baik. Proposal skripsi yang telah penulis susun ini berjudul “Rancang Bangun Pemanas Udara Model Spiral untuk Sistem Pengering Biji Gabah dan Jagung”.

Sholawat serta salam penulis panjatkan kepada Rasulullah Muhammad SAW, yang telah menuntun manusia dari zaman jahiliyah menuju zaman yang terang benderang dan penuh dengan ilmu pengetahuan yang luar biasa saat ini. Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini tidak akan tersusun dengan baik tanpa adanya bantuan dari pihak-pihak yang terkait. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penulis dalam penyusunan penulisan proposal skripsi ini.

Selanjutnya kami ucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Abdul Haris, M.Ag selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. Sri Harini, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Drs. Abdul Basid, M.Si selaku Ketua Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
4. Erna Hastuti, M.Si selaku Dosen Pembimbing Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

5. Segenap Dosen Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah bersedia mengamalkan ilmunya, membimbing, dan memberikan pengarahan selama perkuliahan.
6. Bapak, Ibu, adik dan keluarga yang selalu mendoakan serta memberi dukungan yang berharga disetiap langkah penulis.
7. Segenap anggota teman-teman Instrumentasi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah membantu penyusunan skripsi ini.
8. Sahabat-sahabat fisika 2016 dan semua pihak yang telah membantu penyusunan skripsi ini yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.

Semoga Allah SWT membalas semua kebaikan mereka dengan nikmat yang berlipat ganda baik di dunia maupun di akhirat kelak, aamiin. Penulisan berharap semoga Proposal Skripsi ini memberikan manfaat bagi penulis dan semua pihak yang membaca, dalam menambah wawasan ilmiah dan memberikan kontribusi bagi perkembangan ilmu pengetahuan, oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat konstruktif sangat penulis harapkan demi kebaikan bersama.

Malang, 23 Agustus 2021

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGAJUAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	v
MOTTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
ABSTRAK	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Manfaat Penelitian	6
1.5 Batasan Masalah	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Kadar Air	7
2.2 Pengeringan	8
2.3 Teknik Pengeringan	10
2.4 Pengeringan Oven	12
2.6 Gabah	13
2.7 Arduino Uno	14
2.8 Sensor <i>Thermocouple Type-K MAX6675</i>	15
2.9 Blower	17
2.10 Kawat Pemanas	18
2.11 Standar Mutu Gabah	21
2.12 Standar Mutu Jagung	22

2.13 Efisiensi Mesin Kalor	23
BAB III METODE PENELITIAN	24
3.1 Jenis Penelitian	24
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian.....	24
3.3 Peralatan dan Bahan Penelitian	24
3.3.1 Peralatan Penelitian	24
3.3.3 Bahan Penelitian	25
3.4 Digram Alir Penelitian.....	26
3.5 Diagram Blok Perancangan Perangkat Keras	27
3.6 Diagram Alir Perancangan Perangkat Lunak	28
3.7 Diagram Alir Kerja Rancang Bangun.....	29
3.8 Prosedur Perancangan Alat	29
3.8.1. Prosedur Penyusunan Alat Rancang Bangun.....	29
3.8.2. Desain Rancangan Alat Pemanas Model Spiral	30
3.9 Teknik Pengumpulan Data	31
3.10 Pengolahan Data	32
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	34
4.1 Hasil Penelitian.....	34
4.1.1 Pengujian Mikrokontroler Arduino Uno	34
4.1.2 Pengujian <i>Liquid Crystal Display</i> (LCD) 16x2 I2C	35
4.1.3 Pengujian Sensor <i>Thermocouple Type-K MAX6675</i>	37
4.1.4 Kalibrasi Sensor <i>Thermocouple Type-K MAX6675</i>	39
4.1.5 Perancangan Alat Keseluruhan	40
4.1.6 Data Hasil Penelitian	43
A. Data Hasil Pengujian Efisiensi Energi Kawat Terhadap Rancang Bangun Pemanas Udara	43
B. Data Hasil Perubahan Suhu Pada Jenis Varian Kawat Terhadap Daya dan Waktu.....	48
C. Data Hasil Perbandingan Tingkat Kekeringan Sample Pada Jenis Varian Kawat	51
4.2 Pembahasan.....	52
4.3 Kawat Pemanas.....	61
4.4 Integrasi Penelitian dengan Al- Quran	63
BAB V PENUTUP	66

5.1 Kesimpulan.....	66
5.2 Saran.....	66
DAFTAR PUSTAKA.....	68

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Pengeringan Manual	11
Gambar 2.2	Mesin Pengering	11
Gambar 2.3	Gabah Kering	14
Gambar 2.4	Board Arduino Uno	15
Gambar 2.5	Termokopel Tipe-K	17
Gambar 2.6	Kawat Kanthal Grade A1 AWG 24	20
Gambar 2.7	Kawat Nicrome Ni80 AWG 24	21
Gambar 2.8	Kawat Nikelin	21
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian	26
Gambar 3.2	Diagram Blok Perancangan Perangkat Keras	27
Gambar 3.3	Diagram Alir Perancangan Perangkat Lunak	28
Gambar 3.4	Diagram Alir Kerja Rancang Bangun	29
Gambar 3.5	(a) Desain Pemanas, (b) Desain Spiral Pemanas	30
Gambar 4.1	Sketch Pengujian Mikrokontroler Arduino	35
Gambar 4.2	Rangkaian skematik pengujian LCD	36
Gambar 4.3	Sketch Pengujian LCD 16x2 I2C	37
Gambar 4.4	Sketch Konfigurasi Pin Sensor dengan Arduino	38
Gambar 4.5	Sketch Konfigurasi Sensor dan LCD 16x2 I2C	39
Gambar 4.6	Sketsa Rancang Bangun	40
Gambar 4.7	Elemen Pemanas	41
Gambar 4.8	Ukuran Oven	41
Gambar 4.9	Ukuran Loyang	41
Gambar 4.10	Kawat Pemanas	41
Gambar 4.11	Hasil Akhir Rangkaian Rancang Bangun	42
Gambar 4.12	Hasil Rangkaian Sensor dengan Mikrokontroler Arduino	42
Gambar 4.13	Grafik Perbandingan Efisiensi Energi Varian Jenis Kawat	47
Gambar 4.14	Grafik Perubahan Suhu Pada Jenis Varian Kawat	49
Gambar 4.15	Perbandingan Penurunan Kadar Air Gabah dengan Waktu 10 Menit pada Jenis Varian Kawat yang Berbeda	53
Gambar 4.16	Perbandingan Penurunan Kadar Air Gabah dengan Waktu 15 Menit pada Jenis Varian Kawat yang Berbeda	53
Gambar 4.17	Perbandingan Penurunan Kadar Air Gabah dengan Waktu 20 Menit pada Jenis Varian Kawat yang Berbeda	54
Gambar 4.18	Perbandingan Penurunan Kadar Air Jagung dengan Waktu 10 Menit pada Jenis Varian Kawat yang Berbeda	56
Gambar 4.19	Perbandingan Penurunan Kadar Air Jagung dengan Waktu 15 Menit pada Jenis Varian Kawat yang Berbeda	56
Gambar 4.20	Perbandingan Penurunan Kadar Air Jagung dengan Waktu 20 Menit pada Jenis Varian Kawat yang Berbeda	57

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Hubungan Nilai AWG, Diameter Kawat Pemanas	18
Tabel 3.1	Pengumpulan Data	32
Tabel 4.1	Data pengujian sensor Thermocouple Type-K MAX6675	38
Tabel 4.2	Kalibrasi Sensor Thermocouple Type-K MAX6675.....	39
Tabel 4.3	Data Hasil Pengujian Kawat Nichrome	44
Tabel 4.4	Data Hasil Pengujian Kawat Nikelin	45
Tabel 4.5	Data Hasil Pengujian Kawat Kanthal	46
Tabel 4.6	Data Hasil Perubahan Suhu pada Jenis Varian Kawat	48
Tabel 4.7	Data Hasil Perbandingan Penurunan Kadar Air Pada Biji Gabah	52
Tabel 4.8	Data Hasil Perbandingan Penurunan Kadar Air Pada Biji Jagung ...	55

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Perhitungan Efisiensi Bahan.....	71
Lampiran 2. Kode Pemrograman	72
Lampiran 3. Gambar Pengujian Sensor Thermocouple Type-K MAX6675	74
Lampiran 4. Gambar Pemakaian Rancang Bangun Pemanas Udara	75

ABSTRAK

Putra, Vio Firmanda. 2021. **Rancang Bangun Prototipe Pemanas Udara Model Spiral Untuk Sistem Pengering Biji Gabah dan Jagung**. Skripsi. Jurusan Fisika. Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Dosen pembimbing : (I) Farid Samsu Hananto, M.T, (II) Drs. Abdul Basid, M.Si.

Kata Kunci: Pengering Udara; Spiral; Kawat Kanthal; Kawat Nikelin; Kawat Nichrome

Indonesia merupakan negara agraris akan tetapi indonesia masih mengimpor beras dari negara lain hal ini disebabkan karena kualitas beras dan jagung yang masih rendah karena pengeringan yang kurang maksimal. Oleh karena itu, agar dapat meningkatkan kualitasnya, maka perlu dilakukan pengeringan. Pengeringan di indonesia saat ini masih bergantung pada alam. Sehingga apabila pada musim hujan, maka pengeringan gabah dan jagung kurang maksimal. Salah satu solusi yang dapat dilakukan agar dapat melakukan pengeringan biji gabah dan jagung pada musim penghujan adalah dengan alat pengering yang tidak terpengaruhi musim penghujan. Tujuan dari penelitian ini adalah : (1) mengetahui analisis kinerja dari rancang bangun pemanas udara model spiral untuk sistem pengering biji gabah dan jagung. (2) mengetahui pengaruh bahan terhadap efisiensi energi yang digunakan pada bahan percobaan. Penelitian ini menggunakan variasi jenis kawat nichrome, nikelin, dan kanthal, yang dispiralkan kemudian diberi daya listrik sebesar (200,300, dan 400 watt). Dengan waktu pengeringan selama (10,15, dan 20 menit). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa rancang bangun yang dibuat dapat berfungsi dengan baik untuk mengeringkan biji gabah dan jagung dengan hasil yang sesuai standart mutu bulog. Bahan kawat mempengaruhi efisiensi energi dipakai dengan hasil terbaik pada kawat kanthal. yang memperoleh hasil efisiensi sebesar 44,18% sedangkan kawat nikelin memperoleh efisiensi sebesar 33,52% dan kawat nichrome memperoleh 23,44%. Oleh karena itu dapat ditarik kesimpulan bahwa alat dapat berfungsi dengan baik saat menggunakan kawat kanthal.

Putra, Vio Firmanda. 2021. **Design of Air Heater Spiral Model for Grain and Corn Dryer System**. Thesis. Physic Major. Faculty of Science and Technology, Maulana Malik Ibrahim State Islamic University Malang. Supervisor : (I) Farid Samsu Hananto, M.T, (II) Drs. Abdul Basid, M.Si.

Keywords : Air Dryer; Spiral; Kanthal Wire; Nickel Wire; Nichrome Wire.

Indonesia is an agricultural country but Indonesia still imports rice from other countries this is due to the low quality of rice and corn due to less than optimal drying. Therefore, to improve the quality, it is necessary to carry out a drying process. Drying in Indonesia currently still depends on nature. So that during the rainy season, the drying of grain and corn is not optimal. One solution that can be done in order to dry grain and corn seeds in the rainy season is to use a dryer that is not affected by the rainy season. The aims of this study were: (1) to determine the performance analysis of the spiral model air heater design for grain and corn seed drying systems. (2) determine the effect of the material on the energy efficiency used in the experimental material. This study uses a variety of types of wire nichrome, nickelin, and kanthal, which is spiraled and then given an electric power of (200, 300, and 400 watts). With drying time for (10, 15, and 20 minutes). The results of this study indicate that the design made can function well to dry grain and corn seeds with results that are in accordance with Bulog quality standards. The wire material affects the energy efficiency used with the best results on kanthal wire which obtained an efficiency of 44.18% while nickelin wire obtained an efficiency of 33.52% and nichrome wire obtained 23.44%. Therefore it can be concluded that the tool can function properly when using kanthal wire.

بوترا ، فيو فيرماندا . 2021. تصميم نموذج حلزوني لسخان الهواء لنظام مجفف الحبوب والذرة. مقال. تخصص فيزياء. كلية العلوم والتكنولوجيا مولانا مالك إبراهيم الدولة الإسلامية جامعة مالانج. المشرف: (1) فريد سامسو هرتانتو الماجستير (II) د. عبد الباسط ، M.Si.

الكلمات الرئيسية : مجفف هواء؛ حلزوني؛ سلك Kanthal؛ سلك النيكل؛ سلك نيتشروم.

إندونيسيا بلد زراعي لكن إندونيسيا لا تزال تستورد الأرز من دول أخرى ، ويرجع ذلك إلى الجودة المنخفضة للأرز والذرة بسبب التجفيف الأقل من الأمثل. لذلك ، من أجل تحسين الجودة ، من الضروري التجفيف. لا يزال التجفيف في إندونيسيا يعتمد حالياً على الطبيعة. بحيث لا يكون تجفيف الحبوب والذرة في موسم الأمطار هو الأمثل. أحد الحلول التي يمكن القيام بها من أجل التمكن من تجفيف بذور الحبوب والذرة في موسم الأمطار هو استخدام مجفف بذور الحبوب والذرة الذي لا يتأثر بموسم الأمطار. أهداف هذه الدراسة هي: (1) تحديد تحليل أداء تصميم سخان الهواء النموذجي الحلزوني لأنظمة تجفيف بذور الحبوب والذرة. (2) تحديد تأثير المادة على كفاءة الطاقة المستخدمة في المادة التجريبية. تستخدم هذه الدراسة مجموعة متنوعة من أنواع الأسلاك النيكارومية والنيكل والكانثال والكهرباء (200300 و 40 فانج يتم لفها ثم تشغيلها (10 و 15 و 20 دقيقة)، وتشير نتائج هذه الدراسة إلى أن التصميم المصنوع يمكن عمله بشكل جيد لتجفيف بذور الحبوب والذرة مع النتائج وفقاً لمعيار الجودة Bulog. تؤثر مادة الأسلاك على كفاءة الطاقة ويتم استخدامها مع أفضل النتائج على سلك kanthal. التي حصلت على كفاءة 44،18٪ بينما سلك النيكل حصل على كفاءة 33،52٪ وسلك النيتشروم 23،44٪. لذلك ، يمكن استنتاج أن الأداة يمكن أن تعمل بشكل صحيح عند استخدام سلك kanthal .

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara agraris yang memiliki sumber daya alam yang beragam dan memiliki wilayah yang cukup luas. Hal inilah yang membuat Indonesia menjadi salah satu negara agraris terbesar di dunia. Namun ironisnya Indonesia masih mengimpor beras dari negara lain, padahal sudah jelas sekali bahwa Indonesia mampu menghasilkan beras lokal sendiri yang tak kalah berkualitas dengan beras impor dari negara lain. Salah satu alasan dilakukannya impor beras adalah tak lain karena gabah yang dihasilkan para petani Indonesia kurang bagus ketika disimpan dalam kurun waktu tertentu, hal ini disebabkan oleh pengeringan yang dilakukan kurang maksimal.

Pengeringan merupakan proses pengurangan air yang terkandung dalam suatu bahan. Pada proses pengeringan, air menguap karena terjadinya perbedaan tekanan uap pada udara pengering dengan bahan yang dikeringkan, sehingga terjadinya penguapan air pada bahan yang dikeringkan. Pengeringan bertujuan untuk memperpanjang umur simpan dengan cara mengurangi kadar air untuk mencegah tidak ditumbuhi oleh mikroorganisme pembusuk serta dapat mempermudah pengemasan dan proses pengolahan selanjutnya. Dalam proses pengeringan dilakukan pengaturan terhadap suhu, kelembaban (humidity) dan aliran udara.

Perubahan kadar air dalam bahan pangan disebabkan oleh perubahan energi dalam sistem, alasan yang mendukung proses pengeringan dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme adalah untuk mempertahankan mutu produk terhadap perubahan fisik dan kimiawi yang ditentukan oleh perubahan kadar air, mengurangi biaya penyimpanan, pengemasan dan transportasi, untuk

mempersiapkan produk kering yang akan dilakukan pada tahap berikutnya, menghilangkan kadar air yang ditambahkan akibat proses sebelumnya, memperpanjang umur simpan dan memperbaiki kegagalan produk. Produk kering dapat digunakan sebagai bahan tambahan dalam pembuatan produk baru. Kadar air juga salah satu karakteristik yang sangat penting pada bahan pangan, karena air dapat mempengaruhi penampakan, tekstur, dan citarasa pada bahan pangan. Kadar air dalam bahan pangan ikut menentukan kesegaran dan daya awet bahan pangan tersebut, kadar air yang tinggi mengakibatkan mudahnya bakteri, kapang, dan khamir untuk berkembang biak, sehingga akan terjadi perubahan pada bahan pangan (Winarno, 1997).

Salah satu faktor yang mempengaruhi proses pengeringan adalah kadar air, pengeringan bertujuan untuk mengurangi kadar air bahan untuk menghambat perkembangan organisme pembusuk. Kadar air suatu bahan berpengaruh terhadap banyaknya air yang diuapkan dan lamanya proses pengeringan (Taib et al. 1988).

Penanganan pascapanen yang dilakukan para petani khususnya pada proses pengeringan biji-bijian masih dilakukan dengan menggunakan lantai jemur dengan sumber energi dari sinar matahari. Secara ekonomis, cara pengeringan dengan penjemuran ini memang murah. Namun demikian, banyak keterbatasan yang menyertainya seperti membutuhkan lahan yang luas, memerlukan banyak tenaga kerja, sangat tergantung pada cuaca, banyak terjadi kehilangan, mudah terkontaminasi kotoran, temperatur dan kelembaban tidak bisa dikendalikan, dan lain-lain. Keterbatasan-keterbatasan tersebut telah mengakibatkan biji-bijian yang dikeringkan menjadi menurun baik kualitas maupun kuantitasnya.

Kondisi iklim di daerah tropis yang memiliki kelembaban cukup tinggi, memberikan permasalahan tersendiri dalam proses penanganan hasil pertanian. Penanganan bahan hasil pertanian dalam hal ini komoditas bijian yang memiliki kadar air tinggi setelah proses pemanenan merupakan persoalan yang serius untuk negara-negara di daerah tropis. Kondisi tersebut masih diperparah dengan tidak menentunya waktu pengeringan atau penjemuran. Kondisi dimana cuaca tidak menentu dan waktu pemanenan yang pada umumnya jatuh pada saat musim penghujan memberikan masalah tersendiri. Lahan penjemuran yang terbatas tidak sebanding dengan hasil panen yang didapat ketika musim panen, sehingga proses penjemuran tidak bisa dilakukan sekaligus. Sebagai akibatnya maka bahan tersebut akan mudah terserang jamur, serangga busuk dan rusak akibat dari keterlambatan dalam pengeringan. Kondisi semacam ini telah menuntut untuk dapat dilakukannya proses pengeringan secara cepat, dan hal ini hanya dapat dipenuhi dengan penerapan proses pengeringan secara mekanis menggunakan (rancang bangun pemanas udara model spiral) dengan metode operasional yang murah dan efisien.

Penelitian atau rancangan pengeringan mekanis untuk komoditas bijian sudah banyak diteliti dan dikembangkan. Akan tetapi, konstruksi yang rumit, biaya konstruksi dan operasional yang tinggi menjadikan para petani kecil dan menengah masih enggan untuk menggunakan alat pengeringan mekanis. Kondisi dari permasalahan tersebut memunculkan gagasan untuk membuat rancang bangun pemanas udara model spiral sebagai penerapan teknologi tepat guna untuk pengeringan secara mekanis biji – bijian hasil pertanian dengan biaya operasional yang lebih ekonomis dan memberikan hasil pengeringan yang baik.

Adapun pandangan Islam terhadap perkembangan teknologi dan informasi terdapat dalam ayat Alquran yaitu pada Q.S Yunus/10:101 yang berbunyi:

قُلْ انظُرُوا مَاذَا فِي السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ وَمَا تُغْنِي الْآيَاتُ وَالنُّذُرُ عَنْ قَوْمٍ لَا يُؤْمِنُونَ (101)

“Katakanlah: Perhatikanlah apa yang ada di langit dan di bumi. Tidaklah bermanfaat tanda kekuasaan Allah SWT, dan Rasul-Rasul yang memberi peringatan bagi orang-orang yang tidak beriman.” (Departemen Agama, 2008).

Allah SWT memberi pengarahan pada hamba-hambaNya untuk berfikir tentang nikmat-nikmatNya dan dalam apa yang Allah ciptakan di langit dan bumi. Dari ayat-ayat yang agung untuk orang-orang yang mempunyai akal. Dan firman-Nya, *“Tidaklah bermanfaat tanda kekuasaan Allah, dan para Rasul yang memberi peringatan bagi orang-orang yang tidak beriman”*. Maksudnya, ayat manalagi yang dibutuhkan oleh kaum yang tidak beriman selain ayat-ayat Allah yang ada di langit, di bumi, sedangkan para Rasul juga lengkap dengan mukjizat-mukjizatNya, hujjah-Nya, bukti-buktiNya yang menunjukkan akan kebenarannya (Abdul, 2004).

Ayat diatas menjelaskan tentang perintah Allah pada kaum-Nya untuk memperhatikan dengan baik tentang apa yang ada di langit dan bumi. Dengan kekuasaan Allah SWT apa yang ada di bumi dan di langit akan bermanfaat bagi manusia jika diperhatikan, difikirkan, dan diteliti.

Muhammad Hasnan (2018) pada penelitian yang berjudul “Rancang Bangun Sistem Pengering Gabah dengan Menggunakan Arduino” Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memudahkan industri pertanian mengeringkan gabah. Heriyanto, Ebiet Van Dkk (2014), pada penelitian yang berjudul “Rancang Bangun Alat Pengering Gabah dengan Sensor Suhu Ruang Berbasis Arduino Uno R3”. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mempersingkat waktu pengeringan gabah.

Teknologi yang digunakan dari penelitian sebelumnya memiliki kesamaan dengan teknologi yang akan dibuat yaitu penerapan teknologi Arduino Uno.

Kamaruddin, Kurniati (2015), pada penelitian yang berjudul “Alat Pendeteksi Kualitas Gabah Pabrik Beras Berbasis Mikrokontroler Menggunakan Sensor Kapasitif dan Sensor Warna”. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memudahkan industri pertanian menemukan gabah yang berkualitas. Teknologi yang digunakan dari penelitian sebelumnya juga memiliki kesamaan dengan teknologi yang akan dibuat yaitu penerapan teknologi Arduino Uno. Namun yang menjadi perbedaannya adalah cara kerja sistem yang akan dibangun, pada penelitian sebelumnya sistem hanya mendeteksi gabah yang berkualitas sedangkan pada penelitian yang akan dirancang adalah berupa sistem yang dapat membantu proses pengeringan gabah sehingga memudahkan menghasilkan gabah berkualitas.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana analisis kinerja dari rancang bangun pemanas udara model spiral untuk sistem pengering biji gabah dan jagung?
2. Bagaimana pengaruh bahan terhadap efisiensi energi yang digunakan pada bahan percobaan?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui analisis kinerja dari rancang bangun pemanas udara model spiral untuk sistem pengering biji gabah dan jagung.

2. Mengetahui pengaruh bahan terhadap efisiensi energi yang digunakan pada bahan percobaan.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Manfaat teoritis

Dapat dijadikan sebagai suatu referensi yang berguna bagi dunia akademik khususnya dalam penelitian yang akan dilaksanakan oleh para peneliti yang akan datang dalam hal perkembangan dan implementasi teknologi mikrokontroler.

2. Manfaat praktis

Sebagai referensi perancangan dan pembangunan sistem pengering gabah yang secara tidak langsung turut andil membantu indonesia mencapai swasembada pangan.

1.5 Batasan Masalah

1. Sistem ini menggunakan mikrokontroler Arduino Uno
2. Sistem ini menggunakan sensor suhu *Thermocouple Type-K MAX6675*
3. Sistem ini dibuat hanya untuk pengering biji gabah dan jagung.
4. Sistem ini menggunakan bahan kawat pemanas nichrome, nikelin, dan kanthal.
5. Sistem ini berbentuk prototype.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kadar Air

Kadar air merupakan banyaknya air yang terkandung dalam bahan yang dinyatakan dalam persen. Kadar air juga salah satu karakteristik yang sangat penting pada bahan pangan, karena air dapat mempengaruhi penampakan, tekstur, dan cita rasa pada bahan pangan. Kadar air dalam bahan pangan ikut menentukan kesegaran dan daya awet bahan pangan tersebut, kadar air yang tinggi mengakibatkan mudahnya bakteri, kapang, dan khamir untuk berkembang biak, sehingga akan terjadi perubahan pada bahan pangan (Winarno, 1997).

Penentuan kadar air sangat penting dalam banyak masalah industri, misalnya dalam evaluasi *material balance* atau kehilangan selama pengolahan. Kita harus tahu kandungan air (dan kadang juga distribusi air) untuk pengolahan optimum, misalnya dalam penggilingan sereal, pencampuran adonan sampai konsistensi tertentu, dan produksi roti dengan daya awet dan tekstur tinggi. Kadar air harus diketahui dalam penentuan nilai gizi pangan, untuk memenuhi standar komposisi dan peraturan peraturan pangan. Kepentingan yang lain adalah bahwa kadar air diperlukan untuk penentuan mengetahui pengolahan terhadap komposisi kimia yang sering dinyatakan pada dasar *dry matt*. Penentuan kadar air yang cepat dan akurat bervariasi tergantung struktur dan komposisinya. Dari segi analisis pangan, kandungan air dalam pangan dapat dibagi menjadi tiga macam bentuk. Air bebas adalah air dalam bentuk sebagai air bebas dalam ruang intergranular dan dalam pori-pori bahan. Air demikian ini berlaku sebagai agensia pendispersi bahan-bahan koloidal dan sebagai solven senyawa-senyawa kristalin. Air yang terserap (teradsorpsi) pada permukaan koloid makromolekular (pati, pektin, selulosa,

protein). Air ini berkaitan erat dengan makromolekul-makromolekul yang mengadsorpsi dengan gaya absorpsi, yang diatributkan dengan gaya *Van der Waals* atau dengan pembentukan ikatan hidrogen. Air terikat, berkombinasi dengan berbagai substansi, sebagai air hidrat. Klasifikasi tersebut tidak mutlak. Istilah air bebas, terabsorpsi, dan terikat itu relatif (Ahyar, 2009).

Kadar air (KA) benih merupakan salah satu faktor penting yang menentukan tingkat viabilitas selama penyimpanan sehingga sangat berpengaruh terhadap keberhasilan pengecambahan benih. Oleh karena itu, kemampuan untuk menduga KA benih dengan tepat merupakan kebutuhan dasar bagi produsen kecambah. Bagi benih-benih berukuran besar seperti benih kelapa sawit, *International Seed Testing Association* mensyaratkan penggunaan oven suhu tinggi dan suhu rendah serta penerapan pemecahan benih untuk penentuan KA yang lebih tepat, sedangkan beberapa produsen menggunakan benih utuh untuk proses penentuan parameter tersebut (Arif dan Nur, 2018).

2.2 Pengerinan

Menurut Henderson dan Perry (1976), definisi pengerinan adalah suatu proses pemindahan air dari suatu komoditas pertanian hingga tercapai kadar air kesetimbangan dengan udara sekeliling atau juga hingga pada tingkat kadar air dimana kualitas komoditas pertanian terjaga dari serangan jamur, aktivitas serangga, dan enzim.

Menurut Hasibun (2005), bahwa bahasa pengerinan merupakan penghidratan, yang berarti menghilangkan air dari suatu bahan. Proses pengerinan atau penghidratan berlaku apabila bahan yang dikeringkan kehilangan sebahagian atau keseluruhan air yang dikandungnya. Proses utama yang terjadi pacta

pengeringan adalah penguapan. Penguapan terjadi apabila air yang dikandung oleh suatu bahan teruap, yaitu apabila panas diberikan kepada bahan tersebut. Panas ini dapat diberikan melalui berbagai sumber, seperti kayu api, minyak dan gas, arang abaru ataupun tenaga surya.

Ditambahkan penjelasan menurut Juliana dan Somnaikubun (2008), pengeringan adalah suatu metode untuk mengeluarkan atau menghilangkan sebagian besar air dari suatu bahan melalui penerapan energi panas. Pengeringan dapat dilakukan dengan memanfaatkan energi surya (pengeringan alami) dan dapat juga dilakukan dengan menggunakan peralatan khusus yang digerakkan dengan tenaga listrik. Proses pengeringan bahan pangan dipengaruhi oleh luas permukaan bahan pangan, suhu pengeringan, aliran udara, tekanan uap air dan sumber energi yang digunakan serta jenis bahan yang akan dikeringkan. Nilai gizi makanan yang kering akan lebih rendah jika dibandingkan dengan makanan yang segar. Pengeringan akan menyebabkan terjadinya perubahan warna, tekstur dan aroma bahan pangan. Pada umumnya bahan pangan yang diikeringkan akan mengalami pencoklatan (*browning*) yang disebabkan oleh reaksi-reaksi nonenzimatik. Pengeringan menyebabkan kadar air bahan pangan menjadi rendah yang juga akan menyebabkan zat-zat yang terdapat pada bahan pangan seperti protein, lemak, karbohidrat dan mineral akan lebih terkonsentrasi. Vitamin-vitamin yang terdapat dalam bahan pangan yang dikeringkan akan mengalami penurunan mutu, hal ini disebabkan karena ada beberapa vitamin yang tidak tahan terhadap suhu tinggi. Proses pengeringan yang berlangsung pada suhu yang sangat tinggi akan menyebabkan terjadinya case hardening, yaitu bagian

permukaan bahan pangan sudah kering sekali bahkan mengeras sedangkan bagian dalamnya masih basah.

2.3 Teknik Pengeringan

Pengeringan adalah Proses penanganan yang dilakukan terhadap gabah pasca panen, proses ini penting agar kandungan mineral dalam gabah tetap terjaga dan gabah tidak cepat membusuk. Karenanya harus dilakukan dengan baik dan benar. Secara umum cara pengeringan ada 2 yaitu secara manual dengan menjemur gabah di bawah matahari secara langsung dan secara modern dengan menggunakan mesin pengering (Bulog, 2011).

a. Pengeringan Manual.

1. Pengeringan manual dilakukan dengan penjemuran, ketebalan tumpukan 3-6 cm dan dilakukan pada siang hari yang cerah mulai pukul 10.00-15.00 lakukan pembalikan setiap 2 jam agar gabah kering merata sampai dihasilkan kadar air 14%.
2. Saat cuaca dalam keadaan tidak menentu (buruk) hamparkan gabah dengan ketebalan 10 cm dalam ruangan dan dilakukan pembalikan setiap hari.
3. Jika cuaca sudah cerah kembali lakukan penjemuran.
4. Lakukan penjemuran di atas lantai jemur yang terbuat dari semen.
5. Jika menggunakan alas penjemuran (plastik, terpal, tikar) pastikan tanah dibawahnya tidak basah sehingga tidak terjadi kelembaban dibawahnya
6. Lakukan pengadukan secara rutin agar gabah kering merata dan tidak terjadi pembasahan pada tempat-tempat tertentu.

7. Penjemuran pada gabah kalau memungkinkan tidak boleh ditunda diusahakan dalam 2 hari gabah dalam kondisi kering dan dapat diperoleh beras dalam keadaan mutu yang baik.



Gambar 2.1 Pengeringan Manual (Bulog,2011)

b. Pengering mesin

Untuk memudahkan petani maka diciptakan salah satu teknologi antara lain adalah mesin pengering tipe sirkulasi (*circulation drayer*). Mesin ini berfungsi untuk mengeringkan biji-bijian (padi, jagung dan kedelai) dengan cara mensirkulasikan atau mengalirkan bahan yang dikeringkan melalui zone pengeringan secara kontinyu sampai diperoleh kadar air yang diinginkan (Bulog, 2011).



Gambar 2.2 Mesin Pengering (Bulog,2011)

2.4 Pengeringan Oven

Pengeringan oven (oven drying) merupakan alternatif pengeringan matahari. Tetapi metode pengeringan ini membutuhkan sedikit biaya investasi. Pengeringan oven dapat melindungi pangan dari serangan serangga dan debu, dan tidak tergantung pada cuaca (Hughes dan Willenberg, 1994).

Keuntungan pengeringan oven yaitu tidak tergantung cuaca, kapasitas pengeringan dapat dipilih sesuai dengan yang diperlukan, tidak memerlukan tempat yang luas dan kondisi pengeringan dapat dikontrol (Widodo dan Hendriadi, 2004).

Proses pengeringan yang terjadi pada oven yaitu panas yang diberikan pada bahan pangan dalam sebuah oven dapat melalui radiasi dari dinding oven, konveksi dan sirkulasi udara panas, dan melalui konduksi melalui wadah tempat bahan pangan diletakkan. Udara, gas lain dan uap air akan menguap akibat transfer panas secara konveksi, dan panas diubah menjadi panas konduksi pada permukaan bahan dan dinding oven. Rendahnya kelembaban udara dalam oven menciptakan gradien tekanan uap yang menyebabkan perpindahan air dari bagian dalam bahan menuju permukaan bahan, perluasan hilangnya air bahan ditentukan oleh sifat alami bahan dan laju pemanasan dan perpindahan air pada saat pengeringan bahan dalam oven. Perubahan ini serupa dengan pengeringan dengan udara panas lainnya, semakin cepat pemanasan dan semakin tinggi suhu yang digunakan menyebabkan perubahan yang kompleks pada komponen permukaan bahan pangan (Fellow, 2001).

2.6 Gabah

Padi merupakan komoditas tanaman pangan penghasil beras yang memegang peranan penting dalam kehidupan ekonomi Indonesia. Yaitu beras sebagai makanan pokok sangat sulit digantikan oleh bahan pokok lainnya. Diantaranya jagung, umbi-umbian, sagu dan sumber karbohidrat lainnya. Sehingga keberadaan beras menjadi prioritas utama masyarakat dalam memenuhi kebutuhan asupan karbohidrat yang dapat mengenyangkan dan merupakan sumber karbohidrat utama yang mudah diubah menjadi energi. Padi sebagai tanaman pangan dikonsumsi kurang lebih 90% dari keseluruhan penduduk Indonesia untuk makanan pokok sehari-hari (Saragih,2001).

Pada umumnya gabah yang diukur dalam keadaan kering mempunyai kisaran kelembaban antara 77% hingga 79% dan temperatur antara 31°C. Untuk gabah yang diukur dalam keadaan basah rentang kelembabannya adalah antara 81% hingga 82% dan temperaturnya antara 30°C hingga 31°C (Muryono, 2010). Dalam Al-Quran surat Abasa ayat 27 Allah berfirman :

فَأَنْبَتْنَا فِيهَا حَبًّا

“Lalu Kami tumbuhkan biji-bijian di bumi itu”

Pada tafsir Al muyassar dijelaskan makna dari ayat diatas yaitu Allah menumbuhkan biji-bijian di bumi yakni biji-bijian yang kalian makan. Dan pada tanaman itu terus tumbuh dan berkembang sampai menjadi biji kembali (Qarni, 2007)



Gambar 2.3 Gabah Kering

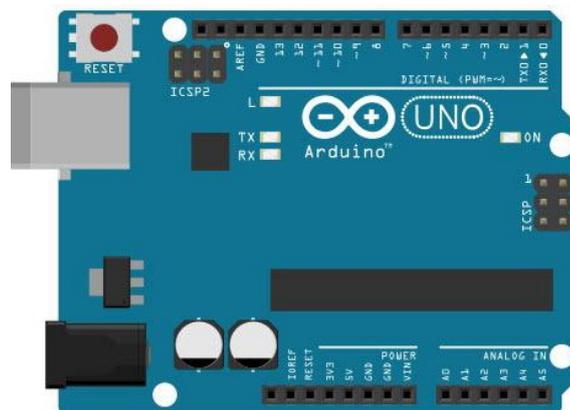
2.7 Arduino Uno

Arduino adalah sebuah *board* mikrokontroler yang berbasis Atmega328. Arduino memiliki 14 pin input/output yang mana 6 pin dapat digunakan sebagai output PWM, 6 analog input, crystal osilator 16 MHz, koneksi USB, jack power, kepala ICSP, dan tombol reset. Arduino mampu men-*support* mikrokontroler; dapat dikoneksikan dengan komputer menggunakan kabel USB. Arduino merupakan sebuah board minimum sistem mikrokontroler yang bersifat open source. Didalam rangkaian board arduino terdapat mikrokontroler AVR seri ATmega328 yang merupakan produk dari Atmel (Djuandi, 2011).

Arduino memiliki kelebihan tersendiri dibanding *board* mikrokontroler yang lain selain berdifat open source, arduino juga mempunyai bahasa pemrogramannya sendiri yang berupa bahasa C. Selain itu dalam *board* arduino sendiri sudah terdapat *loader* yang berupa USB sehingga memudahkan kita ketika kita memprogram mikrokontroler didalam arduino. Sedangkan pada kebanyakan board mikrokontroler yang lain yang masih membutuhkan rangkaian loader terpisah untuk memasukkan program ketika memprogram mikrokontroler. Port USB

tersebut selain untuk loader ketika memprogram, bisa juga difungsikan sebagai port komunikasi serial.

Arduino menyediakan 20 pin I/O, yang terdiri dari 6 pin input analog dan 14 pin digital input/ output. Untuk 6 pin analog sendiri bisa juga difungsikan sebagai output digital jika diperlukan output digital tambahan selain 14 pin yang sudah tersedia. Untuk mengubah pin analog menjadi digital cukup mengubah konfigurasi pin pada program. Dalam board kita bisa lihat pin digital diberi keterangan 0-13, jadi untuk menggunakan pin analog menjadi output digital, pin analog yang pada keterangan *board* 0-5 kita ubah menjadi pin 14-19. Dengan kata lain pin analog 0-5 berfungsi juga sebagai output digital 14-16 (Artanto, 2012).



Gambar 2.4 Board Arduino Uno

2.8 Sensor *Thermocouple Type-K MAX6675*

Termokopel merupakan salah satu jenis sensor temperatur yang paling populer dan sering digunakan dalam berbagai rangkaian ataupun peralatan listrik dan Elektronika yang berkaitan dengan Temperatur. Beberapa kelebihan Termokopel yang membuatnya menjadi populer adalah responnya yang cepat terhadap perubahan temperatur dan juga rentang temperatur operasionalnya yang luas yaitu berkisar diantara -200°C hingga 1250°C . Selain respon yang cepat dan

rentang temperatur yang luas, Termokopel juga tahan terhadap goncangan/getaran dan mudah digunakan. Termokopel ini berbahan dasar Chromel dan Alumel yang mempunyai sensitivitas rata-rata $41\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ (Kho, 2017). Sedangkan MAX6675 dibentuk dari kompensasi *cold-junction* yang *output* didigitalisasi dari sinyal termokopel tipe-K. data output memiliki resolusi 12-bit dan mendukung komunikasi SPI mikrokontroler secara umum (Fiqri, 2017).

Thermocouple tipe-k, terdiri dari dua buah konduktor yang berbeda komposisi, yaitu Kromel-Alumel. Thermocouple ini merupakan termokopel yang biasa digunakan dalam berbagai kegiatan industri. Selain harganya yang murah, termokopel ini juga mempunyai jangkauan yang cukup tinggi. Termokopel tipeK memiliki batas suhu antara $-270\text{ }^\circ\text{C}$ sampai $+1370\text{ }^\circ\text{C}$, dengan sensitivitas mendekati $40\text{ }\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ (Data Sheet, 1998).

Data dapat dibaca dengan mengkonversi hasil pembacaan 12-bit data. Fungsi dari termokopel adalah untuk mengetahui perbedaan temperatur di bagian ujung dari dua bagian metal yang berbeda dan disatukan. Termokopel tipe *hot junction* dapat mengukur mulai dari $0\text{ }^\circ\text{C}$ sampai $+1023,75\text{ }^\circ\text{C}$. MAX6675 memiliki bagian ujung *cold end* yang hanya dapat mengukur -20°C sampai $+85\text{ }^\circ\text{C}$. Pada saat bagian *cold end* MAX6675 mengalami fluktuasi temperatur maka MAX6675 akan tetap dapat mengukur secara akurat perbedaan temperatur pada bagian yang lain. MAX6675 dapat melakukan koreksi atas perubahan pada temperatur ambient dengan kompensasi *cold-junction*. *Device* mengkonversi temperatur ambient yang terjadi ke bentuk tegangan menggunakan sensor temperatur diode. Untuk dapat melakukan pengukuran *actual*, MAX6675 mengukur tegangan dari *output* termokopel dan tegangan dari sensing diode (Fiqri, 2017).

Performance optimal MAX6675 dapat tercapai pada waktu termokopel bagian *cold-junction* dan MAX6675 memiliki temperatur yang sama. Hal ini untuk menghindari penempatan komponen lain yang menghasilkan panas didekat MAX6675 (Kho, 2017).



Gambar 2.5 Thermocouple Tipe-K

2.9 Blower

Blower adalah mesin atau alat yang digunakan untuk menaikkan atau memperbesar tekanan udara atau gas yang akan dialirkan dalam suatu ruangan tertentu juga sebagai pengisapan atau pemvakuman udara atau gas tertentu. Bila untuk keperluan khusus, blower kadang-kadang diberi nama lain misalnya untuk keperluan gas dari dalam oven kokas disebut dengan nama exhouter. Di industri-industri kimia alat ini biasanya digunakan untuk mensirkulasi gas-gas tertentu didalam tahap proses-proses secara kimiawi dikenal dengan nama *booster* atau *circulator* (Petruzella, 2001). Sedangkan Menurut Arboleda (1991), mendefinisikan eksperimen sebagai suatu penelitian yang dengan sengaja peneliti melakukan manipulasi terhadap satu atau lebih variabel dengan suatu cara tertentu sehingga berpengaruh pada satu atau lebih variabel lain yang di ukur.

2.10 Kawat Pemanas

Kawat pemanas adalah komponen yang sangat penting dalam sebuah heater. Kawat pemanas biasanya terbuat dari material logam yang memiliki resistansi tinggi. Standarisasi atau ukuran kawat pemanas biasanya dinyatakan dengan nilai gauge atau AWG (American Wire Gauge). Semakin kecil nilai gauganya maka semakin besar diameter kawatnya dan semakin kecil nilai resistansinya seperti ditunjukkan pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Hubungan Nilai AWG, Diameter Kawat Pemanas (Royen, 2014)

NO	AWG	Diameter	Diameter
		(inch)	(mm)
1	1	0,2893	7,3481
2	2	0,2576	6,5437
3	3	0,2294	5,8273
4	4	0,2043	5,1894
5	5	0,1819	4,6213
6	6	0,1620	4,1154
7	7	0,1443	3,6649
8	8	0,1285	3,2636
9	9	0,1144	2,9064
10	10	0,1019	2,5882
11	11	0,0907	2,3048
12	12	0,0808	2,0525
13	13	0,0720	1,8278
14	14	0,0641	1,6277
15	15	0,0571	1,4495
16	16	0,0508	1,2908
17	17	0,0453	1,1495
18	18	0,0403	1,0237
19	19	0,0359	0,9116

20	20	0,0320	0,8118
21	21	0,0285	0,7229
22	22	0,0253	0,6438
23	23	0,0226	0,5733
24	24	0,0201	0,5106
25	25	0,0179	0,4547
26	26	0,0159	0,4049
27	27	0,0142	0,3606
28	28	0,0126	0,3211
29	29	0,0113	0,2859
30	30	0,0100	0,2546
31	31	0,0089	0,2268
32	32	0,0080	0,2019
33	33	0,0071	0,1798
34	34	0,0063	0,1601
35	35	0,0056	0,1426
36	36	0,0050	0,1270
37	37	0,0045	0,1131
38	38	0,0040	0,1007
39	39	0,0035	0,0897
40	40	0,0031	0,0799

Berikut adalah jenis material dan karakteristik yang biasanya digunakan untuk kawat pemanas.

1. Kanthal (FeCrAl)

Kanthal adalah jenis kawat pemanas yang cukup banyak digunakan sebagai elemen pemanas. Kawat kanthal memiliki resistansi yang sangat tinggi yang merupakan paduan dari besi, kromium dan aluminium (FeCrAl) dapat beroperasi

pada temperatur 1400 C (2550 F) seperti ditunjukkan pada gambar 2.14. Kawat kanthal biasanya digunakan untuk skala industri karena dapat bekerja pada temperatur dan tingkat ketahanan oksidasi yang tinggi. Namun, memerlukan waktu yang lebih lama untuk mencapai temperatur yang diinginkan (Setiyono, 2016).

Gambar 2.6 Kawat Kanthal Grade A1 AWG 24 (Setiyono, 2016)



2. Nicrome

Kawat pemanas dengan material Nicrome merupakan paduan dari Nickel dan Cromium. Kawat ini memiliki resistansi yang hampir sama dengan kawat kanthal pada ukuran gauge yang sama (Setiyono, 2016). Kawat Nicrome dapat bekerja pada temperatur 1250 C dan melting poin pada temperatur \pm 1350 C seperti ditunjukkan pada gambar 2.15. Karena memiliki ketahanan yang sedikit lebih rendah dari pada kawat kanthal, kawat Nicrome banyak digunakan untuk elemen pemanas pada alat pemanggang dan setrika. Kelebihan nichrome dibandingkan kanthal adalah panas yang dihasilkan lebih konstan, tidak mengandung besi sehingga tidak melekat dengan medan magnet sehingga kemungkinan dry hit atau hangus rendah. Beberapa produk kawat Nicrome adalah Ni80 (Nickel 80% dan Cromium 20%) dan Ni60 (Nickel 60% dan Cromium 40%).



Gambar 2.7 Kawat Nicrome Ni80 AWG 24

3. Nickel

Kawat nickel lebih dikenal dengannama kawat Nikelin. Diketahui tidak stabil dan ketika dipanaskan pada temperatur lebih dari 400 C. Salah satu produk kawat nikelin adalah Ni200 (100% Nickel) seperti ditunjukkan pada gambar 2.16. Kelebihan kawat nickel adalah waktu untuk dipanaskan dan kembali dingin lebih cepat dibanding kawat kantal (Setiyono, 2016) serta harganya relatif murah. Biasanya digunakan untuk material pemotong sterfoem, plastik, dan pemotong karet.



Gambar 2.8 Kawat Nikelin (Setiyono, 2016)

2.11 Standar Mutu Gabah

Kadar air maksimal yang dimiliki oleh gabah kering adalah antara 13-14%, apabila kadar air gabah lebih tinggi maka gabah sulit dikupas, sedangkan pada kadar air yang lebih rendah butiran gabah akan mudah patah. Butir hampa adalah butir gabah yang tidak berkembang sempurna atau akibat serangan hama, penyakit

atau sebab lain sehingga tidak berisi butir beras walaupun kedua tangkup sekamnya tertutup maupun terbuka. Butir gabah setengah hampa tergolong ke dalam butir hampa. Gabah rusak artinya gabah yang terfermentasi, gabah berjamur atau gabah yang terserang serangga. Gabah dapat mengalami fermentasi apabila mengalami kontak dengan air dalam waktu cukup lama dan biasanya ditandai dengan adanya warna kehitaman pada permukaan gabah (Patiwiri 2006).

2.12 Standar Mutu Jagung

Pengeringan adalah proses penurunan kadar air sampai mencapai nilai tertentu sehingga siap untuk diproses selanjutnya dan aman untuk disimpan dan mutu produk yang dihasilkan tinggi. Disamping itu tujuan pengeringan adalah memenuhi persyaratan mutu yang akan dipasarkan, kadar air jagung yang memenuhi standar mutu perdagangan adalah 14%. Untuk biji yang akan disimpan kadar air sebaiknya 13%, dimana jamur tidak tumbuh dan respirasi biji rendah. Oleh karena itu disarankan agar pengeringan dilakukan segera dalam waktu 24 jam setelah panen. Jagung dapat dikeringkan dalam bentuk tongkol berkelobot, tongkol tanpa kelobot, atau jagung pipilan. Pengeringan jagung idealnya dalam dua tahap. Pengeringan awal biasanya dilakukan dengan tujuan untuk mempermudah pekerjaan pemipilan jagung, sebab pemipilan tanpa dilakukan pengeringan terlebih dahulu dapat menyebabkan butir rusak, terkelupas kulit, terluka atau cacat, dan pengerjaannya lambat. Pengeringan awal ini dilakukan sampai kadar air sekitar 17-18%. Pada keadaan ini jagung akan mudah dipipil dan tidak menimbulkan kerusakan. Bila jagung sudah berupa jagung pipilan dapat dikeringkan sampai kadar air 13% sehingga tahan untuk disimpan (Asni, 2017).

2.13 Efisiensi Mesin Kalor

Efisiensi mesin kalor dapat didefinisikan sebagai perbandingan antara usaha yang dilakukan (E) dengan kalor yang diserap (Q) (Umar, 2008:46) :

$$\eta = \frac{Q}{E} \times 100\% \quad (2.1)$$

dimana:

η = Efisien kalor (%)

E = Usaha / Energi dalam (Joule)

Q = Kalor (Joule)

$$Q = m c \Delta T \quad (2.2)$$

dimana:

m = Massa (Kg)

c = Kalor jenis zat (J/Kg°C)

ΔT = Perubahan Suhu (°C)

$$E = V I t \quad (2.3)$$

dimana:

E = Energi dalam (Joule)

V = Tegangan (Volt)

I= Arus (A)

t= Waktu (s)

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang dilakukan adalah rancang bangun pemanas udara model spiral untuk pengering biji gabah dan jagung. Penelitian bersifat rancang bangun dilakukan dengan pengambilan data tegangan, suhu, kadar air dan waktu terhadap variasi jenis kawat.

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dimulai pada bulan Juli 2020. Tempat penelitian dilakukan di *Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi* Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

3.3 Peralatan dan Bahan Penelitian

3.3.1 Peralatan Penelitian

Adapun alat-alat yang digunakan dalam penelitian kali ini adalah sebagai berikut :

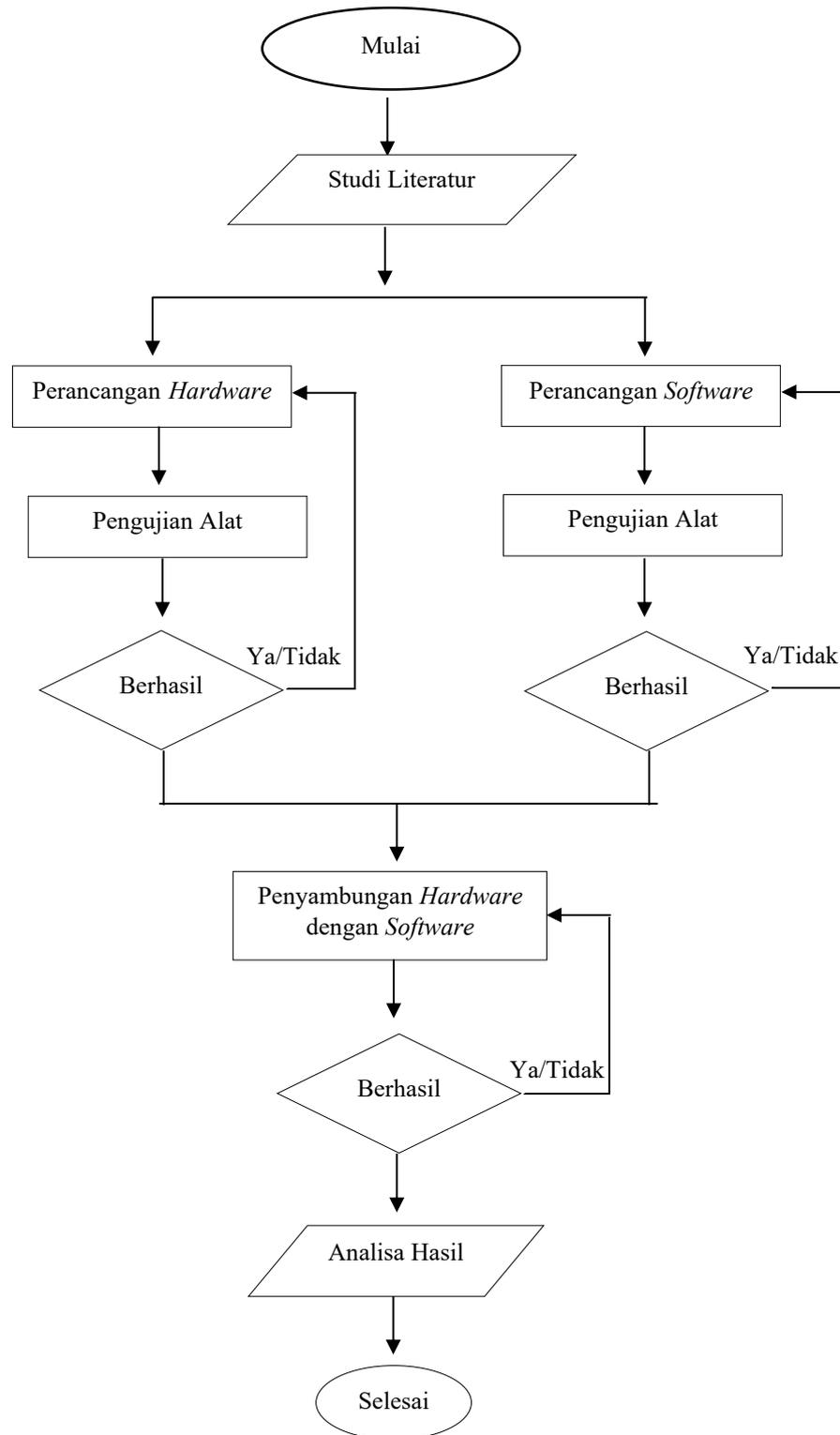
1. Laptop
2. Graind moisturemeter
3. Bor
4. Sistem Operasi Windows 10, 64 bit
5. Software Arduino
6. Botol plastik bekas

3.3.3 Bahan Penelitian

Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian kali ini adalah sebagai berikut:

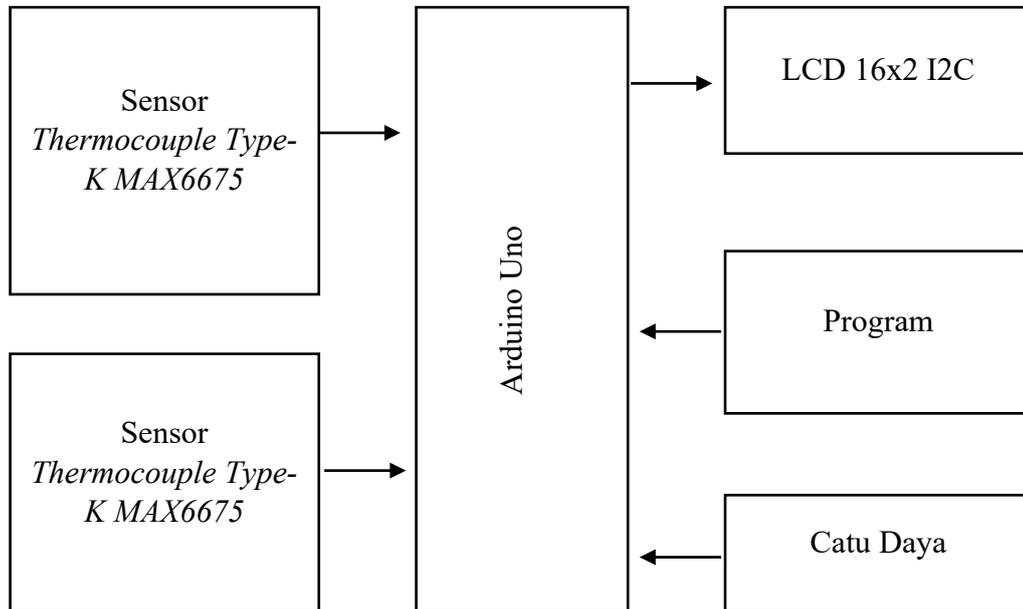
1. Oven
2. Loyang oven
3. Adaptor AC
4. Adaptor USB
5. Mikrokontroler Arduino Uno
6. LCD 16x2 I2C
7. LCD Voltmeter
8. Sensor suhu *Thermocouple Type-K MAX6675*
9. Timah
10. Kabel jumper female to male
11. Kabel jumper male to male
12. Stopkontak listrik
13. Biji gabah
14. Biji jagung
15. Kawat nikelin
16. Kawat nichrome
17. Kawat kanthal

3.4 Digram Alir Penelitian



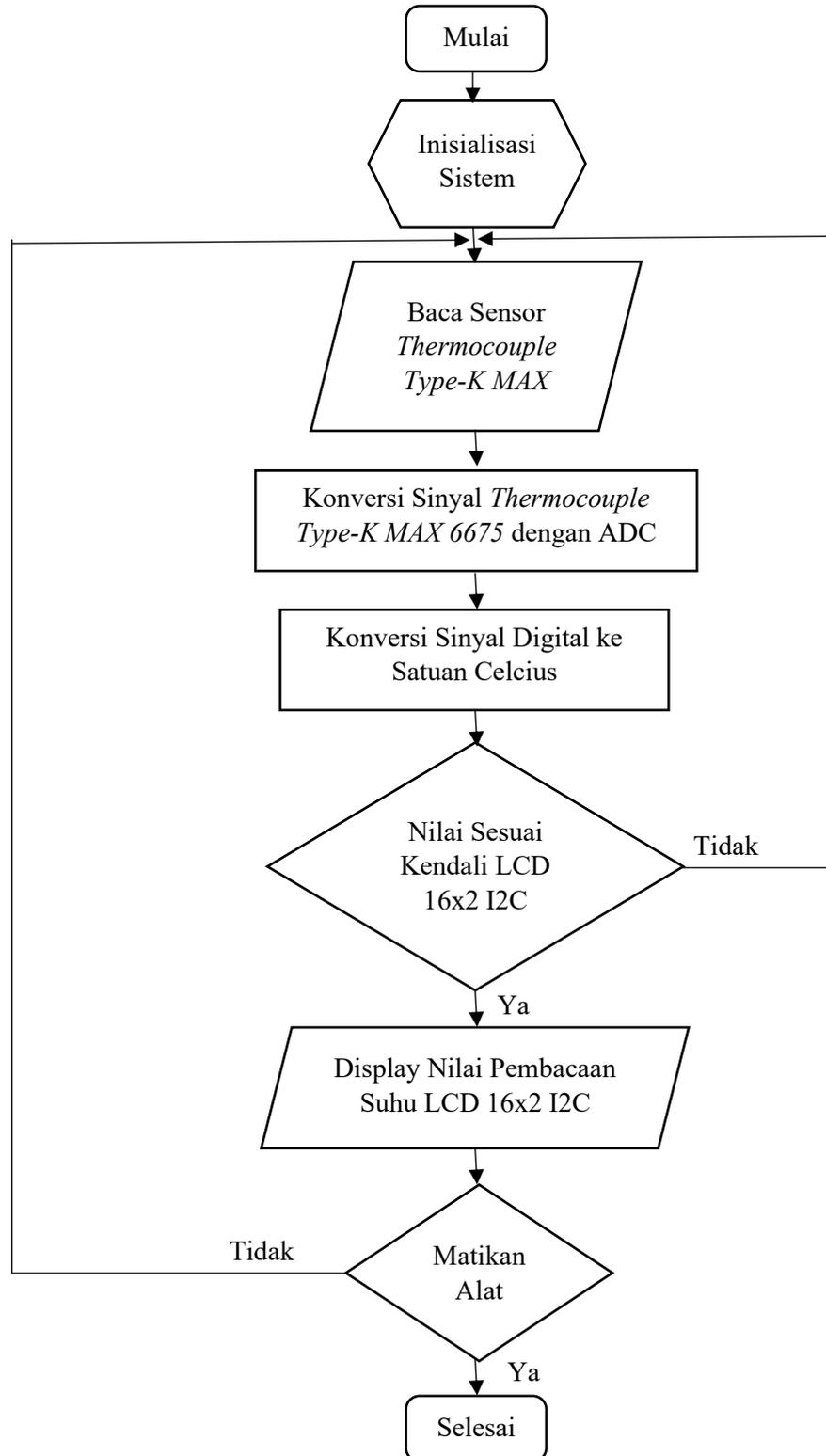
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.5 Diagram Blok Perancangan Perangkat Keras



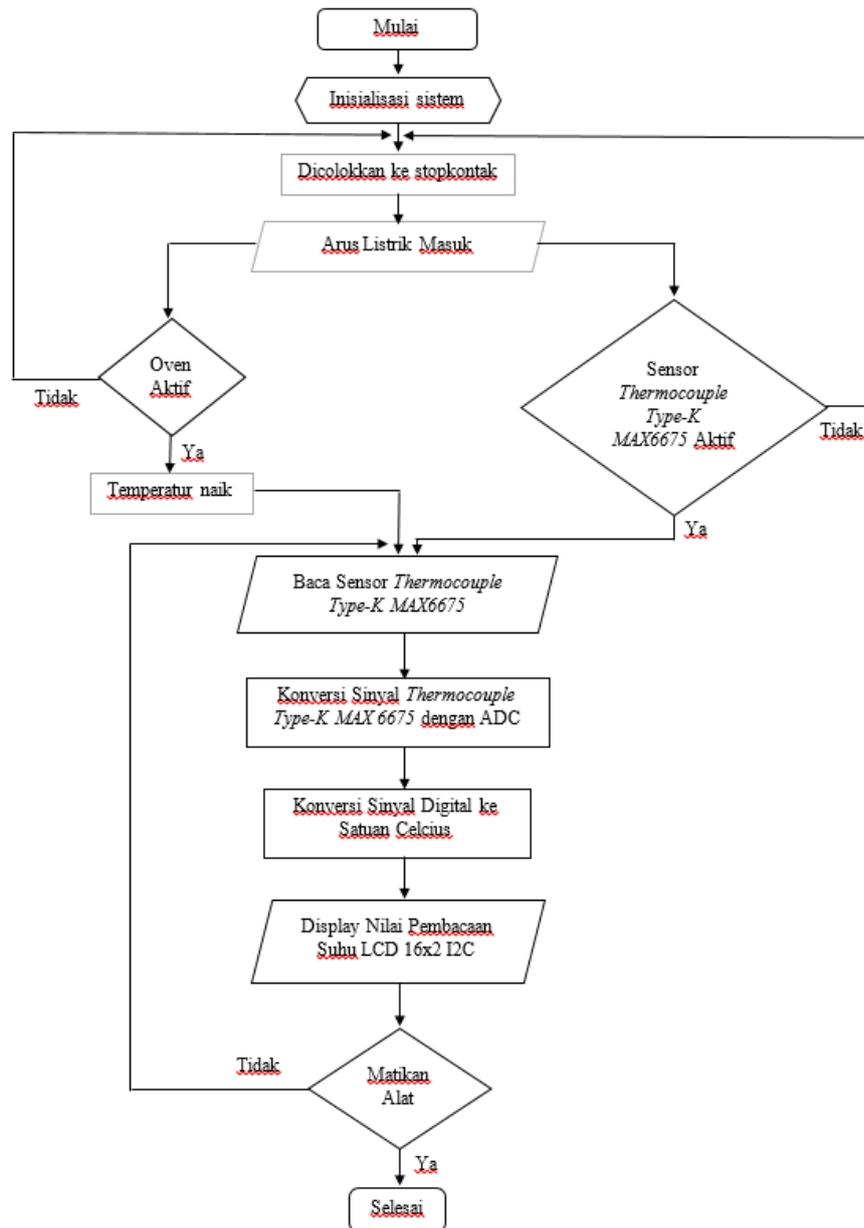
Gambar 3.2 Diagram Blok Perancangan Perangkat Keras

3.6 Diagram Alir Perancangan Perangkat Lunak



Gambar 3.3 Diagram Alir Perancangan Perangkat Lunak

3.7 Diagram Alir Kerja Rancang Bangun



Gambar 3.4 Diagram Alir Kerja Rancang Bangun

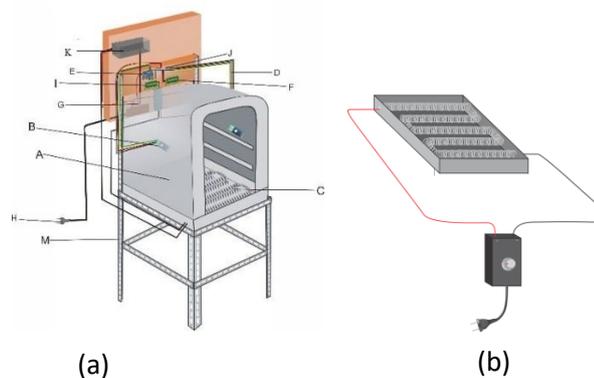
3.8 Prosedur Perancangan Alat

3.8.1. Prosedur Penyusunan Alat Rancang Bangun

1. Dirangkai dudukan dari besi siku berlubang sebagai tempat oven
2. Dibelakang dudukan, dipasang kayu triplek sebagai tempat adaptor AC, perangkat kontrol, dan display output.

3. Disiapkan alat oven pengering biji berbenQ tuk persegi yang berfungsi untuk tempat pengeringan bahan biji jagung dan gabah.
4. Dilubangi bagian bawah oven sebagai tempat meletakkan kawat spiral.
5. Dilubangi kedua sisi oven sebagai tempat meletakkan kawat spiral yang terhubung rangkaian.
6. Capit buaya dicapitkan pada kedua ujung kawat yang terletak pada bagian sisi oven.
7. Pada salah satu bagian sisi kabel dihubungkan dengan adaptor AC yang terhubung pada stopkontak.
8. Meletakkan sensor suhu *Thermocouple Type-K MAX6675* dibagian dinding dalam oven sebelah kanan, kiri, atas, dan belakang.
9. Dipasang LCD 16x2 I2C pada kayu triplek di atas oven untuk menampilkan suhu.
10. Meletakkan Arduino pada kayu triplek di atas oven sebagai mikrokontroler.
11. Meletakkan LCD Voltmeter pada kayu triplek di atas oven untuk menampilkan tegangan kawat.

3.8.2. Desain Rancangan Alat Pemanas Model Spiral



Gambar 3.5 (a) Desain Pemanas, (b) Desain Spiral Pemanas

Keterangan:

A = Box Pemanas

B = Sensor Thermocouple

C = Kawat Pemanas

D = Kabel

E = Mikrokontroler Arduino

F = LCD 9x12

G = Adaptor (Tegangan)

H = Kabel Power

I = Volt Meter

J = Papan Rangkaian

K = Adaptor AC

L = Papan Kayu/Triplek

M = Rangkaian Penompang

3.9 Teknik Pengumpulan Data

1. Disiapkan biji gabah sebanyak 100 gram.
2. Disiapkan biji jagung sebanyak 150 gram.
3. Diukur kadar air awal biji jagung dan gabah.
4. Biji gabah diletakkan ke loyang sebanyak 100 gr, kemudian dimasukkan ke dalam oven.
5. Biji jagung diletakkan ke loyang sebanyak 150 gr, kemudian dimasukkan ke dalam oven.
6. Divariasikan tegangan pada adaptor.
7. Divariasikan waktu antara 10, 15, dan 20 menit.

	Kawat Nichrom			10 menit					
				15 menit					
				20 menit					
3	Kawat Kanthal			10 menit					
				15 menit					
				20 menit					

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Terdapat beberapa hal yang diuji pada penelitian rancang bangun pemanas udara model spiral meliputi, pengujian awal terhadap tiap komponen yang digunakan pada rancang bangun - yakni pengujian mikrokontroler Arduino Uno, pengujian sensor thermocouple, dan LCD - dan pengujian fungsionalitas atau unjuk kerja dari rancang bangun. Penelitian ini juga mencakup bagaimana perancangan arsitektur pemanas udara model spiral yang meliputi *hardware* dan *software*.

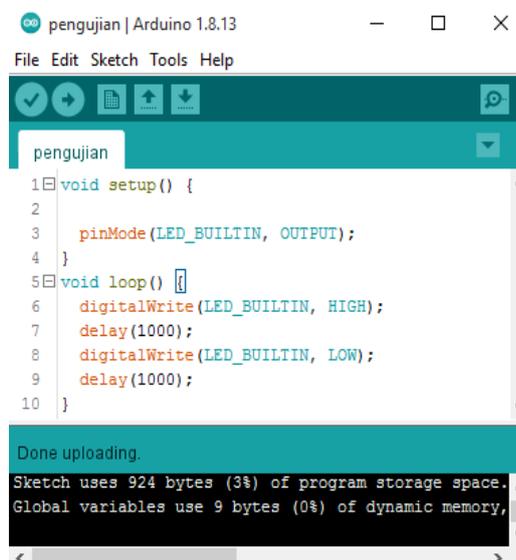
4.1.1 Pengujian Mikrokontroler Arduino Uno

Penelitian rancang bangun ini menggunakan mikrokontroler Arduino Uno. Arduino adalah sebuah *board* mikrokontroler yang berbasis Atmega328. Arduino memiliki 14 pin input/output yang mana 6 pin dapat digunakan sebagai output PWM, 6 analog input, crystal osilator 16 MHz, koneksi USB, jack power, kepala ICSP, dan tombol reset. Arduino mampu men-*support* mikrokontroler; dapat dikoneksikan dengan komputer menggunakan kabel USB. Arduino merupakan sebuah board minimum sistem mikrokontroler yang bersifat open source.

Software yang digunakan untuk membuat kode pemrograman mikrokontroler adalah Arduino IDE. Arduino IDE ialah software cross-platform untuk macOS, Windows, dan Linux yang ditulis menggunakan bahasa pemrograman Java. Arduino IDE bersifat open source yang mana mudah untuk digunakan oleh semua kalangan.

Pengujian mikrokontroler dilakukan dengan menghubungkan *board* mikrokontroler Arduino Uno ke komputer menggunakan kabel USB. Indikator

power adalah nyala lampu LED yang menandakan berfungsinya mikrokontroler Arduino Uno. Kemudian pengujian software Arduino IDE dilakukan dengan membuat kode pemrograman untuk menyalakan dan mematikan LED *board* mikrokontroler Arduino secara terus-menerus. Apabila muncul tulisan “*done uploading*”, ini menandakan bahwa kerangka koding yang di-*upload* sudah benar dan berhasil di-*compile*. Indikator LED juga akan menyala berkedip apabila program berhasil di-*compile*. Hasil pengujian dan pembuatan program yang sudah berhasil ditunjukkan oleh gambar 4.1.



```

pengujian | Arduino 1.8.13
File Edit Sketch Tools Help
pengujian
1 void setup() {
2
3   pinMode(LED_BUILTIN, OUTPUT);
4 }
5 void loop() {
6   digitalWrite(LED_BUILTIN, HIGH);
7   delay(1000);
8   digitalWrite(LED_BUILTIN, LOW);
9   delay(1000);
10 }

Done uploading.
Sketch uses 924 bytes (3%) of program storage space.
Global variables use 9 bytes (0%) of dynamic memory,

```

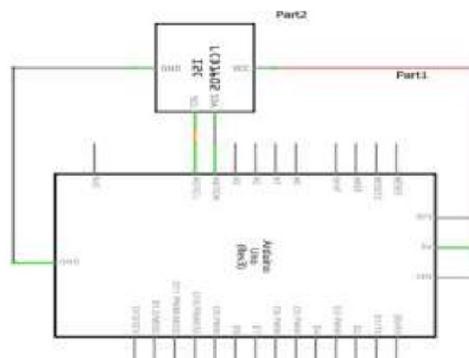
Gambar 4.1 *Sketch* Pengujian Mikrokontroler Arduino

4.1.2 Pengujian *Liquid Crystal Display* (LCD) 16x2 I2C

Penelitian rancang bangun ini menggunakan 2 buah *Liquid Crystal Display* (LCD) berukuran 16 x 2 I2C yang berfungsi sebagai indikator untuk menampilkan nilai suhu dari pembacaan sensor *Thermocouple Type-K MAX6675*. Tipe ini mempunyai 16 kolom dan 2 baris sehingga dapat menampilkan 32 karakter dalam waktu bersamaan. LCD dilengkapi dengan modul I2C sebagai alat komunikasi dengan mikrokontroler Arduino. Penggunaan modul I2C mempunyai kelebihan pada penggunaan kabel yang

lebih sedikit yaitu, untuk menghubungkan pin tegangan (VCC dan GND) dan pin I2C (SDA dan SCL) pada Arduino.

Pengujian dilakukan dengan menghubungkan LCD ke mikrokontroler Arduino seperti pada gambar 4.2. Mikrokontroler Arduino kemudian dihubungkan dengan computer menggunakan kabel USB. Pengujian *hardware* yang berhasil ditandai dengan adanya nyala pada lampu LCD dan lampu indikator power pada modul I2C. Kemudian dilakukan juga pengujian *software* dengan cara membuat dan meng-*upload* koding seperti pada gambar 4.5. Pengujian *software* yang berhasil ditandai dengan LCD yang menampilkan karakter sesuai *sketch* koding yang telah di-*upload*. Kedua keberhasilan pengujian ini menunjukkan adanya sinkronisasi komunikasi yang linear antara modul I2C dengan mikrokontroler Arduino



Gambar 4.2 Rangkaian skematik pengujian LCD



```

sketch_jun06b | Arduino 1.8.7
File Edit Sketch Tools Help
sketch_jun06b $
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,2);
void setup() {
  Wire.begin();
  Serial.begin(9600);
  lcd.init();
  lcd.backlight();
}
void loop() {
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("suhu dari sensor");
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("thermocouple");
  delay(3000);
}

```

Gambar 4.3 *Sketch* Pengujian LCD 16x2 I2C

4.1.3 Pengujian Sensor *Thermocouple Type-K MAX6675*

Arsitektur rancang bangun pemanas udara model spiral menggunakan sensor *Thermocouple Type-K MAX6675* untuk mengukur perubahan suhu. Sensor *Thermocouple* merupakan salah satu jenis sensor temperatur yang paling populer dan sering digunakan dalam berbagai rangkaian ataupun peralatan listrik dan Elektronika yang berkaitan dengan Temperatur. *Thermocouple* tipe-k, terdiri dari dua buah konduktor yang berbeda komposisi, yaitu Kromel-Alumel. *Thermocouple* ini merupakan *Thermocouple* yang biasa digunakan dalam berbagai kegiatan industri. Fungsi dari *Thermocouple* adalah untuk mengetahui perbedaan temperatur di bagian ujung dari dua bagian metal yang berbeda dan disatukan.

Penelitian ini menggunakan sensor *Thermocouple Type-K MAX6675* sebanyak 2 buah dengan konfigurasi penempatan sensor di dalam oven yang berletak di sisi kanan dan kiri oven dengan mengikuti variasi waktu dengan jeda pemindahan 30 detik. Setelah 30 detik kedua sensor kemudian dipindah dan dipasang di bagian atas dan belakang oven. Penentuan jumlah, letak, dan waktu perpindahan sensor didasarkan pada fungsi arsitektur rancang bangun yang mana semakin banyak sensor yang terpasang, dengan cakupan letak yang

semakin banyak, serta waktu pemindahan yang singkat, maka data informasi suhu yang didapatkan semakin akurat serta bias yang terjadi semakin kecil. Agar sensor *Thermocouple Type-K MAX6675* dapat berfungsi dan menampilkan informasi pembacaan nilai input, dirancang kode pemrograman konfigurasi dengan mikrokontroler Arduino dan LCD 16x2 I2C.

Pengujian sensor *Thermocouple Type-K MAX6675* menggunakan kawat nikelin dengan daya 200 Watt tanpa sample. Penggunaan kawat nikelin dengan daya 200 Watt dikarenakan kawat nikelin paling mudah didapatkan dan daya 200 Watt merupakan daya paling kecil yang dibutuhkan pada penelitian ini. Rentang waktu untuk pengujian sensor adalah 0 sampai 25 menit. Data yang didapat dari pengujian sensor *Thermocouple Type-K MAX6675* dapat dilihat pada tabel 4.1

Tabel 4.1 Data Pengujian Sensor *Thermocouple Type-K MAX6675*

No	Waktu	Oven (Kawat Nikelin)	Indikator Angka (LCD)
1	0 menit	Mati	37,00°C (Normal)
2	10 menit	Nyala	45,50°C (Naik)
3	15 menit	Nyala	47,25°C (Naik)
4	20 menit	Nyala	49,50°C (Naik)

```
int soPin = 4; // SO=Serial Out
int csPin = 3; // CS = chip select CS pin
int sckPin = 2; // SCK = Serial Clock pin

int soPin1 = 7; // SO=Serial Out
int csPin1 = 6; // CS = chip select CS pin
int sckPin1 = 5; // SCK = Serial Clock pin

MAX6675 thermocouple(sckPin, csPin, soPin);
MAX6675 thermocouple1(sckPin1, csPin1, soPin1);
```

Gambar 4.4 *Sketch* Konfigurasi Pin Sensor dengan Arduino

```

void loop() {
  // basic readout test, just print the current
  temp
  Serial.print("C1 = ");
  Serial.println(thermocouple.readCelsius());
  Serial.print("C2 = ");
  Serial.println(thermocouple1.readCelsius());
  //Sensor 1
  lcd.clear();// clear previous values from
  screen
  lcd.print(thermocouple.readCelsius());
  lcd.setCursor(14,0);// set cursor at
  character 9, line 1
  lcd.print((char)223);
  lcd.setCursor(15,0);// set cursor at
  character 9, line 1
  //sensor 2
  lcd.print(thermocouple1.readCelsius());
  lcd.setCursor(14,1);// set cursor at
  character 14, line 1
  lcd.print((char)223);
  lcd.setCursor(15,1);// set cursor at
  character 9, line 1
  lcd.print("C");
  delay(1000);
}

```

Gambar 4.5 *Sketch* Konfigurasi Sensor dan LCD 16x2 I2C

4.1.4 Kalibrasi Sensor *Thermocouple Type-K MAX6675*

Kalibrasi adalah kegiatan untuk menentukan kebenaran konvensional nilai penunjukkan alat ukur dan bahan ukur dengan cara membandingkan terhadap standar ukur. Suatu sensor perlu dilakukan kalibrasi agar pengukurannya sesuai. Dalam penelitian ini digunakan termometer sebagai perbandingan nilai pembacaan sensor *Thermocouple Type-K MAX6675*. Kalibrasi dilakukan dengan cara membandingkan nilai pembacaan pada suhu air ketika mendidih, yakni 100°C. Hasil kalibrasi sensor dapat dilihat pada tabel 4.2

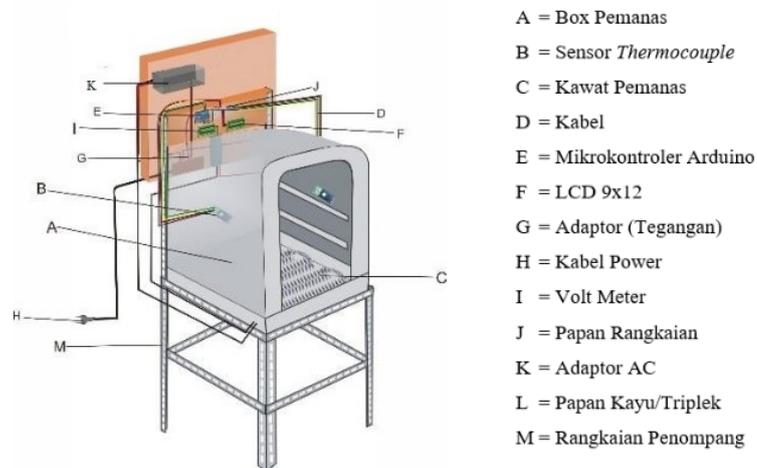
Tabel 4.2 Kalibrasi Sensor *Thermocouple Type-K MAX6675*

No	<i>Thermocouple</i>	Termometer	Error
1	100,25°C	100°C	-0,25%
2	100,25°C	100°C	-0,25%
3	100,50°C	100°C	-0,50%
4	100,25°C	100°C	-0,25%

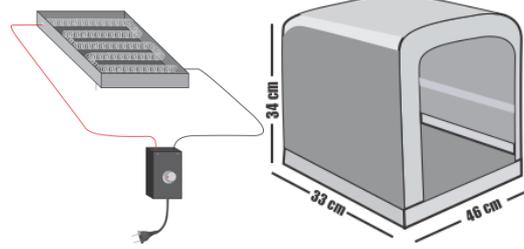
5	100,50°C	100°C	-0,50%
Rata-rata			-0,35%

4.1.5 Perancangan Alat Keseluruhan

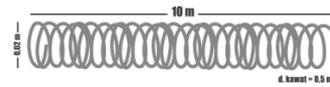
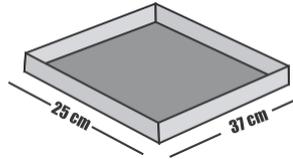
Perancangan arsitektur terdiri dari perancangan *hardware* dan *software* yang terdiri dari bahan-bahan yang telah teruji. Perancangan *hardware* terdiri dari pembuatan sistem dan mekanis alat. Perancangan sistem dimulai dengan membuat kerangka sistem alat yang terdiri dari tiga komponen bagian, yaitu *input*, kontrol, dan *output*. Perangkat input terdiri dari sumber tegangan berupa adaptor AC dan sensor *Thermocouple Type-K MAX6675*. Perangkat kontrol terdiri dari mikrokontroler Arduino. Perangkat output terdiri dari oven yang berisi kawat pemanas model spiral, LCD 16x2 I2C dan LCD Voltmeter. Hal ini ditunjukkan pada gambar 4.5



Gambar 4.6 Sketsa Rancang Bangun



Gambar 4.7 Elemen Pemanas Gambar 4.8 Ukuran Oven



Gambar 4.9 Ukuran Loyang Gambar 4.10 Kawat Pemanas

Perancangan mekanis alat dimulai dengan sumber tegangan yang dihubungkan dengan kawat pemanas model spiral di bagian bawah oven, digunakan kabel yang salah satu ujungnya terdapat klip buaya, yang mana klip buaya ditempatkan di kedua ujung kawat model spiral. Di titik perhubungan klip buaya antara sumber tegangan dengan kawat, terdapat pula satu klip buaya yang menghubungkan LCD Voltmeter dengan sumber tegangan, sehingga LCD Voltmeter dapat menunjukkan nilai output tegangan. Klip buaya lain dari Voltmeter dihubungkan dengan ujung kawat lainnya. Kawat dihubungkan dengan oven dan diletakkan di bagian bawah oven. Dua sensor *Thermocouple Type-K MAX6675* dihubungkan dengan oven dengan cara melubangi oven di sisi kanan, kiri, atas, dan belakang kemudian menempatkan pada lubang-lubang tersebut. Hal ini akan membuat sensor *Thermocouple Type-K MAX6675* mendapatkan sinyal input yang berupa temperatur suhu. Sensor *Thermocouple Type-K MAX667* dihubungkan dengan mikrokontroler

Arduino Uno dengan kabel jumper. Hal ini bertujuan agar *input* yang didapat oleh sensor *Thermocouple Type-K MAX6675* dapat diproses oleh kode pemrograman yang sudah di-*upload* di dalam mikrokontroler Arduino Uno. Mikrokontroler Arduino Uno dihubungkan dengan LCD 16x2 I2C. LCD ini berfungsi untuk menampilkan *output* data yang berasal dari *input* data *Thermocouple Type-K MAX6675* yang sudah diolah oleh mikrokontroler Arduino Uno. Selain itu, Mikrokontroler Arduino dihubungkan dengan sumber daya menggunakan kabel adaptor USB. Hasil perancangan arsitektur rancang bangun terlihat pada gambar 4.11.



Gambar 4.11 Hasil Akhir Rangkaian Rancang Bangun



Gambar 4.12 Hasil Rangkaian Sensor dengan Mikrokontroler Arduino

Perancangan *software* terdiri dari pembuatan kode pemrograman. Perancangan *software* bertujuan untuk mengatur input-output selama proses operasional rancang bangun. Perancangan *sketch* kode pemrograman bertujuan agar mikrokontroler Arduino dapat mengatur 2 sensor sekaligus yang mana berfungsi sebagai perangkat input. Sensor yang dimaksud adalah *Thermocouple Type-K MAX6675* yang mana berfungsi untuk membaca nilai input yang berupa temperatur oven. Setelah mikrokontroler Arduino dapat mengatur perangkat input,

dilanjutkan dengan membuat *sketch* kode pemrograman yang bertujuan untuk mendapatkan nilai output. Dalam hal ini, perangkat output yang dimaksud adalah LCD 16x2 I2C. LCD diprogram berdasarkan *sketch* yang telah dibuat sehingga akan menampilkan nilai input yang didapat dari sensor *Thermocouple Type-K MAX6675* sebagai nilai output dalam bentuk karakter angka yang dapat dibaca. Nilai output ini merepresentasikan temperatur suhu oven.

4.1.6 Data Hasil Penelitian

Penelitian rancang bangun pemanas udara model spiral ini menggunakan tiga jenis bahan kawat yang berbeda, yakni Nichrome, Nikelin, dan Kanthal. Penelitian ini menggunakan dua sampel untuk menguji efisiensi jenis kawat. Sample bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah biji gabah dan jagung. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, didapatkan data dan hasil sebagai berikut.

A. Data Hasil Pengujian Efisiensi Energi Kawat Terhadap Rancang Bangun Pemanas Udara

1. Kawat Nichrome

Pengujian pertama menggunakan kawat nichrome model spiral dan didapatkan data nilai efisiensi energi kawat nichrome terhadap waktu sebagaimana dalam tabel 4.3.

Tabel 4.3 Data Hasil Pengujian Kawat Nichrome

Jenis Kawat	Daya (W)	Arus (I)	Tegangan (V)	Waktu (menit)	Suhu Rata-Rata (°C)		Efisiensi Energi %
					Awal	Akhir	
NICHROME	200	5,13	39	10	28,25	35,81	23,44
				15	28,38	36,81	17,44
				20	28,50	37,00	13,18
	300	5,33	56,3	10	28,94	39,38	21,57
				15	29,00	39,88	14,98
				20	29,50	40,13	10,98
	400	5,63	71,1	10	29,75	40,38	16,47
				15	30,25	40,69	10,79
				20	30,56	41,25	8,28

Tabel 4.3 menunjukkan bahwa nilai efisiensi energi tertinggi kawat nichrome ketika daya yang digunakan sebesar 200 Watt dengan tegangan listrik sebesar 39 Volt pada durasi waktu 10 menit. Nilai efisiensi energi yang didapat sebesar 23,44%. Kemudian, nilai efisiensi energi terendah didapatkan ketika daya yang digunakan sebesar 400 Watt dengan tegangan listrik sebesar 71,1 Volt pada durasi waktu 20 menit. Berdasarkan pengujian tersebut, nilai efisiensi energi yang didapat sebesar 8,28%.

2. Kawat Nikelin

Pengujian kedua menggunakan kawat nikelin model spiral dan didapatkan data nilai efisiensi energi kawat nikelin terhadap waktu sebagaimana dalam tabel 4.4.

Tabel 4.4 Data Hasil Pengujian Kawat Nikelin

Jenis Kawat	Daya (W)	Arus (I)	Tegangan (V)	Waktu (menit)	Suhu Rata-Rata (°C)		Efisiensi Energi %
					Awal	Akhir	
NIKELIN	200	4,39	45,6	10	28,31	39,13	33,52
				15	28,44	39,25	22,35
				20	28,58	39,38	16,74
	300	4,89	61,4	10	29,01	39,75	22,19
				15	29,13	40,00	14,98
				20	29,56	40,56	11,37
	400	5,13	77,9	10	29,75	41,25	17,73
				15	30,31	41,65	11,75
				20	30,63	42,00	8,82

Tabel 4.4 menunjukkan bahwa nilai efisiensi energi tertinggi kawat nichrome ketika daya yang digunakan sebesar 200 Watt dengan tegangan listrik sebesar 45,6 Volt pada durasi waktu 10 menit. Nilai efisiensi energi yang didapat sebesar 33,52%. Kemudian, nilai efisiensi energi terendah didapatkan ketika daya yang digunakan sebesar 400 Watt dengan tegangan listrik sebesar 77,9 Volt pada durasi waktu 20 menit. Berdasarkan pengujian tersebut, nilai efisiensi energi yang didapat sebesar 8,82%.

4. Kawat Kanthal

Pengujian ketiga menggunakan kawat kanthal model spiral dan didapatkan data nilai efisiensi energi kawat kanthal terhadap waktu sebagaimana dalam tabel 4.5.

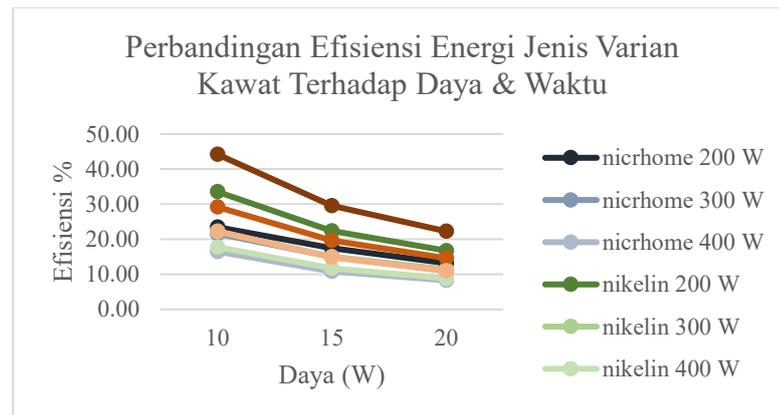
Tabel 4.5 Data Hasil Pengujian Kawat Kanthal

Jenis Kawat	Daya (W)	Arus (I)	Tegangan (V)	Waktu (menit)	Suhu Rata-Rata (°C)		Efisiensi Energi %
					Awal	Akhir	
KANTHAL	200	4,25	47,1	10	28,31	42,56	44,18
				15	28,44	42,75	29,58
				20	28,58	42,94	22,26
	300	4,48	66,9	10	29,19	43,31	29,19
				15	29,25	43,50	19,63
				20	29,63	43,75	14,60
	400	4,86	82,3	10	29,81	44,19	22,28
				15	30,38	44,69	14,79
				20	30,75	44,94	11,00

Tabel 4.5 menunjukkan bahwa nilai efisiensi energi tertinggi kawat nichrome ketika daya yang digunakan sebesar 200 Watt dengan tegangan listrik sebesar 47,1 Volt pada durasi waktu 10 menit. Nilai efisiensi energi yang didapat sebesar 44,18%. Kemudian, nilai efisiensi energi terendah didapatkan ketika daya yang digunakan sebesar 400 Watt dengan tegangan listrik sebesar 82,3 Volt pada durasi waktu 20 menit. Berdasarkan pengujian tersebut, nilai efisiensi energi yang didapat sebesar 11,00%.

6. Perbandingan Efisiensi Energi Varian Jenis Kawat

Berdasarkan data penelitian didapatkan efisiensi varian jenis kawat. Terdapat perbedaan efisiensi energi yang dihasilkan setiap kawat terhadap daya dan waktu seperti yang ditunjukkan pada grafik 4.13



Gambar 4.13 Grafik Perbandingan Efisiensi Energi Varian Jenis Kawat

Berdasarkan grafik 4.1, didapatkan perbandingan nilai efisiensi dari berbagai varian jenis kawat. Pada pengujian rancang bangun pemanas udara, jenis kawat yang mempunyai efisiensi energi tertinggi adalah kawat kanthal dengan daya 200 Watt pada waktu 10 menit, yang menghasilkan efisiensi energi sebesar 33,35%. Kemudian, didapatkan pula nilai efisiensi energi terendah yakni pada jenis kawat nichrome dengan daya 400 Watt pada waktu 20 menit, yang menghasilkan efisiensi energi sebesar 5,93%.

Dari data tabel diatas semakin lama waktu yang dibutuhkan untuk mengeringkan suatu bahan, maka efisiensi yang didapatkan semakin kecil. Hal ini dikarenakan energi listrik yang dibutuhkan

semakin banyak sehingga hal itu akan membutuhkan waktu yang lama pula.

Apabila waktu yang digunakan memanaskan kawat itu semakin lama maka energi listrik yang dihasilkan semakin banyak, sehingga apabila nilai energi listrik semakin banyak dari energi kalor yang dihasilkan maka efisiensi (η) akan semakin kecil. Hal itu ditunjukkan pada table 4.3 sampai 4.5 bahwa semakin lama waktu (t) yang digunakan maka semakin kecil pula efisiensi (η) yang dihasilkan.

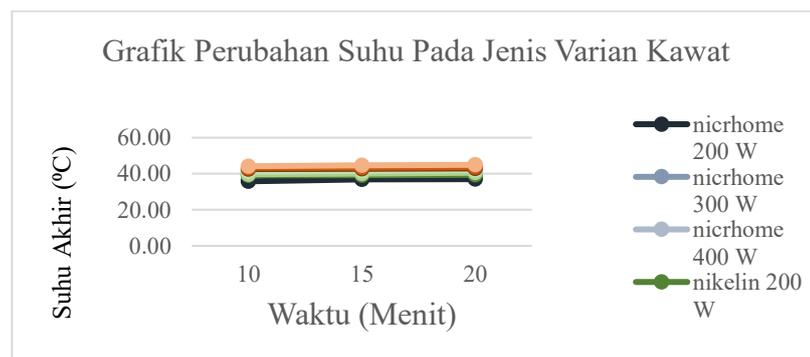
B. Data Hasil Perubahan Suhu Pada Jenis Varian Kawat Terhadap Daya dan Waktu

Didapatkan perubahan suhu terhadap daya dan waktu pada penelitian rancang bangun pemanas udara sebagaimana dapat dilihat pada tabel 4.6

Tabel 4.6 Data Hasil Perubahan Suhu pada Jenis Varian Kawat

Jenis Kawat	Daya (W)	Arus (I)	Tegangan (V)	Waktu (menit)	Suhu Rata-Rata (°C)	
					Awal	Akhir
NICHROME	200	5,13	39	10	28,25	35,81
				15	28,38	36,81
				20	28,50	37,00
	300	5,33	56,3	10	28,94	39,38
				15	29,00	39,88
				20	29,50	40,13
	400	5,63	71,1	10	29,75	40,38
				15	30,25	40,69
				20	30,56	41,25

NIKELIN	200	4,39	45,6	10	28,31	39,13
				15	28,44	39,25
				20	28,58	39,38
	300	4,89	61,4	10	29,01	39,75
				15	29,13	40,00
				20	29,56	40,56
	400	5,13	77,9	10	29,75	41,25
				15	30,31	41,65
				20	30,63	42,00
KANTHAL	200	4,25	47,1	10	28,31	42,56
				15	28,44	42,75
				20	28,58	42,94
	300	4,48	66,9	10	29,19	43,31
				15	29,25	43,50
				20	29,63	43,75
	400	4,86	82,3	10	29,81	44,19
				15	30,38	44,69
				20	30,75	44,94



Gambar 4.14 Grafik Perubahan Suhu Pada Jenis Varian Kawat

Berdasarkan tabel 4.6 kawat nichrome dengan daya 200 Watt pada waktu 10 menit menghasilkan suhu akhir 35,81°C, pada waktu 15 menit menghasilkan suhu akhir 36,81°C, dan pada waktu 20

menit menghasilkan suhu akhir 37,00°C. Pada jenis kawat yang sama dengan daya 300 Watt pada waktu 10 menit menghasilkan suhu akhir 39,38°C, pada waktu 15 menit menghasilkan suhu akhir 39,88°C, dan pada waktu 20 menit menghasilkan suhu akhir 40,13°C. Kemudian dengan daya 400 Watt pada waktu 10 menit menghasilkan suhu akhir 40,38°C, pada waktu 15 menit menghasilkan suhu akhir 40,69°C, dan pada waktu 20 menit menghasilkan suhu akhir 41,25°C.

Penelitian pada kawat nikelin dengan daya 200 Watt pada waktu 10 menit menghasilkan suhu akhir 39,13°C, pada waktu 15 menit menghasilkan suhu akhir 39,25°C, dan pada waktu 20 menit menghasilkan suhu akhir 39,38°C. Pada jenis kawat yang sama dengan daya 300 Watt pada waktu 10 menit menghasilkan suhu akhir 39,75°C, pada waktu 15 menit menghasilkan suhu akhir 40,00°C, dan pada waktu 20 menit menghasilkan suhu akhir 40,56°C. Kemudian dengan daya 400 Watt pada waktu 10 menit menghasilkan suhu akhir 41,25°C, pada waktu 15 menit menghasilkan suhu akhir 41,65°C, dan pada waktu 20 menit menghasilkan suhu akhir 42,00°C.

Penelitian pada kawat kanthal dengan daya 200 Watt pada waktu 10 menit menghasilkan suhu akhir 42,56°C, pada waktu 15 menit menghasilkan suhu akhir 42,75°C, dan pada waktu 20 menit menghasilkan suhu akhir 42,94°C. Pada jenis kawat yang sama dengan daya 300 Watt pada waktu 10 menit menghasilkan suhu

akhir 43,31°C, pada waktu 15 menit menghasilkan suhu akhir 43,50°C, dan pada waktu 20 menit menghasilkan suhu akhir 43,75°C. Kemudian dengan daya 400 Watt pada waktu 10 menit menghasilkan suhu akhir 44,19°C, pada waktu 15 menit menghasilkan suhu akhir 44,69°C, dan pada waktu 20 menit menghasilkan suhu akhir 44,94°C.

Berdasarkan data penelitian yang diperoleh, dari ketiga jenis varian kawat, kawat kanthal mengalami kenaikan suhu yang lebih cepat daripada varian kawat lain. Hal ini dibuktikan pada kawat kanthal dengan daya mulai 200 Watt hingga 400 Watt, mengalami kenaikan suhu akhir yang lebih tinggi ketimbang jenis varian kawat lain pada waktu 10 hingga 20 menit.

C. Data Hasil Perbandingan Tingkat Kekeringan Sample Pada Jenis Varian Kawat

Tingkat kekeringan pada penelitian ini mengacu kepada nilai akhir kadar air yang dimiliki sample. Nilai akhir penurunan kadar air dipengaruhi oleh jenis varian kawat, besar daya yang digunakan, dan durasi waktu pemanasan sample. Berikut ini adalah data hasil penelitian mengenai penurunan tingkat kadar air.

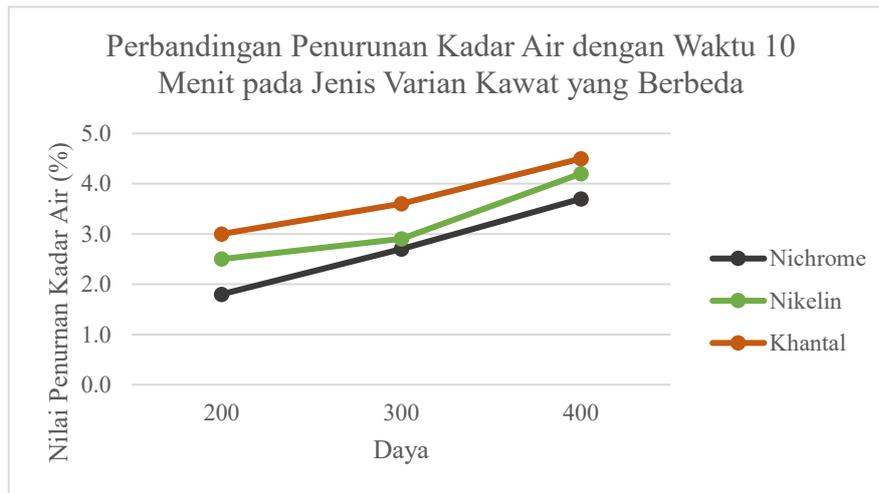
1. Perbandingan Jenis Varian Kawat untuk Pengeringan Biji Gabah

Hasil penelitian pengeringan biji gabah yang menggunakan tiga jenis varian kawat yang berbeda, dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

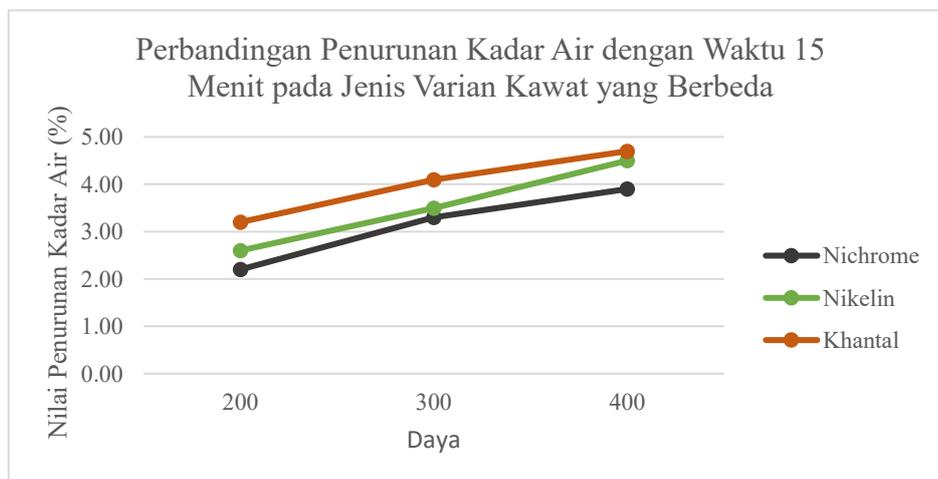
Tabel 4.7 Data Hasil Perbandingan Penurunan Kadar Air Pada Biji Gabah

Jenis Kawat	Daya (Watt)	Waktu (Menit)	Kadar Air %		
			Awal	Akhir	Selisih
Nichrome	200	10	19,00	17,20	1,80
	300		19,00	16,30	2,70
	400		19,00	15,30	3,70
Nikelin	200		19,00	16,50	2,50
	300		19,00	16,10	2,90
	400		19,00	14,80	4,20
Kanthal	200		19,00	16,00	3,00
	300		19,00	15,40	3,60
	400		19,00	14,50	4,50
Nichrome	200	15	19,00	16,80	2,20
	300		19,00	15,70	3,30
	400		19,00	15,10	3,90
Nikelin	200		19,00	16,40	2,60
	300		19,00	15,50	3,50
	400		19,00	14,50	4,50
Kanthal	200		19,00	15,80	3,20
	300		19,00	14,90	4,10
	400		19,00	14,30	4,70
Nichrome	200	20	19,00	16,80	2,20
	300		19,00	15,60	3,40
	400		19,00	14,90	4,10
Nikelin	200		19,00	16,30	2,70

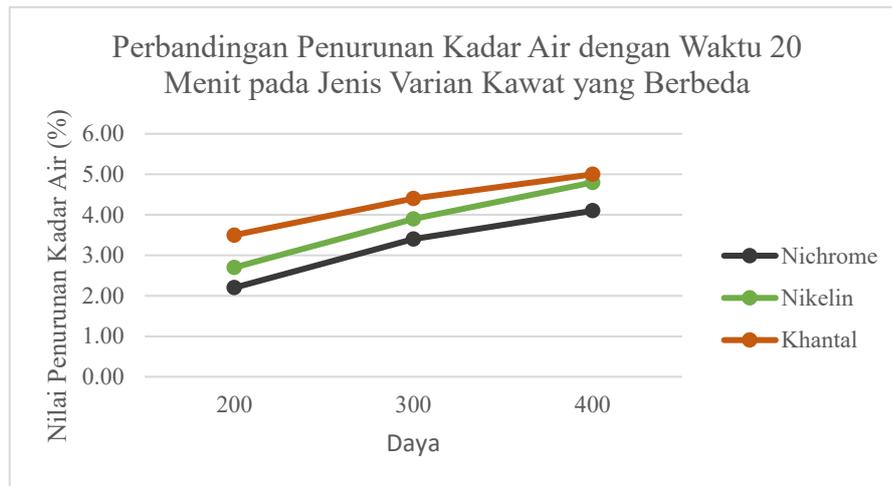
	300		19,00	15,10	3,90
	400		19,00	14,20	4,80
Kanthal	200		19,00	15,50	3,50
	300		19,00	14,60	4,40
	400		19,00	14,00	5,00



Gambar 4.15 Grafik Perbandingan Penurunan Kadar Air Gabah dengan Waktu 10 Menit pada Jenis Varian Kawat yang Berbeda



Gambar 4.16 Grafik Perbandingan Penurunan Kadar Air Gabah dengan Waktu 15 Menit pada Jenis Varian Kawat yang Berbeda



Gambar 4.17 Grafik Perbandingan Penurunan Kadar Air Gabah dengan Waktu 20 Menit pada Jenis Varian Kawat yang Berbeda

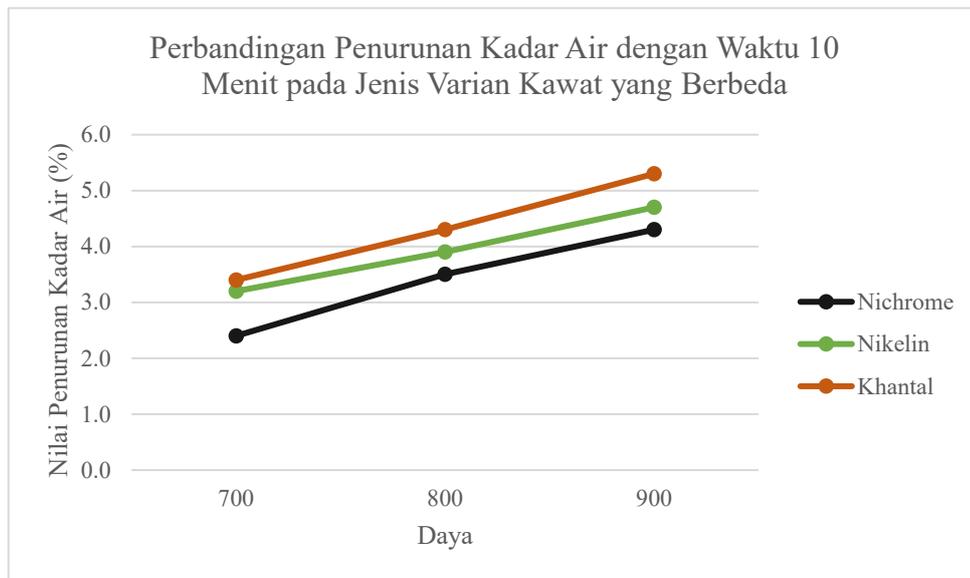
Berdasarkan tabel 4.7, tingkat kekeringan yang ditunjukkan oleh tabel penurunan kadar air, pada daya 200 Watt hingga 400 Watt, kawat kanthal menunjukkan performa penurunan kadar air yang paling signifikan daripada kedua kawat lainnya, baik pada waktu 10, 15, dan 20 menit. Selain itu pada penggunaan daya 400 Watt dengan durasi waktu 20 menit, jenis kawat kanthal mampu menurunkan kadar air menjadi 14,00% sehingga mampu memenuhi standar bulog dan standar yang diinginkan.

2. Perbandingan Jenis Varian Kawat untuk Pengeringan Biji Jagung

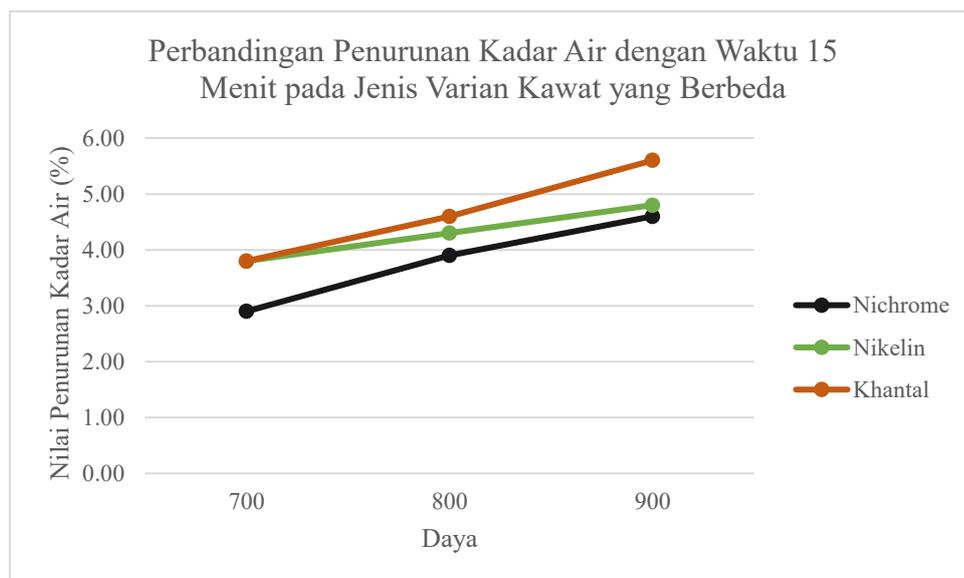
Hasil penelitian pengeringan biji jagung yang menggunakan tiga jenis varian kawat yang berbeda, dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 4.8 Data Hasil Perbandingan Penurunan Kadar Air Pada Biji Jagung

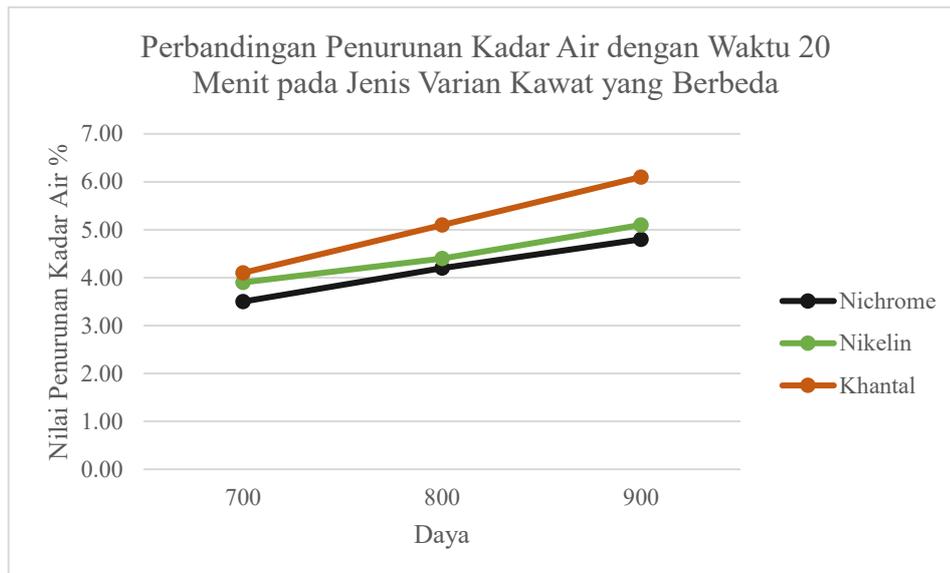
Jenis Kawat	Daya (Watt)	Waktu (Menit)	Kadar Air %		
			Awal	Akhir	Selisih
Nichrome	700	10	20,10	17,70	2,40
	800		20,10	16,60	3,50
	900		20,10	15,80	4,30
Nikelin	700		20,10	16,90	3,20
	800		20,10	16,20	3,90
	900		20,10	15,40	4,70
Kanthal	700		20,10	16,70	3,40
	800		20,10	15,80	4,30
	900		20,10	14,80	5,30
Nichrome	700	15	20,10	17,20	2,90
	800		20,10	16,20	3,90
	900		20,10	15,50	4,60
Nikelin	700		20,10	16,30	3,80
	800		20,10	15,80	4,30
	900		20,10	15,30	4,80
Kanthal	700		20,10	16,30	3,80
	800		20,10	15,30	4,80
	900		20,10	14,50	5,60
Nichrome	700	20	20,10	16,60	3,50
	800		20,10	15,90	4,20
	900		20,10	15,30	4,80
Nikelin	700		20,10	16,20	3,90
	800		20,10	15,70	4,40
	900		20,10	15,00	5,10
Kanthal	700		20,10	16,00	4,10
	800		20,10	15,00	5,10
	900		20,10	14,00	6,10



Gambar 4.18 Grafik Perbandingan Penurunan Kadar Air Jagung dengan Waktu 10 Menit pada Jenis Varian Kawat yang Berbeda



Gambar 4.19 Grafik Perbandingan Penurunan Kadar Air Jagung dengan Waktu 15 Menit pada Jenis Varian Kawat yang Berbeda



Gambar 4.20 Grafik Perbandingan Penurunan Kadar Air Jagung dengan Waktu 20 Menit pada Jenis Varian Kawat yang Berbeda

Berdasarkan tabel 4.10, tingkat kekeringan yang ditunjukkan oleh tabel penurunan kadar air, pada daya 700 Watt hingga 900 Watt, kawat kanthal juga menunjukkan performa penurunan kadar air yang paling signifikan daripada kedua kawat lainnya, baik pada waktu 10, 15, dan 20 menit, sebagaimana pada penelitian sample biji gabah. Pada penggunaan daya 900 Watt dengan durasi waktu 20 menit juga dapat memenuhi, baik standar bulog maupun standar yang diinginkan, yakni 14,00% kadar air.

4. 2 Pembahasan

Penelitian rancang bangun alat pemanas udara model spiral berhasil dibuat. Dalam arsitektur rancang bangun ini, setiap komponen bagian saling terhubung sehingga membentuk satu sistem rancang bangun. Tiap komponen bagian dari sistem ini meliputi rangkaian sumber tegangan, oven, kawat pemanas model spiral, mikrokontroler Arduino Uno, Sensor *Thermocouple Type-K MAX6675*, LCD Voltmeter dan LCD 16x2 I2C. Komponen yang digunakan pada rancang bangun

merupakan komponen yang sudah teruji, sehingga alat dapat bekerja dengan baik. Mikrokontroler Arduino Uno yang berfungsi sebagai unit kontrol *input* dan *output* menunjukkan kinerja yang normal berdasarkan indikator nyala lampu LED power, dapat membaca dan menerima kode pemrograman yang telah di-*upload*, serta dapat berkomunikasi menggunakan kabel USB. Sensor *Thermocouple Type-K MAX6675* yang dihubungkan dengan mikrokontroler Arduino Uno berfungsi sebagai sensor untuk mendeteksi dan memberikan informasi terkait perubahan temperatur suhu di dalam oven. LCD 16x2 I2C yang digunakan juga berfungsi dengan normal dalam memberikan nilai output hasil pemrosesan oleh Mikrokontroler Arduino Uno kepada user alat rancang bangun.

Prinsip kerja umum dari arsitektur rancang bangun pemanas model spiral adalah mendeteksi perubahan temperatur suhu dan memberikan informasi pembacaan melalui LCD 16x2 I2C. Prinsip kerja ini dimulai ketika arus listrik mengakibatkan kawat model spiral mengalami kenaikan suhu, kemudian sensor *Thermocouple Type-K MAX6675* akan mendeteksi perubahan suhu lalu mengirimkan informasi perubahan suhu sebagai *input*. *Input* akan diolah oleh mikrokontroler Arduino sehingga didapatkan informasi *output* yang kemudian dikirim kepada LCD 16x2 I2C sehingga akan ditampilkan karakter angka yang menunjukkan perubahan suhu yang terjadi kepada user alat rancang bangun.

Pengujian kalibrasi sensor *Thermocouple Type-K MAX6675* didasarkan pada ketepatan pembacaan suhu dengan termometer sebagai pembandingnya. Pengujian kalibrasi sensor *Thermocouple Type-K MAX6675* menunjukkan bahwa sensor memiliki tingkat akurasi yang baik. Tingkat akurasi ini ditunjukkan oleh rata-rata nilai error kalibrasi sensor *Thermocouple Type-K MAX6675* yang bernilai sangat

kecil dalam 5 kali percobaan kalibrasi. Adapun nilai error yang didapatkan adalah sebesar -0,35%. Nilai error yang didapat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti faktor lingkungan penelitian dan faktor manusia.

Penelitian ini menggunakan tiga jenis varian kawat pemanas model spiral. Kawat pertama adalah kawat kanthal yang memiliki resistansi yang sangat tinggi yang merupakan paduan dari besi, kromium dan aluminium (FeCrAl) dapat beroperasi pada temperatur 1400 C (2550 F) (Setiyono, 2016). Kawat kedua adalah kawat nichrome yang merupakan paduan dari Nickel dan Cromium. Kawat ini memiliki resistansi yang hampir sama dengan kawat kanthal pada ukuran gauge yang sama (Setiyono, 2016). Kawat ketiga adalah kawat nikelin. Kawat nikelin diketahui tidak stabil dan ketika dipanaskan pada temperatur lebih dari 400 C (Setiyono, 2016). Pada ketiga jenis varian kawat, dilakukan pengujian perbandingan efisiensi energi, perubahan suhu, dan tingkat kekeringan sample berdasarkan kadar air akhir yang dimiliki sample.

Berdasarkan data pengujian perbandingan efisiensi energi, kawat kanthal merupakan kawat yang mempunyai efisiensi energi yang lebih unggul daripada jenis varian kawat lain, meskipun penggunaan daya dan durasi waktu sama dengan jenis varian kawat lain. Hal ini berarti kawat kanthal lebih baik dalam memanfaatkan energi listrik untuk kemudian diubah menjadi kalor. Pada pengujian ini, efisiensi energi kawat kanthal akan semakin baik ketika daya yang digunakan semakin kecil dan disertai dengan durasi waktu yang singkat. Pada pengujian efisiensi energi jenis varian kawat dengan sample biji gabah, efisiensi energi tertinggi didapatkan ketika daya yang digunakan sebesar 200 Watt dengan durasi waktu 10 menit yang mana efisiensi energi bernilai 33,35%. Sama halnya dengan

pengujian dengan biji jagung, efisiensi energi tertinggi juga didapatkan ketika daya yang digunakan adalah daya terendah yakni 700 Watt dengan durasi waktu 10 menit. Nilai efisiensi energi yang didapat pada pengujian sample jagung adalah 24,97%

Pengujian perubahan suhu adalah pengujian penentuan kenaikan suhu akhir tiap jenis varian kawat. Pada penelitian ini, besar penggunaan daya dan durasi waktu bersifat linear terhadap perubahan suhu akhir yang terjadi. Pada pengujian ini, kawat kanthal menunjukkan perubahan kenaikan suhu paling signifikan jika dibandingkan dengan varian kawat lain. Pada pengujian sampel padi dengan penggunaan daya sebesar 400 Watt dan lama durasi waktu 20 menit, kawat kanthal mengalami kenaikan suhu tertinggi dibandingkan jenis varian kawat lain dengan penggunaan daya dan durasi waktu yang sama. Suhu akhir yang didapatkan untuk jenis kawat kanthal adalah 70,38°C. Sama halnya pada pengujian sample biji jagung, dengan penggunaan daya sebesar 900 Watt dan lama durasi waktu 20 menit, kawat kanthal juga mengalami kenaikan suhu tertinggi dibandingkan jenis varian kawat yang lain. Nilai suhu akhir yang diperoleh dari pengujian sample biji jagung menggunakan kawat kanthal dengan penggunaan daya sebesar 900 Watt dan durasi waktu 20 menit adalah 94,81%.

Pengujian perbandingan tingkat kekeringan sample pada jenis varian kawat adalah membandingkan hasil akhir penurunan kadar air pada tiap jenis varian kawat pada tiap sample. Hasil nilai pengujian penurunan kadar air terbesar adalah pada pengujian dengan menggunakan kawat kanthal. Pada pengujian dengan sample gabah, nilai penurunan pada pengujian dengan kawat kanthal mampu mencapai standar, baik standar bulog maupun standar yang diinginkan. Menurut

bulog (2011), standar kadar air adalah 14,00%. Hal ini terlihat pada pengujian jenis kawat kanthal dengan penggunaan daya 400 Watt dan durasi waktu 20 menit, yang mana kadar air mengalami penurunan hingga 5,00% sehingga kadar air akhir yang didapat adalah sebesar 14,00%. Selain itu, pada pengujian sample biji jagung, didapatkan penurunan kadar air sebesar 6,10% pada pengujian dengan jenis kawat kanthal, dengan penggunaan daya 900 Watt dan durasi waktu 20 menit, sehingga didapatkan kadar air akhir sebesar 14,00%. Kadar air akhir pada pengujian jagung juga sesuai dengan standar kadar air bulog dan standar kadar air yang diinginkan.

Berdasarkan macam pengujian yang telah dijelaskan sebelumnya, kawat kanthal merupakan jenis varian kawat yang menunjukkan hasil yang paling signifikan daripada kedua kawat lainnya, baik dalam aspek efisiensi daya, perubahan kenaikan suhu akhir, maupun perubahan penurunan kadar air akhir sample penelitian.

4.3 Kawat Pemanas

Kawat pemanas adalah komponen yang sangat penting dalam sebuah heater. Kawat pemanas biasanya terbuat dari material logam yang memiliki resistansi tinggi. Standarisasi atau ukuran kawat pemanas biasanya dinyatakan dengan nilai gauge atau AWG (American Wire Gauge). Semakin kecil nilai gauganya maka semakin besar diameter kawatnya dan semakin kecil nilai resistansinya (Royen, 2014).

Berikut adalah jenis material dan karakteristik kawat pemanas yang digunakan.

1. Kanthal (FeCrAl)

Kanthal adalah jenis kawat pemanas yang cukup banyak digunakan sebagai elemen pemanas (Setiyono, 2016). Kawat kanthal memiliki resistivitas 1,45 ohm/mm dan konduktivitas sebesar 35 ohm/mm, yang merupakan paduan dari besi, kromium dan aluminium (FeCrAl) dapat beroperasi pada temperatur 1400C.

2. Nicrome

Kawat pemanas dengan material Nicrome merupakan paduan dari Nickel dan Cromium. Kawat Nicrome dapat bekerja pada temperatur 1250 C. Karena memiliki ketahanan yang sedikit lebih rendah dari pada kawat kanthal, kawat Nicrome banyak digunakan untuk elemen pemanas pada alat pemanggang dan setrika (Setiyono, 2016). Kawat nichrome sendiri memiliki resistivitas sebesar 1.5 ohm/mm dan konduktivitas sebesar 11,3 ohm/mm.

3. Nickel

Kawat nickel lebih dikenal dengan nama kawat Nikelin. Biasanya digunakan untuk material pemotong styrofoam, plastik, dan pemotong karet (Setiyono, 2016). Kawat nikelin memiliki resistivitas sebesar 2,04 ohm/mm dan konduktivitas 25 ohm/mm, terbuat dari nickel dan arsen, dapat bekerja pada temperature 400c.

Dari perbandingan ketiga jenis kawat yang dipakai maka semakin kecil nilai resistivitas bahan (kawat) maka tingkat konduktivitasnya akan semakin besar hal itu dikarenakan ada perbedaan luas penampang kawat, jenis bahan tiap-tiap kawat, daya yang dihantarkan dan lain lain. Selain itu panas dari tiap-tiap kawat juga berbeda hal itu disebabkan tidak semua energi listrik dikonversi ke bentuk panas, didalam kawat itu sendiri terdapat kandungan material lain dimana material tersebut dapat menyerap energi panas dan terdapat sifat-sifat kapasitif dan induktif yang

akan menyerap energi listrik sehingga semua energi listrik tidak diubah ke bentuk panas akan tetapi sebagian energi akan diserap.

Disamping itu, Semakin besar luas penampang suatu kawat maka semakin besar daya yang dibutuhkan sehingga semakin besar pula daya yang dihasilkan lalu semakin kecil luas penampang suatu kawat, maka semakin kecil daya yang dihasilkan. Hal itu dikarenakan daya yang dibutuhkan untuk memanaskan kawat yang berdiameter kecil lebih kecil daripada kawat yang mempunyai diameter yang lebih besar. Sehingga diameter kawat yang kecil lebih cepat panas dibandingkan dengan kawat yang berdiameter besar.

Varian jenis kawat yang telah digunakan dengan energi listrik yang sama yang di suplay ke 3 kawat tersebut, maka semakin kecil nilai resistivitas bahan (kawat) maka tingkat konduktivitasnya akan semakin besar, hal itu di tunjukan oleh kawat kanthal yang menghasilkan tingkat derajat suhu paling tinggi dari pada kawat nichrome dan nikelin, dikarenakan nilai konduktivitasnya lebih tinggi dari pada kawat lainnya yaitu sebesar 35 ohm/mm

4.4 Integrasi Penelitian dengan Al- Quran

Penelitian ini menghasilkan suatu sistem pengering gabah menggunakan sensor suhu yang mana dapat memudahkan dalam pengeringan gabah dan jagung. Segala suatu dimuka bumi memiliki ukuran dan takarannya masing-masing termasuk ukuran suhu yang terdapat di muka bumi termasuk dari ukuran berat dari gabah dan jagung. Segala sesuatu yang di ciptakan di muka bumi sudah memiliki ukurannya masing-masing agar di dapat keseimbangan. Yang juga di jelaskan di Al-Quran surat Al Hijr : 19

وَالْأَرْضَ مَدَدْنَاهَا وَأَلْقَيْنَا فِيهَا رَوَاسِيَ وَأَنْبَتْنَا فِيهَا مِنْ كُلِّ شَيْءٍ مَّوْزُونٍ

Artinya : “Dan Kami telah menghamparkan Bumi dan Kami pancangkan padanya gunung-gunung serta Kami tumbuhkan di sana segala sesuatu menurut ukuran. (Al Hijr : 19).”

Kami telah menciptakan dan menghamparkan bumi ini untuk kalian sehingga menjadi luas terbentang dengan gunung-gunung yang kokoh. Kami pun menumbuhkan, di bumi ini, aneka ragam tanaman untuk kelangsungan hidup kalian. Dan kami telah menetapkan tiap-tiap tanaman itu memiliki rasa pertumbuhan dan penuaian tertentu, sesuai dengan kuantitas dan kebutuhan kalian. Demikian juga, kami tetap menentukan bentuknya sesuai dengan penciptaan dan habitatnya. Ayat ini menegaskan satu fakta ilmiah yang baru di temukan setelah dilakukannya penelitian terhadap berbagai tanaman. Dalam temuan ini di dapatkan, sebagaimana ditengarai ayat ini, bahwa setiap kelompok tanaman masing-masing memiliki kesamaan dilihat dari sisi luarnya. Demikian pula dari sisi dalamnya, bagian – bagian tanaman dan sel – sel yang digunakan untuk perumbuhan, memiliki kesamaan yang praktis tak berbeda. Meskipun antara satu jenis dengan lainnya dapat dibedakan tetapi semuanya tetap dapat diklasifikasikan dalam satu kelompok yang sama (shihab, 2000).

Perancangan pengering gabah dan jagung ini merupakan termasuk dalam usaha memperbaiki kehidupan dan senantiasa berproduktif dengan cara mempermudah dalam kehidupan sebagaimana sudah dijelaskan dalam AL-Quran surat Ar-Ra’d ayat 11 :

Ar- Ra’d : 11

لَهُ مُعَقِّبَاتٌ مِّنْ بَيْنِ يَدَيْهِ وَمِنْ خَلْفِهِ يَحْفَظُونَهُ مِنْ أَمْرِ اللَّهِ إِنَّ اللَّهَ لَا يُغَيِّرُ مَا بِقَوْمٍ حَتَّىٰ يُغَيِّرُوا مَا بِأَنْفُسِهِمْ وَإِذَا أَرَادَ اللَّهُ بِقَوْمٍ سُوءًا فَلَا مَرَدَّ لَهُ وَمَا لَهُمْ مِّنْ دُونِهِ مِنْ وَالٍ

Artinya : Baginya (manusia) ada malaikat-malaikat yang selalu menjaganya bergiliran, dari depan dan belakangnya. Mereka menjaganya atas perintah Allah. Sesungguhnya Allah tidak akan mengubah keadaan suatu kaum sebelum mereka mengubah keadaan diri mereka sendiri. Dan apabila Allah menghendaki keburukan terhadap suatu kaum, maka tak ada yang dapat menolaknya dan tidak ada pelindung bagi mereka selain Dia. (Ar Ra'd : 11)

Sesungguhnya Allahlah yang memelihara kalian. Setiap manusia memiliki sejumlah malaikat yang bertugas atas perintah Allah menjaga dan memeliharanya. Mereka ada yang menjaga dari depan dan ada juga yang menjaga dari belakang. Demikian pula, Allah tidak akan mengubah nasib suatu bangsa dari susah menjadi bahagia, atau dari kuat menjadi lemah, sebelum mereka sendiri yang mengubah apa yang ada pada diri mereka sesuai dengan keadaan yang mereka jalani. Apabila Allah berkehendak memberikan bencana kepada suatu bangsa, tidak ada seorangpun yang dapat melindungi mereka dari bencana itu, tidak ada seorangpun yang mengendalikan urusan kalian hingga dapat menolak bencana itu (shihab, 2000).

Berdasarkan ayat diatas disebutkan bahwa sesungguhnya Allah tidak merubah keadaan suatu kaum hingga mereka merubah keadaan yang ada pada diri mereka sendiri. Oleh sebab itu untuk meningkatkan produksi cadangan beras dan jagung negara. Yang dalam penyimpanany gampang busuk yang disebabkan oleh pengeringan yang tidak merata.

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan penelitian rancang bangun pemanas udara model spiral berbasis Arduino Uno adalah sebagai berikut :

1. Rancang bangun pemanas udara model spiral berhasil dibuat. Rancang bangun yang dibuat dapat berfungsi dengan baik untuk mengeringkan sample biji gabah dan biji jagung. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar air sample sesuai dengan parameter yang berdasarkan pada standar mutu bulog yang mana kadar air yang dimiliki biji gabah dan biji jagung adalah sebesar 14,00%.
2. Penelitian rancang bangun pemanas udara model spiral menunjukkan bahwa dari semua jenis varian kawat yang dipakai, kawat kanthal mempunyai kualitas yang lebih baik. Hal ini dikarenakan kawat kanthal mempunyai tingkat efisiensi energi, kenaikan suhu, dan penurunan kadar air sample biji gabah dan jagung serta mempunyai nilai konduktivitas yang lebih tinggi dan lebih baik daripada jenis varian kawat lainnya.

5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan, peneliti memberi saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya sebagai berikut :

1. Rancang bangun didesain lebih besar agar dapat menampung banyak sample bahan yang akan dikeringkan.
2. Diperlukan adanya variasi durasi waktu sehingga dapat membuat hasil penelitian menjadi semakin akurat

3. Diperlukan lebih banyak jenis varian kawat agar dapat diketahui mengenai jenis varian kawat lain yang mungkin mempunyai kualitas lebih baik ketika digunakan untuk perancangan sistem pemanas udara
4. Diperlukan penelitian lebih lanjut dengan metode terbaru lainnya guna menunjang perkembangan IPTEK

DAFTAR PUSTAKA

- Abdul, Ghoffar M. 2004. *Tafsir Ibnu Katsir*. Bogor: Pustaka Imam Asy-Syafi'i.
- Ahyar. 2009. *Pengaruh Proses Pratanak terhadap Mutu Gizi dan Indeks Glikemik Berbagai Varietas Beras Indonesia* (Tesis). Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Allo, Desmon Kendek dkk. 2013. *Rancang Bangun Alat Ukur Temperatur Untuk Mengukur Selisih Dua Keadaan*. E Journal Teknik Elektro dan Komputer.1-8.
- Al-Qur'an dan terjemahannya. 2008. Departemen Agama RI. Bandung: Diponegoro.
- Arboleda, C. R. 1991. *Communications Research*. Manila: CFA.
- Arif, Mohamad., dan Nur Muhammad Akbar Ilahi. 2018. *Aplikasi Metode Oven Suhu Tinggi Tetap dan Benih Utuh dalam Pengujian Kadar Air Benih Kelapa Sawit (Elaeis guineensis L. Jacq.)*. J. Pen. 26 (3). 153-159.
- Artanto, dian. 2012. *Interaksi Arduino dan Lab View*. Jakarta: Dumni.
- Asni, Nur. 2017. "Penanganan Panen dan Pasca Panen Jagung untuk Tingkat Mutu Jagung". <https://bit.ly/3w4A9Lo> diakses pada 26 Maret 2021 pukul 21.00 WIB
- Bulog. 2011. *Pengetahuan Komoditas & Teknik Pemeriksaan Kualitas Gabah/Beras*. Jakarta: Bulog.
- Data sheet acquired from Harris Semiconductor. 1998. *TypeK TableC*. Texas: Texas Instruments Incorporated.
- Djuandi, Feri. 2011. *Mikrokontroler*. Yogyakarta: Andi.
- Fellow, P. J. 2001. *Food Processing Technology, Priciple and Practice*. New York: CRC Press.
- Fiqri, Ahmad Nurul. 2017. *Pengaturan Temperatur dan Pewaktu Oven Listrik Menggunakan HP Android* (skripsi). Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

- Hasibun, Rosdaneli. 2005. *Proses Pengeringan*. Program Studi Teknik Kimia. Sumatra Utara: Fakultas Teknik.
- Hasnan, Muhammad. 2018. *Rancang Bangun Sistem Pengering Gabah dengan Menggunakan Arduino* (skripsi). Makassar: Universitas Islam Negeri Alaudin.
- Henderson, SM dan RI. Perry. 1976. *Agricultural Process Engineering*. Westport, Connecticut (US): The AVI Publishing Co. Inc.
- Heriyanto, Ebiet Van. 2014. *Rancang Bangun Alat Pengering Gabah dengan Sensor Suhu Ruang Berbasis Arduino uno R3*. Surabaya: STIKOM.
- Hughes, K. V. & Willenberg. 1994. *Quality for Keeps: Drying Foods*. University of Missouri.
- Juliana, G.B dan A. Somnaikubun. 2008. *Pengaruh Suhu Pengering Terhadap Mutu Tepung Siput Laut (Littoraria Scabra)*. Jurnal Fakultas Pertanian Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta. Vol. 1 (4)
- Kamaruddin, Kurniati. 2015. *Alat Pendeteksi Kualitas Gabah Pabrik Beras Berbasis Mikrokontroler Menggunakan Sensor Kapasitif dan Sensor Warna* (skripsi). Makassar: Universitas Islam Negeri.
- Kho, Dickson. 2017. *Pengertian Termokopel (Thermocouple) dan Prinsip Kerjanya*. <http://teknikelektronika.com/pengertian-termokopel-thermocouple-dan-prinsip-kerjanya/> (diakses tanggal 7 April 2020)
- Muryono, dkk. 2010. *Momentum* 8, hal. 6-10.
- Patiwiri, AW. 2006. *Teknologi Penggilingan Padi*. Jakarta. Gramedia Pustaka Utama. 240 hal.
- Petruzella, Frank D. 2001. *Elektronik Industri*. Yogyakarta: Andi.
- Royen, Abi. 2014. "Tabel AWG". <https://Abi-blog.com/2014/03/01/tabel-awg/> diakses 24 september 2017 pukul 19.35 WIB.
- Qarni, A, Tafsir Muyassar, terj. Tim Qisthi Press, Jakarta, Qisthi Press, 2007.

- Saragih, B. 2001. *Keynote Address Ministers of Agriculture Government of Indonesia*. 2nd National Workshop On Strengthening The Development And Use Of Hibrid Rice In Indonesia. 1:10.
- Setiyono, Budi. 2016. “Jenis Jenis Kawat Untuk Koil”.<https://vapeku.net/2016/10/23/home-koil-ulasan/> diakses pada 31 mei 2017 pukul 13.15 WIB
- Shihab, Muhammad Quraish.2001.Tafsir Al-misbah: pesan, kesan, keserasian Al-Quran, Jakarta. Lentera Hati.
- Taib,G., Sa'id,E..G., Wiraatmaja,S. 1988. *Operasi Pengeringan pada Pengolahan Hasil Pertanian*. Jakarta: Mediyatama Sarana Perkasa.
- Umar Efrizon. 2008. *Buku Pintar Fisika*. Jakarta: Media Pusindo.
- Widodo, P., dan A. Hendriadi. 2004. *Perbandingan Kinerja Mesin Pengering Jagung Tipe Bak Datar Model Segiempat dan Silinder*. Jurnal Engineering Pertanian Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Vol. II No. 1.
- Winarno, F.G. 1997. *Kimia Pangan dan Gizi*. Gramedia Pustaka Utama : Jakarta

Lampiran 1. Perhitungan Efisiensi Bahan

A. Kawat Nichrome

$$*E = V I t$$

$$E = 39 \times 5,13 \times 10 = 2000 \text{ j}$$

$$*Q = m c \Delta T$$

$$Q = 0,046 \times 1000 \times 8,50 = 391 \text{ j}$$

$$*\eta = \frac{Q}{E} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{391}{2000} \times 100\% = 19,55\%$$

B. Kawat Nikelin

$$*E = V I t$$

$$E = 45,6 \times 4,39 \times 10 = 2001 \text{ j}$$

$$*Q = m c \Delta T$$

$$Q = 0,046 \times 1000 \times 9,31 = 428,26 \text{ j}$$

$$*\eta = \frac{Q}{E} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{428,26}{2001} \times 100\% = 21,40\%$$

C. Kawat Kanthal

$$*E = V I t$$

$$E = 47,1 \times 4,25 \times 10 = 2001 \text{ j}$$

$$*Q = m c \Delta T$$

$$Q = 0,046 \times 1000 \times 14,50 = 667 \text{ j}$$

$$*\eta = \frac{Q}{E} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{667}{2001} \times 100\% = 33\%$$

Lampiran 2. Kode Pemrograman

```

#include <max6675.h>
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
// Set the LCD address to 0x3F for a 16 chars and 2 line display
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);
// end of settings for LCD1602 with I2C
int soPin = 4;// SO=Serial Out
int csPin = 3;// CS = chip select CS pin
int sckPin = 2;// SCK = Serial Clock pin
int soPin1 = 7;// SO=Serial Out
int csPin1 = 6;// CS = chip select CS pin
int sckPin1 = 5;// SCK = Serial Clock pin
MAX6675 thermocouple(sckPin, csPin, soPin);
MAX6675 thermocouple1(sckPin1, csPin1, soPin1);

void setup() {
  lcd.begin();// initializ the LCD1602
  lcd.backlight();// turn the backlight ON for the LCD
  lcd.setCursor(1,1);
  lcd.print("Suhu dari Sensor");
  lcd.setCursor(1,2);
  lcd.print("Thermocouple");
  Serial.begin(9600);// initialize serial monitor with 9600 baud
  Serial.println("Hasil Sensor Thermocouple MAX6675");

  delay(3000);// give time to user to read the display at the beginning
}

void loop() {
  // basic readout test, just print the current temp
  Serial.print("C1 = ");
  Serial.println(thermocouple.readCelsius());
  Serial.print("C2 = ");
  Serial.println(thermocouple1.readCelsius());
}

```

```
lcd.clear();// clear previous values from screen
lcd.setCursor(0,0);// set cursor at character 0, line 0
lcd.print("Suhu");
lcd.setCursor(4,0);// set cursor at character 9, line 1
lcd.print(" ");
lcd.setCursor(5,0);// set cursor at character 9, line 1
lcd.print("1");
lcd.setCursor(7,0);// set cursor at character 9, line 1
lcd.print(":");
lcd.setCursor(8,0);// set cursor at character 9, line 1
lcd.print(thermocouple.readCelsius()+10);
lcd.setCursor(14,0);// set cursor at character 9, line 1
lcd.print((char)223);
lcd.setCursor(15,0);// set cursor at character 9, line 1
lcd.print("C");

lcd.setCursor(0,1);// set cursor at character 0, line 0
lcd.print("Suhu");
lcd.setCursor(4,1);// set cursor at character 9, line 1
lcd.print(" ");
lcd.setCursor(5,1);// set cursor at character 9, line 1
lcd.print("2");
lcd.setCursor(7,1);// set cursor at character 9, line 1
lcd.print(":");
lcd.setCursor(8,1);// set cursor at character 9, line 1
lcd.print(thermocouple1.readCelsius()); // print temperature in ahrenheit
lcd.setCursor(14,1);// set cursor at character 9, line 1
lcd.print((char)223);
lcd.setCursor(15,1);// set cursor at character 9, line 1
lcd.print("C");
delay(1000);
}
```

Lampiran 3. Gambar Pengujian Sensor *Thermocouple Type-K MAX6675*



Lampiran 4. Gambar Pemakaian Rancang Bangun Pemanas Udara





KEMENTERIAN AGAMA RI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI (UIN)
MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
JURUSAN FISIKA

Gedung B.J. Habibie Lt. 2 Fak. Sains dan Teknologi Jl. Gajayana No. 50 Malang 65144 Telp. (0341) 558933

Lampiran 5

BUKTI KONSULTASI SKRIPSI

Nama : Vio Firmanda Putra
NIM : 16640035
Fakultas/ Jurusan : Sains dan Teknologi/Fisika
Judul Skripsi : Rancang Bangun Prototipe Pemanas Udara Model
Spiral Untuk Sistem Pengering Biji Gabah dan Jagung
Pembimbing I : Farid Samsu Hananto, M.T
Pembimbing II : Drs. Abdul Basid, M.Si

No.	Hari/Tanggal	HAL	Tanda Tangan
1	Rabu/ 13 November 2019	Konsultasi Bab I, II, dan III	
2	Senin/ 04 Mei 2020	Konsultasi Bab I, II, dan III	
3	Rabu/ 20 Mei 2020	Konsultasi Bab I, II, dan III	
4	Kamis/ 28 Mei 2020	Konsultasi Bab I, II, dan III	
5	Kamis/ 04 Juni 2020	Konsultasi Bab I, II, III dan ACC	
6	Selasa/ 06 April 2021	Konsultasi data hasil Bab IV	
7	Kamis/ 08 April 2021	Konsultasi data hasil Bab IV dan ACC	
8	Kamis/ 06 Mei 2021	Konsultasi Bab IV dan ACC	
11	Kamis/ 8 Juli 2021	Konsultasi Bab IV	
12	Senin/ 19 Juli 2021	Konsultasi Bab IV	
13	Kamis/ 29 Juli 2021	Konsultasi Bab IV dan ACC	
14	Kamis/ 26 Agustus 2021	Konsultasi integrasi	
15	Senin/ 18 Oktober 2021	Konsultasi integrasi dan ACC	



KEMENTERIAN AGAMA RI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI (UIN)
MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
JURUSAN FISIKA

Gedung B.J. Habibie Lt. 2 Fak. Sains dan Teknologi Jl. Gajayama No. 58 Malang 65144 Telp. (0341) 558933

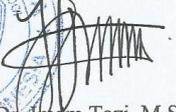
16	Kamis/ 4 November 2021	Konsultasi semua Bab	
16	Kamis/ 2 Desember 2021	Konsultasi semua Bab dan ACC	

Malang, 6 Desember 2021

Mengetahui,

Ketua Jurusan Fisika




Dr. Imam Tazi, M.Si

19740730 200312 1 002