

***PROTOTYPE PENERING GABAH OTOMATIS BERBASIS
MIKROKONTROLER ATMEGA16***



RAFIF IMAM JODIYANTO

5115127115

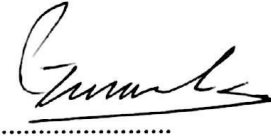
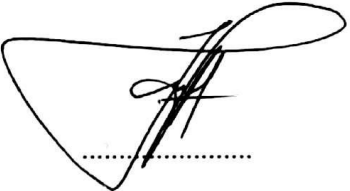

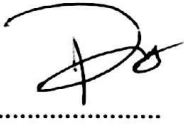
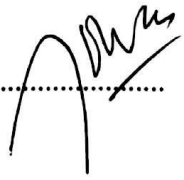
**Skripsi ini Ditulis Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Dalam Memperoleh Gelar Sarjana**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA**

2017

HALAMAN PENGESAHAN
PROTOTYPE PENERING GABAH OTOMATIS BERBASIS
MIKROKONTROLER ATMEGA16
RAFIF IMAM JODIYANTO / 5115127115

PANITIA UJIAN SKRIPSI

NAMA DOSEN	TANDA TANGAN	TANGGAL
Drs. Purwanto G., MT (Ketua Penguji)		08.02.2017
Massus Subekti, MT (Sekretaris)		07.02.2017
Nur Hanifah Yuninda, ST., MT (Dosen Ahli)		10-02-2017
Muhamad Rif'an, ST., MT (Dosen Pembimbing I)		10-02-2017
Mochammad Djaohar, ST., M.Sc (Dosen Pembimbing II)		10-02-2017

Tanggal Lulus : 3 Februari 2017

HALAMAN PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Karya tulis skripsi saya ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik sarjana, baik di Universitas Negeri Jakarta maupun di perguruan tinggi lain.
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri dengan arahan dosen pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya tulis ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di Universitas Negeri Jakarta.

Jakarta,

2017

METERAI TEMPEL pernyataan

34281AEF376409432

6000
ENAM RIBU RUPIAH

Ratu Imam Jodiyanto
Ratu Imam Jodiyanto

5115127115

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan atas kehadiran ALLAH SWT yang telah memberikan rahmat, karunia dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “*Prototype* Pengering Gabah Otomatis Berbasis Mikrokontroler Atmega 16”, yang merupakan persyaratan untuk meraih gelar Sarjana Pendidikan pada Program Studi Pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta.

Dalam penyusunan skripsi ini penulis banyak dibantu dengan bimbingan, dorongan, saran-saran, dan bantuan oleh berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Drs. Massus Subekti, S.Pd., M.T, selaku Ketua Program Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta yang telah memberikan semangat serta motivasi dalam penyusunan skripsi penelitian ini.
2. Muhamad Rif'an, ST., M.T sebagai pembimbing I serta Mochamad Djaohar, ST., M.Sc, sebagai pembimbing II yang telah meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan, pendapat, semangat dan arahan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
3. Mimi Rachmiati yaitu Ibu saya yang paling saya sayangi dan kedua kakak penulis atas doa, nasehat dan dukungannya selama ini yang telah diberikan demi kemajuan penulis dalam menyelesaikan pendidikannya.
4. Terima kasih juga kepada serta teman-teman seperjuangan penulis, mahasiswa Elektro Non-Reguler 2012 yang tidak dapat disebut namanya satu persatu yang sudah banyak membantu dalam menjalankan skripsi ini.
5. Annisyah yang telah banyak memberikan motivasi, arahan, dan semangatnya kepada penulis agar dapat menyelesaikan skripsi ini.
6. Serta semua pihak yang belum saya sebutkan dalam membantu penyelesaian skripsi ini.

Penulis pun menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih jauh dari sempurna dan banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis memohon maaf apabila terdapat kekurangan, serta kritik dan saran yang membangun diharapkan dari semua pihak untuk perbaikan kedepan baik dari isi maupun tulisan. Akhir kata, penulis berharap agar karya tulis skripsi ini dapat bermanfaat bagi yang membacanya.

Jakarta, 3 Februari 2017
Penulis

Rafif Imam Jodiyanto
5115127115

ABSTRAK

Rafif Imam Jodiyanto, *Prototype* Pengering Gabah Otomatis Berbasis Mikrokontroler ATMega16. Skripsi. Jakarta, Program Studi Pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta, 2017. Dosen Pembimbing : Muhamad Rif'an, S.T, M.T, dan Mochammad Djaohar, S.T, M.Sc.

Penelitian ini bertujuan untuk membuat *prototype* alat pengering otomatis sebagai penjaga kondisi pengeringan gabah dengan menggunakan mikrokontroler ATMega16 sebagai modul pengendali. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Pengukuran Listrik dan Bengkel Mekanik, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta, Rawamangun, Jakarta Timur pada bulan Mei 2016 hingga Desember 2016.

Metode yang digunakan adalah metode eksperimen yaitu menggunakan sensor suhu, kelembaban, serta kadar air sebagai pengindra dengan mikrokontroler ATMega16, kemudian diterapkan kepada alat pengering otomatis. Langkah yang dilakukan adalah membuat *design* dari *prototype* pengering gabah, membuat *hardware* daripada *design* yang dibuat sedemikian rupa, dan *software* atau program pada *CodeVision AVR* yang menggunakan Bahasa C. Pengujian dilakukan pada *software* dan *hardware*. Hasil pengujian kemudian dianalisis berdasarkan kriteria dari *software* dan *hardware* yang digunakan.

Dari hasil pengujian *software*, program berhasil ter-*compile* pada mikrokontroler ATMega16. Dan dari hasil pengujian *hardware*, gabah dapat dikeringkan dengan durasi 29 menit dalam rentan suhu 31.1 °C sampai dengan 58.5 °C. Dengan kadar air semula 25.3% sampai dengan 13.3%, dan kelembaban ruang yang diperoleh yaitu dalam rentan 70.4% sampai dengan 58.0%. Hal ini membuktikan bahwa terjadinya kondisi di dalam alat mengalami pengeringan yang diakibatkan *heater* karena pemanasan. Dari hasil pengujian ini bobot akhir diperoleh sebesar 2.9kg dari bobot semula yaitu 3kg.

Kesimpulan dari penelitian ini adalah pengering ini dapat digunakan sebagai alternatif pengganti panas matahari untuk mengeringkan gabah yang lebih efisien guna menghemat waktu, dioperasikan dengan *control push button* yang mudah digunakan dan alat akan bekerja secara otomatis dikendalikan oleh mikrokontroler ATMega16.

Kata Kunci : *Prototype, Pengering, Gabah dan Mikrokontroler ATMega16*

ABSTRACT

Rafif Imam Jodiyanto, Grain Dryer Automatic Prototype Based Microcontroller ATmega16. Skripsi. Jakarta, Education Program of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Negeri Jakarta, 2017. Lecturer : Muhamad Rif'an, S.T, M.T, and Mochamad Djaohar, S.T, M.Sc.

This study aims to create a prototype tool automatic dryer as guardians of grain drying conditions by using a microcontroller ATmega16 as control module. This study was conducted in the laboratory of electric measuring and the garage mechanic in Majoring of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, State University of Jakarta, Rawamangun, East Jakarta in May 2016 until December 2016.

The method used is an experimental method that uses temperature sensors, humidity, and water or moisture content as sensors with microcontroller ATmega16, and then applied to the automatic tool dryer. Steps to be done is to make the design of the prototype grain dryers, make hardware than the design are made in such a way, and software or programs on CodeVision AVR using C language. Tests performed on software and hardware. The test results are then analyzed based on the criteria of the software and hardware used.

From the results of testing software, program successfully compiled in the ATmega16 microcontroller. And the results of testing the hardware, grain can be dried with a duration of 29 minutes in a vulnerable temperature of 31.1°C up to 58.5°C. With its original water content 25.3% to 13.3%, and the humidity in the chamber obtained by the susceptible 70.4% to 58.0%. This proves that the conditions inside the drying caused a tool experiencing heater for heating. From these test results obtained final weight of 2.9kg of the original weight is 3kg.

The conclusion of this study is the dryer can be used as an alternative sun energy to dry the grain more efficiently and saving more time, operated with a push button control which is easy to use and the tools will work handly and automatically controlled by a microcontroller ATmega16.

Keywords: *Prototype, Dryer, Grain and Microcontroller ATmega16*

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL (COVER).....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Masalah.....	1
1.2. Identifikasi Masalah	4
1.3. Pembatasan Masalah	4
1.4. Rumusan Masalah	5
1.5. Tujuan Penelitian	5
1.6. Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1. Kajian Teoritik	7
2.1.1. Pengeringan.....	7
2.1.1.1. Mekasnisme Pengeringan.....	9
2.1.1.2. Klasifikasi Pengeringan.....	10
2.1.1.3. Metode Pengeringan.....	11

2.1.2.	Air Dalam Bahan Pangan.....	12
2.1.2.1.	Kadar Air Dalam Bahan Makanan.....	15
2.1.3.	Gabah	17
2.1.3.1.	Panen dan Pasca Panen Padi	19
2.1.3.2.	Pengeringan Gabah	21
2.1.4.	<i>Prototype</i>	23
2.1.5.	Mikrokontroler	24
2.1.5.1.	Mikrokontroler ATmega16.....	25
2.1.5.2.	Konfigurasi Pin Mikrokontroler ATmega16.....	29
2.1.5.3.	Pemrograman Mikrokontroler ATmega16.....	32
2.1.5.4.	Penggunaan CodeVisionAVR.....	34
2.1.6.	Tombol Tekan (<i>Push Button</i>).....	36
2.1.7.	Motor DC.....	37
2.1.8.	Sensor Suhu LM35	39
2.1.8.1.	Struktur Sensor LM35	41
2.1.8.2.	Karakteristik Sensor LM35	42
2.1.8.3.	Prinsip Kerja Sensor LM35	42
2.1.9.	Sensor Kelembaban DHT22.....	43
2.1.10.	<i>Moisture</i> Sensor (Sensor Kadar Air)	45
2.1.11.	<i>Heater</i>	46
2.1.12.	LCD	46
2.1.13.	<i>Buzzer</i>	49
2.2.	Konsep Prosedur Penelitian	49
BAB III	METODOLOGI PENELITIAN	53
3.1.	Tempat dan Waktu Penelitian	53

3.2.	Alat dan Bahan Penelitian.....	53
3.2.1.	Alat Serta Komponen.....	53
3.2.2.	Bahan.....	54
3.3.	Diagram Alir Penelitian	55
3.3.1.	Desain Alat	58
3.3.2.	ATMega 16 Sebagai Sistem Kontrol Alat	60
3.3.3.	Sensor Kelembaban DHT22.....	60
3.3.4.	Sensor Suhu LM35	60
3.3.5.	Sensor Kadar Air.....	61
3.3.6.	Elemen Panas (<i>Heater</i>).....	61
3.3.7.	Motor DC Yang di Padukan Dengan Pengaduk Berbentuk <i>Screw</i>	61
3.3.8.	Kipas Sebagai Pembuangan Udara (<i>Exhaust</i>).....	62
3.3.9.	LCD (<i>Liquid Crystal Display</i>) Sebagai <i>Monitoring</i> Pada Alat	62
3.3.10.	Pembuatan Diagram Alir.....	62
3.4.	Teknik dan Prosedur Pengumpulan Data.....	65
3.4.1.	Pengujian Alat	65
3.4.1.1.	Pengujian Pemrograman Alat.....	66
3.4.1.2.	Pengujian Catu Daya	67
3.4.1.3.	Pengujian Peralatan Input.....	67
3.4.1.4.	Pengujian Sensor Suhu	67
3.4.1.5.	Pengujian Sensor Kelembaban	68
3.4.1.6.	Pengujian Kadar Air (<i>Moisture Sensor</i>)	69
3.4.1.7.	Pengujian Peralatan Output	70

	3.4.1.8. Pengujian Pengeringan Gabah.....	70
	3.5. Teknik Analisis Data	71
BAB IV	HASIL PENELITIAN	72
	4.1. Deskripsi Hasil Penelitian	72
	4.1.1. <i>Software</i>	72
	4.1.2. <i>Hardware</i>	73
	4.1.3. Pengujian Pemrograman Alat.....	74
	4.1.4. Pengujian Catu Daya	75
	4.1.5. Pengujian Sensor Suhu	76
	4.1.6. Pengujian Sensor Kelembaban	80
	4.1.7. Pengujian Sensor Kadar Air (<i>Moisture Sensor</i>)	82
	4.1.8. Pengujian Tegangan Komponen Output	84
	4.1.9. Pengujian Pengeringan Gabah.....	86
	4.1.10. Energi Yang Diperlukan Untuk Pengeringan Gabah	97
	4.2. Analisis Data Penelitian	98
	4.3. Pembahasan.....	100
	4.3.1. Kelebihan dan Kekurangan Alat.....	102
	4.3.1.1. Kelebihan Alat	102
	4.3.1.2. Kekurangan Alat	103
	4.4. Aplikasi Hasil Penelitian.....	103
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	104
	5.1. Kesimpulan	104
	5.2. Saran	104
	DAFTAR PUSTAKA	106
	LAMPIRAN.....	108

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Gabah Yang Telah di Panen.....	19
Gambar 2.2. Pengeringan Gabah	23
Gambar 2.3. Mikrokontroler ATmega16	27
Gambar 2.4. Konfigurasi Pin ATmega16	29
Gambar 2.5. Inisialisasi Membuat Project Baru	35
Gambar 2.6. Inisialisasi Membuat Project Baru	35
Gambar 2.7. Inisialisasi Membuat Project Baru	35
Gambar 2.8. Inisialisasi Membuat Project Baru	36
Gambar 2.9. <i>Push Button</i>	37
Gambar 2.10. Motor DC Sederhana.....	38
Gambar 2.11. Prinsip Kerja Motor DC	38
Gambar 2.12. Motor DC	39
Gambar 2.13. Sensor Suhu LM35.....	41
Gambar 2.14. Sensor DHT22	44
Gambar 2.15. Sensor Kadar Air.....	45
Gambar 2.16. LCD 16x2.....	47
Gambar 2.17. Konsep Prosedur Penelitian Pengering Gabah Otomatis.....	51
Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian <i>Prototype</i> Pengering Gabah Otomatis	57
Gambar 3.2. Design Alat <i>Prototype</i> Pengering Gabah Otomatis	58
Gambar 3.3. <i>Flowchart</i> Kerja Alat	63
Gambar 4.1. <i>Prototype</i> Pengering Gabah Otomatis.....	73

Gambar 4.2.	<i>Prototype</i> Pengering Gabah Otomatis.....	74
Gambar 4.3.	Pengujian Tegangan Sensor Suhu	79
Gambar 4.4.	Pengujian Tegangan Sensor Suhu	79
Gambar 4.5.	Pengujian Tegangan <i>Moisture</i> Sensor.....	83
Gambar 4.6.	Grafik Perubahan Suhu Terhadap Waktu 29 Menit.....	93
Gambar 4.7.	Grafik Perubahan Kadar Air Gabah Terhadap Waktu 29 Menit....	94
Gambar 4.8.	Grafik Perubahan Kelembaban Terhadap Waktu 29 Menit.....	94
Gambar 4.9.	Grafik Perubahan Suhu Terhadap Waktu 27 Menit.....	94
Gambar 4.10.	Perubahan Kadar Air Gabah Terhadap Waktu 27 Menit.....	95
Gambar 4.11.	Grafik Perubahan Kelembaban Terhadap Waktu 27 Menit.....	95
Gambar 4.12.	Grafik Perubahan Suhu Terhadap Waktu 31 Menit.....	96
Gambar 4.13.	Grafik Perubahan Kadar Air Gabah Terhadap Waktu 31 Menit....	96
Gambar 4.14.	Grafik Perubahan Kelembaban Terhadap Waktu 31 Menit.....	96

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1	Jenis Mikrokontroler AVR..... 25
Tabel 2.2	Konfigurasi Pin ATmega16..... 30
Tabel 2.3	Fungsi Khusus <i>Port B</i> 31
Tabel 2.4	Fungsi Khusus <i>Port C</i> 31
Tabel 2.5	Fungsi Khusus <i>Port D</i> 32
Tabel 2.6	Fungsi Pin Pada LCD..... 48
Tabel 3.1	Pengujian Pemrograman Alat 66
Tabel 3.2	Pengujian Catu Daya..... 67
Tabel 3.3	Pengukuran Tegangan Sensor Suhu..... 68
Tabel 3.4	Pengukuran Tegangan Sensor Kelembaban 69
Tabel 3.5	Pengukuran Tegangan Sensor Kadar Air 69
Tabel 3.6	Pengujian Tegangan Komponen Output 70
Tabel 3.7	Pengujian Pengeringan Gabah 70
Tabel 4.1	Hasil Pengujian Pemrograman Alat 75
Tabel 4.2	Hasil Pengujian Catu Daya 76
Tabel 4.3	Hasil Pengujian Tegangan Sensor Suhu 77
Tabel 4.4	Hasil Pengujian Tegangan Sensor Kelembaban 80
Tabel 4.5	Hasil Pengujian Sensor Kelembaban 81
Tabel 4.6	Hasil Pengujian Tegangan <i>Moisture</i> Sensor 82
Tabel 4.7	Hasil Pengujian <i>Moisture</i> Sensor 84

Tabel 4.8	Hasil Pengujian Komponen Output	85
Tabel 4.9	Hasil Pengujian Pengeringan Gabah 29 Menit	86
Tabel 4.10	Hasil Pengujian Pengeringan Gabah 27 Menit	88
Tabel 4.11	Hasil Pengujian Pengeringan Gabah 31 Menit	89
Tabel 4.12	Hasil Pengujian Pengeringan Gabah.....	93
Tabel 4.13	Perbandingan Metode Konvensional Dengan Alat Pengering.....	101

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1	Proses Pembuatan Alat..... 108
Lampiran 2	Proses <i>Troubleshooting</i> 108
Lampiran 3	Kalibrasi Sensor Suhu 108
Lampiran 4	Kalibrasi Sensor Kelembaban Ruang Pengering 109
Lampiran 5	Kalibrasi Moisture Sensor (Sensor Kadar Air) 109
Lampiran 6	<i>Heater</i> dan Sensor LM35 Terletak Pada Tabung Pengering 109
Lampiran 7	<i>Moisture</i> Sensor Terletak Pada Sisi Dalam Pengering dan Pengaduk di Dalam Pengering 110
Lampiran 8	<i>Fan</i> dan DHT22 Terletak di Bagian Atas atau Penutup Pengering .. 110
Lampiran 9	Tampilan LCD Awal dan Akhir Pengujian Pengeringan Gabah Selama 29 Menit 110
Lampiran 10	Tampilan LCD Awal dan Akhir Pengujian Pengeringan Gabah Selama 27 Menit 111
Lampiran 11	Tampilan LCD Awal dan Akhir Pengujian Pengeringan Gabah Selama 31 Menit 111
Lampiran 12	Pemrograman (Software) Alat 112
Lampiran 13	Skematik Alat..... 123

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Pada era sekarang ini terjadi ketidakstabilan perubahan cuaca yang disebabkan oleh pemanasan global. Pemanasan global terjadi karena faktor alam serta faktor yang disebabkan oleh manusia sendiri. Sehingga terjadi perubahan cuaca yang tidak teratur. Di Indonesia sendiri terdapat dua musim yaitu musim kemarau dan musim hujan. Pembagian dua musim di Indonesia ini terjadi karena keberadaan Negara Indonesia di bumi berada di garis khatulistiwa sehingga Indonesia menjadi Negara dengan beriklim tropis. Sekarang ini cuaca berubah sangat tidak stabil, sehingga aktivitas yang bergantung pada cuaca pun menjadi sulit untuk menyesuaikan diri karena perubahan cuaca tidak menentu.

Padi (*Oryza Sativa L.*) adalah salah satu tanaman yang sangat penting karena sebagai sumber makanan pokok sebageian besar masyarakat Indonesia, karena padi merupakan tanaman penghasil beras. Terdapat beberapa proses tahapan padi atau gabah menjadi beras. Tahapan tersebut dimulai dari pemanenan padi, perontokan bulir padi (gabah), pengeringan gabah dan penggilingan gabah menjadi beras.

Proses tahapan ini tentu mengalami beberapa kendala, salah satunya adalah proses pengeringan. Pada proses pengeringan ini, para petani pada umumnya menggunakan energi panas matahari untuk mengeringkan gabah. Pada umumnya, proses pengeringan gabah masih secara tradisional, yaitu dijemur di bawah terik sinar matahari langsung. Hal ini tentu membutuhkan waktu beberapa hari tergantung dari intensitas energi panas matahari pada daerah tersebut karena

bergantung pada cuaca. Metode tersebut merupakan cara yang mudah dan murah namun mempunyai kendala yang sulit untuk di prediksi. Banyaknya permasalahan yang dihadapi tersebut menyebabkan terhambatnya proses produktifitas padi. Untuk itu diperlukan metode lain agar produktifitas padi tidak terhambat.

Menurut Badan Pusat Statistik (BPS), produksi padi tahun 2014 sebanyak 70,83 juta ton gabah kering giling (GKG) mengalami penurunan sebesar 0,45 juta ton (0,63 persen) dibandingkan tahun 2013 (<https://www.bps.go.id/brs/view/id/1122>, diakses 7 November 2016). Penurunan produksi terjadi karena faktor cuaca yang tidak stabil, organisme pengganggu (hama) dan sebagainya pada tiap tahapan, yaitu tahap panen serta pengeringan.

Kemajuan di bidang ilmu pengetahuan dan teknologi, manusia memproses segala kebutuhannya dengan cepat dan optimal. Menghasilkan inovasi baru yang berkembang menuju lebih baik guna menggantikan berbagai pekerjaan manual untuk menghemat waktu dan tenaga. Perkembangan ini didasari oleh kebutuhan manusia yang terus meningkat berdasarkan pertumbuhan populasi manusia itu sendiri. Sehingga memicu permintaan akan bahan pangan. Hal ini memicu dibutuhkan teknologi yang dapat meningkatkan kualitas dan kuantitas produk pangan untuk memenuhi kebutuhan manusia akan bahan pangan yang semakin meningkat, salah satunya adalah teknologi pengeringan bahan makanan.

Seiring dengan kemajuan teknologi sekarang ini, maka dibuatlah mesin pengering gabah. Mesin ini dapat mempermudah produksi padi untuk menghemat waktu dalam proses pengeringan dan tidak bergantung lagi pada cuaca. Selain itu alat ini dapat memonitoring kelembaban, serta memantau suhu yang ideal pada pengering gabah tersebut. Dimana standar kadar air gabah yang ideal adalah sebesar

14% (Keputusan Bersama Kepala Badan Bimas Ketahanan Pangan Departemen Pertanian Republik Indonesia dan Kepala Badan Urusan Logistik, 2003 : 87) untuk dilanjutkan ke tahap berikutnya yaitu penggilingan.

Kemajuan teknologi yang semakin pesat di zaman modern ini sangat membantu manusia untuk menunjang efisiensi dan efektifitas kerja di segala bidang. Didasarkan oleh latar belakang yang sudah diuraikan, penulis akan merancang sebuah alat pengering bahan pangan yang dikhususkan sebagai alat untuk mengeringkan gabah secara otomatis tanpa harus bergantung pada cuaca dan meningkatkan kualitas hasil produksi. Di sini penulis akan mencoba membuat proyek alat yang diberi judul “*Prototype Pengering Gabah Otomatis Berbasis Mikrokontroler ATmega16*”. Alat ini bekerja dengan memanfaatkan *heater* atau elemen panas sebagai pengganti dari energi panas matahari, dimana kondisi yang dimanfaatkan penelitian ini yaitu untuk proses pengeringan gabah. Kemudian Mikrokontroler ATmega16 itu sendiri berfungsi sebagai otak atau pengatur dan sebagai monitoring sistem pemanas, suhu serta kelembaban pada gabah.

Harapan akan dibuatnya alat ini yaitu dapat mempermudah dalam proses pengeringan gabah pasca panen dan memberikan alternatif cara mengeringkan gabah namun terkendala oleh kondisi cuaca atau kurangnya intensitas cahaya matahari pada musim yang tidak menentu dan penulis berharap alat ini dapat mengefisiensikan waktu, tenaga, kemudian dapat meningkatkan kualitas dan kuantitas produk. Pembuatan alat ini dijadikan sebagai tugas akhir dikarenakan memiliki manfaat bagi para penghasil bahan pangan terutama beras dan kondisi saat ini, yaitu efisiensi waktu dan tenaga. Diharapkan penelitian ini dapat bermanfaat bagi masyarakat atau orang-orang yang membacanya.

1.2. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas ada beberapa masalah yang dapat diidentifikasi, yaitu :

1. Bagaimanakah membuat sistem serta program pengering gabah otomatis berbasis mikrokontroler yang dapat mengoptimalkan waktu pengeringan gabah?
2. Bagaimanakah prinsip kerja dari alat pengering gabah berbasis mikrokontroler tersebut?
3. Bagaimanakah syarat gabah yang siap diproses untuk tahap selanjutnya menjadi beras?
4. Apakah alat pengering gabah ini dapat menjadi alternatif untuk mengeringkan gabah?
5. Apakah gabah yang dihasilkan oleh alat pengering ini memenuhi standar?

1.3. Pembatasan Masalah

Dari uraian dan beberapa masalah yang diidentifikasi, pada perencanaan dan pembuatan tugas akhir ini diberikan pembatasan masalah sebagai berikut :

1. Alat pengering berupa *drum* (tabung) pengering dengan diameter 20 cm dan tinggi 25 cm yang diisi 3kg gabah.
2. Perancangan dan pembuatan sistem kendali menggunakan Mikrokontroler ATmega16.
3. Sebagai pengindera, alat pengering menggunakan sensor suhu (LM35), sensor kelembaban (DHT22) dan sensor kadar air (*moisture sensor*).
4. Sensor suhu digunakan sebagai pemantau suhu *heater*.

5. Sensor kelembaban digunakan hanya untuk memantau nilai kelembaban ruang pengering dan tidak berhubungan dengan kadar air gabah, karena nilai kadar air gabah langsung dipantau oleh sensor kadar air (*moisture sensor*).
6. Proses pengeringan gabah menggunakan *heater* yang ada pada alat pengering dan diatur pada suhu $\leq 60^{\circ}\text{C}$ sampai kadar air gabah sebesar berkisar 14% dari kadar air semula yang berkisar 25%.
7. Prototipe ini digunakan hanya untuk mengeringkan gabah dan diletakkan ke dalam alat pengering.

1.4. Rumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah dan batasan masalah, maka rumusan masalah yang dicantumkan adalah “Apakah prototipe pengering gabah otomatis berbasis mikrokontroler ATmega16 mampu untuk mengeringkan gabah sampai dengan kadar air 14%?”

1.5. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu membuat prototipe alat pengering gabah otomatis berbasis mikrokontroler ATmega16.

1.6. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat baik dari segi keilmuan maupun dari segi praktis yaitu :

1. Hasil penelitian ini diharapkan bermanfaat dan berkontribusi untuk mengembangkan ilmu yang berhubungan dengan perancangan mikrokontroler ATmega16.
2. Memberikan solusi pengganti energi matahari yang digunakan untuk mengeringkan gabah.
3. Untuk mempermudah dan mengefisiensikan waktu bagi masyarakat produsen beras.
4. Meningkatkan hasil produksi beras.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Kajian Teoritik

2.1.1. Pengeringan

Pengeringan adalah suatu peristiwa perpindahan massa dan energi yang terjadi dalam pemisahan cairan atau kelembaban dari suatu bahan sampai batas kandungan air yang ditentukan dengan menggunakan gas sebagai fluida sumber panas dan penerima uap cairan (Treybal, 1980 : 194).

Pengeringan merupakan proses penghilangan sejumlah kadar air dari material. Dalam pengeringan, material biasanya dikontakkan dengan udara kering yang kemudian terjadi perpindahan massa air dari material ke udara pada pengering. Sehingga kadar air pada material dengan kelembaban ruang menjadi satu kesatuan.

Pengeringan memiliki dua tujuan utama. Tujuan pertama adalah sebagai sarana pengawetan makanan. Tujuan pengeringan adalah mengurangi kadar air bahan sampai batas di mana perkembangan mikroorganisme dan kegiatan enzim yang dapat menyebabkan pembusukan terhambat atau terhenti. Mikroorganisme yang mengakibatkan kerusakan makanan tidak dapat berkembang dan bertahan hidup pada lingkungan dengan kadar air yang rendah. Dengan demikian bahan yang dikeringkan dapat mempunyai waktu simpan yang lama

Tujuan kedua adalah untuk meminimalkan biaya distribusi bahan makanan karena makanan yang telah dikeringkan akan memiliki berat yang lebih rendah dan ukuran yang lebih kecil. Biasanya pengeringan merupakan proses akhir sebelum pengemasan dan membuat beberapa benda lebih mudah untuk ditangani.

Pada proses pengeringan, pasti ada perubahan bentuk energi yang berpindah dari suhu tinggi ke suhu rendah. Hal tersebut disebut dengan kalor. Jika suatu benda menerima/melepaskan kalor maka suhu benda itu akan naik. Perpindahan kalor (*heat transfer*) adalah transisi energy termal dari suhu panas ke suhu dingin. Ketika sebuah objek mempunyai suhu yang berbeda dibandingkan dengan lingkungan atau objek lain, transfer energi panas, juga dikenal sebagai aliran panas, atau pertukaran panas, terjadi sedemikian rupa sehingga mencapai kesetimbangan termal; ini berarti bahwa lingkungan berada pada suhu yang sama. Perpindahan panas selalu terjadi dari temperatur yang lebih tinggi ke temperatur yang lebih rendah seperti hukum kedua termodinamika atau pernyataan Clausius (Ruwanto, 2004 : 44).

James Prescott Joule berhasil menemukan hubungan antara kalor dan energi mekanik dengan mengubah energy mekanik menjadi kalor. Dari hasil pengamatan diperoleh

$$1 \text{ kalori} = 4,2 \text{ joule atau}$$

$$1 \text{ joule} = 0,24 \text{ kalori}$$

1 kalori = jumlah kalori yang digunakan oleh 1 gram air murni untuk menaikkan suhunya sebesar 1°C.

Besarnya kalor yang diperlukan atau dilepaskan suatu benda berbanding lurus dengan massa benda, kalor jenis, perubahan suhu, sehingga dirumuskan

$$Q = m.c. \Delta T \quad (2.1)$$

$$Q = \text{kalor (joule)}$$

$$m = \text{massa benda (kg)}$$

$$c = \text{kalor jenis (J. Kg-1. K-1)}$$

$$\Delta T = \text{perubahan suhu}$$

2.1.1.1. Mekanisme Pengeringan

Mekanisme pengeringan ketika benda dikeringkan secara termal dan secara langsung ada dua. Mekanisme pertama perpindahan energi dari lingkungan untuk menguapkan air yang terdapat di permukaan benda padat. Perpindahan energi dari lingkungan ini dapat berlangsung secara konduksi, konveksi, radiasi, atau kombinasi dari ketiganya. Proses ini dipengaruhi oleh temperatur, kelembaban, laju dan arah aliran udara, bentuk fisik padatan, luas permukaan kontak dengan udara dan tekanan. Proses ini merupakan proses penting selama tahap awal pengeringan ketika air tidak terikat dihilangkan. Penguapan yang terjadi pada permukaan padatan dikendalikan oleh peristiwa difusi uap dari permukaan padatan ke lingkungan melalui lapisan film tipis udara.

Mekanisme yang kedua perpindahan massa air yang terdapat di dalam benda ke permukaan. Ketika terjadi penguapan pada permukaan padatan, terjadi perbedaan temperatur sehingga air mengalir dari bagian dalam benda padat menuju ke permukaan benda padat. Struktur benda padat tersebut akan menentukan mekanisme aliran internal air. Beberapa mekanisme aliran internal air yang dapat berlangsung :

a. *Diffusi*

Pergerakan ini terjadi bila *equilibrium moisture content* berada di bawah titik jenuh atmosferik dan padatan dengan cairan di dalam sistem bersifat *mutually soluble*. Contoh: pengeringan tepung, kertas, kayu, tekstil dan sebagainya.

b. *Capillary flow*

Cairan bergerak mengikuti gaya gravitasi dan kapilaritas. Pergerakan ini terjadi bila *equilibrium moisture content* berada di atas titik jenuh atmosferik. Contoh: pada pengeringan tanah, pasir, dan lain-lain.

Benda padat basah yang diletakkan dalam aliran gas kontinyu akan kehilangan kandungan air sampai suatu saat tekanan uap air di dalam padatan sama dengan tekanan parsial uap air dalam gas. Keadaan ini disebut *equilibrium* dan kandungan air yang berada dalam padatan disebut *equilibrium moisture content*. Pada kesetimbangan, penghilangan air tidak akan terjadi lagi kecuali apabila material diletakkan pada lingkungan (gas) dengan *relative humidity* yang lebih rendah (tekanan parsial uap air yang lebih rendah).

2.1.1.2. Klasifikasi Pengeringan

Ditinjau dari pergerakan bahan padatnya, pengeringan dapat dibagi menjadi dua, yaitu pengeringan *batch* dan pengeringan kontinyu. Pengeringan *batch* adalah pengeringan dimana bahan yang dikeringkan dimasukkan ke dalam alat pengering dan didiamkan selama waktu yang ditentukan. Pengeringan kontinyu adalah pengeringan dimana bahan basah masuk secara sinambung dan bahan kering keluar secara sinambung dari alat pengering (Geankoplis, 1993 : 99).

Berdasarkan kondisi fisik yang digunakan untuk memberikan panas pada sistem dan memindahkan uap air, proses pengeringan dapat dibagi menjadi tiga, yaitu:

1. Pengeringan kontak langsung

Menggunakan udara panas sebagai medium pengering pada tekanan atmosferik. Pada proses ini uap yang terbentuk terbawa oleh udara.

2. Pengeringan *vacum*

Menggunakan logam sebagai medium pengontak panas atau menggunakan efek radiasi. Pada proses ini penguapan air berlangsung lebih cepat pada tekanan rendah.

3. Pengeringan beku

Pengeringan yang melibatkan proses sublimasi air dari suatu material beku.

2.1.1.3. Metode Pengeringan

Jenis-jenis pengeringan berdasarkan karakteristik umum dari beberapa pengering konvensional dibagi atas 8 bagian, yaitu :

1. Wadah

Pengeringan jenis wadah adalah dengan meletakkan material yang akan dikeringkan pada baki yang langsung berhubungan dengan media pengering. Cara perpindahan panas yang umum digunakan adalah konveksi dan perpindahan panas secara konduksi juga dimungkinkan dengan memanaskan wadah tersebut.

2. *Rotary dryer*

Pada jenis ini ruang pengering berbentuk silinder berputar sementara material yang dikeringkan jatuh di dalam ruang pengering. Medium pengering, umumnya udara panas, dimasukkan ke ruang pengering dan bersentuhan dengan material yang dikeringkan dengan arah menyilang. Alat penukar kalor yang dipasang di dalam ruang pengering untuk memungkinkan terjadinya konduksi.

3. *Spray dryer*

Teknik pengeringan *spray* umumnya digunakan untuk mengeringkan produk yang berbentuk cair atau larutan suspensi menjadi produk padat. Contohnya, proses pengeringan susu cair menjadi susu bubuk dan pengeringan produk-produk farmasi. Cara kerjanya adalah cairan yang akan dikeringkan dibuat dalam bentuk tetesan oleh atomizer dan dijatuhkan dari bagian atas. Medium pengering (umumnya udara panas) dialirkan dengan arah berlawanan atau searah dengan jatuhnya tetesan.

4. *Batch dryer*

Pengeringan jenis ini hanya baik digunakan pada jumlah material yang sangat sedikit, seperti penggunaan pompa panas termasuk pompa panas kimia.

2.1.2. Air Dalam Bahan Pangan

Air bersifat tidak berwarna, tidak berasa dan tidak berbau pada kondisi standar, yaitu pada tekanan 100 kPa (1 bar) dan temperature 273,15 K (0°C). Air merupakan pelarut yang kuat, melarutkan banyak zat kimia. Zat-zat yang larut dengan baik dalam air (misalnya garam-garam) disebut sebagai zat-zat hidrofilik (pencinta air), dan zat-zat yang tidak mudah tecampur dengan air (misalnya lemak dan minyak), disebut sebagai zat-zat hidrofobik (takut air) (Wulanriky, 2011 : 14).

Meskipun sering diabaikan, air merupakan salah satu unsur penting dalam makanan. Air sendiri meskipun bukan merupakan sumber nutrien seperti bahan makanan lain, namun sangat esensial dalam kelangsungan proses biokimia organisme hidup. Salah satu pertimbangan penting dalam penentuan lokasi pabrik pengolahan bahan makanan adalah adanya sumber air yang secara kualitatif memenuhi syarat. Dalam pabrik pengolahan pangan, air diperlukan untuk berbagai keperluan misalnya : pencucian, pengupasan umbi atau buah, penentuan kualitas bahan (tenggelam atau mengambang), bahan baku proses, medium pemanasan atau pendinginan, pembentukan uap, sterilisasi, melarutkan dan mencuci bahan sisa (Sudarmadji, 2003 : 59).

Air dalam bahan pangan berperan sebagai pelarut dari beberapa komponen di samping ikut sebagai bahan pereaksi, sedangkan bentuk air dapat ditemukan sebagai air bebas dan air terikat. Air bebas dapat dengan mudah hilang apabila terjadi penguapan atau pengeringan, sedangkan air terikat sulit dibebaskan dengan cara tersebut. Sebenarnya air dapat terikat secara fisik, yaitu ikatan menurut sistem kapiler dan air terikat secara kimia, antara lain air kristal dan air yang terikat dalam sistem dispersi.

Air dalam suatu bahan makanan terdapat dalam berbagai bentuk :

1. Air bebas, air ini terdapat dalam ruang-ruang antar sel dan inter-granular dan pori-pori yang terdapat pada bahan.
2. Air yang terikat secara lemah, air ini teradsorpsi pada permukaan *kolloid* makromolekuler seperti protein, pektin pati, sellulosa. Selain itu air juga terdispersi diantara kolloid tersebut dan merupakan pelarut zat-zat yang ada dalam sel. Air yang ada dalam bentuk ini masih tetap mempunyai sifat air bebas dan dapat dikristalkan pada proses pembekuan. Ikatan antara air bebas dengan kolloid tersebut merupakan ikatan hidrogen.
3. Air dalam keadaan terikat kuat, air ini membentuk hidrat. Ikatannya bersifat ionik sehingga relatif sukar dihilangkan atau diuapkan. Air ini tidak membeku meskipun pada 0°F. Air yang terdapat dalam bentuk bebas dapat membantu terjadinya proses kerusakan bahan makanan misalnya proses mikrobiologis, kimiawi, ensimatik, bahkan oleh aktivitas serangga perusak.

Jumlah air bebas dalam bahan pangan yang dapat digunakan oleh mikroorganisme dinyatakan dalam besaran aktivitas air ($A_w = \text{Water Activity}$). Mikroorganisme memerlukan kecukupan air untuk tumbuh dan berkembang biak. Seperti halnya pH, mikroba mempunyai nilai A_w minimum, maksimum dan optimum untuk tumbuh dan berkembang biak (Ahmadi & Estiasih, 2009 : 43).

Sampai sekarang belum diperoleh sebuah istilah yang tepat untuk air yang terdapat dalam bahan makanan. Istilah yang umumnya dipakai hingga sekarang ini adalah “air terikat” (*bound water*). Walaupun sebenarnya istilah ini kurang tepat, karena keterikatan air dalam bahan berbeda-beda, bahkan ada yang tidak terikat.

Karena itu, istilah “air terikat” ini dianggap suatu sistem yang mempunyai derajat keterikatan berbeda-beda dalam bahan (Winarno, 1992 : 14).

Menurut derajat keterikatan air, air terikat dapat dibagi atas empat tipe.

1. Tipe I adalah molekul air yang terikat pada molekul-molekul lain melalui suatu ikatan hidrogen yang berenergi besar. Air tipe ini tidak dapat membeku pada proses pembekuan, tetapi sebagian air ini dapat dihilangkan dengan cara pengeringan biasa. Air tipe ini terikat kuat dan sering kali disebut air terikat dalam arti sebenarnya.
2. Tipe II, yaitu molekul-molekul air membentuk ikatan hidrogen dengan molekul air lain, terdapat dalam mikrokapiler dan sifatnya agak berbeda dengan air minum. Air ini lebih sukar dihilangkan dan penghilangan air tipe II akan mengakibatkan penurunan *A_w* (*water activity*). Jika air tipe II dihilangkan seluruhnya, kadar air bahan akan berkisar 3-7 % dan kestabilan optimum bahan makanan akan tercapai, kecuali pada produk-produk yang dapat mengalami oksidasi akibat adanya kandungan lemak tidak jenuh.
3. Tipe III adalah air yang secara fisik terikat dalam jaringan matriks bahan seperti membran, kapiler, serat, dan lain-lain. Air tipe III inilah yang sering kali disebut dengan air bebas. Air tipe ini mudah diuapkan dan dapat dimanfaatkan untuk pertumbuhan mikroba dan media bagi reaksi-reaksi kimiawi. Apabila air tipe ini diuapkan seluruhnya, kandungan air bahan berkisar antara 12-25 % dengan *A_w* (*water activity*) kira-kira 0,8% tergantung dari jenis bahan dan suhu.
4. Tipe IV adalah air yang tidak terikat dalam jaringan suatu bahan atau air murni dengan sifat-sifat air biasa dan keaktifan penuh.

Selain tipe-tipe air tersebut di atas, beberapa penulis membedakan pula air imbibisi dan air Kristal. Air imbibisi merupakan air yang masuk kedalam bahan pangan dan akan menyebabkan pengembangan volume, tetapi air ini tidak merupakan komponen penyusun bahan tersebut. Misalnya air dengan beras bila dipanaskan akan membentuk nasi, atau pembentukan gel dari bahan pati. Air Kristal adalah air terikat dalam semua bahan, baik pangan maupun *non* pangan yang berbentuk kristal, seperti gula, garam, CuSO_4 , dan lain-ain.

2.1.2.1. Kadar Air dalam Bahan Makanan

Kadar air adalah perbedaan antara berat bahan sebelum dan sesudah dilakukan pemanasan. Setiap bahan bila diletakkan dalam udara terbuka kadar airnya akan mencapai keseimbangan dengan kelembaban udara disekitarnya. Kadar air ini disebut dengan kadar air seimbang. Setiap kelembaban relatif tertentu dapat menghasilkan kadar air seimbang tertentu pula. Dengan demikian dapat dibuat hubungan antara kadar air seimbang dengan kelembaban relatif. aktivitas air dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$A_w = ERH/100$$

A_w = aktivitas air

ERH = kelembaban relatif seimbang

Bila diketahui kurva hubungan antara kadar air seimbang dengan kelembaban relatif pada hakikatnya dapat menggambarkan pula hubungan antara kadar air dan aktivitas air. Kurva sering disebut kurva Isoterm Sorpsi Lembab (ISL). Setiap bahan mempunyai ISL yang berbeda dengan bahan lainnya. Pada kurva tersebut dapat diketahui bahwa kadar air yang sama belum tentu memberikan A_w (*water activity*)

yang sama tergantung macam bahannya. Pada kadar air yang tinggi belum tentu memberikan A_w (*water activity*) yang tinggi bila bahannya berbeda. Hal ini dikarenakan mungkin bahan yang satu disusun oleh bahan yang dapat mengikat air sehingga air bebas relatif menjadi lebih kecil dan akibatnya bahan jenis ini mempunyai A_w (*water activity*) yang rendah (Wulanriky, 2011 : 29).

Nilai A_w (*water activity*) suatu bahan atau produk pangan dinyatakan dalam skala 0 sampai 1. Nilai 0 berarti dalam makanan tersebut tidak terdapat air bebas, sedangkan nilai 1 menunjukkan bahwa bahan pangan tersebut hanya terdiri dari air murni. Kapang, khamir, dan bakteri ternyata memerlukan nilai A_w (*water activity*) yang paling tinggi untuk pertumbuhannya. Nilai A_w (*water activity*) terendah dimana bakteri dapat hidup adalah 0,86. Bakteri-bakteri yang bersifat halofilik atau dapat tumbuh pada kadar garam tinggi dapat hidup pada nilai A_w yang lebih rendah yaitu 0,75. Sebagian besar makanan segar mempunyai nilai $A_w = 0,99$. Pada produk pangan tertentu supaya lebih awet biasa dilakukan penurunan nilai A_w (*water activity*). Cara menurunkan nilai A_w (*water activity*) antara lain dengan menambahkan suatu senyawa yang dapat mengikat air (Ahmadi & Estiasih, 2009 : 101).

Kandungan air dalam bahan makanan mempengaruhi daya tahan bahan makanan terhadap serangan mikroba yang dinyatakan A_w (*water activity*) yaitu jumlah air bebas yang dapat digunakan oleh mikroorganisme untuk pertumbuhannya. Berbagai mikroorganisme mempunyai A_w (*water activity*) minimum agar dapat tumbuh dengan baik, misalnya bakteri A_w : 0,90 ; khamir A_w : 0,80-0,90 ; kapang A_w : 0,60-0,70. Untuk memperpanjang daya tahan suatu bahan, sebagian air dalam bahan harus dihilangkan dengan beberapa cara tergantung dari jenis bahan.

Umumnya dilakukan pengeringan, baik dengan penjemuran atau dengan alat pengering buatan.

2.1.3. Gabah

Gabah adalah bulir padi. Biasanya mengacu pada bulir padi yang telah dipisahkan dari tangkainya (jerami). Asal mula kata "gabah" berasal dari bahasa Jawa (Setiawan E, kbbi.web.id/gabah, diakses 7 Maret 2016). Dalam perdagangan komoditas, gabah merupakan tahap yang penting dalam pengolahan padi sebelum dikonsumsi karena perdagangan padi dalam partai besar dilakukan dalam bentuk gabah. Terdapat definisi teknis perdagangan untuk gabah, yaitu hasil tanaman padi yang telah dipisahkan dari tangkainya dengan cara perontokan.

Secara anatomi biologi, gabah merupakan buah padi, sekaligus biji. Buah padi bertipe bulir atau *caryopsis*, sehingga perbedaan bagian buah dan biji sukar dilakukan. Sebagai bahan pangan pokok bagi sekitar 90% penduduk Indonesia, beras menyumbang antara 40-80% protein. Gabah tersusun dari 15-30% kulit luar (sekam), 4-5% kulit ari, 12-14% katul, 65-67% endosperm dan 2-3% lembaga. Lapisan katul paling banyak mengandung vitamin B1. Selain itu, katul juga mengandung protein, lemak, vitamin B2 dan niasin. Endosperm merupakan bagian utama butir beras. Komposisi utamanya adalah pati. Selain itu endosperm mengandung protein cukup banyak, serta selulosa, mineral dan vitamin dalam jumlah kecil.

Dalam pengertian sehari-hari yang dimaksud beras adalah gabah yang bagian kulitnya sudah dibuang dengan cara digiling dan disosoh menggunakan alat pengupas dan penggiling (*huller*) serta penyosoh (*polisher*). Gabah yang hanya

terkupas bagian kulit luarnya (sekam), disebut beras pecah kulit (*brown rice*). Sedangkan beras pecah kulit yang seluruh atau sebagian dari kulit arinya telah dipisahkan dalam proses penyosohan, disebut beras giling (*milled rice*). Beras yang biasa dikonsumsi atau dijual di pasar adalah dalam bentuk beras giling.

Mutu gabah adalah sekumpulan sifat-sifat fisik individual (komponen mutu) yang menyusun gabah tersebut. Gabah dengan kualitas tinggi akan menghasilkan beras yang bermutu tinggi pula. Komponen mutu gabah terdiri atas: kadar air, densitas gabah, rasio P/L, dan penampakan (*grain appearance*). Kadar air adalah persentase kandungan air suatu bahan yang dapat dinyatakan berdasarkan berat basah (*wet basis*) atau berdasarkan berat kering (*dry basis*). Kadar air berat basah mempunyai batas maksimum teoritis sebesar 100%, sedangkan kadar air berdasarkan berat kering dapat lebih dari 100%.

Kadar air gabah adalah kandungan air yang terdapat di dalam gabah yang dinyatakan dengan persen, pengujian kadar air gabah dilakukan untuk mengetahui kadar air yang terdapat pada gabah. Kadar air gabah sangat berpengaruh terhadap proses penggilingan gabah karena bila kadar air terlalu tinggi atau lebih dari 14%, padi akan terasa lunak atau lembek, sehingga pada saat proses penggilingan akan menyebabkan padi menjadi patah. Selain itu kadar air yang tinggi akan memicu terjadinya kerusakan gabah akibat proses kimia, biokimia, maupun mikrobial sehingga akan menimbulkan pembusukan pada saat penyimpanan. Sebaliknya bila kadar air yang terdapat dalam gabah sama dengan atau kurang dari 14% maka gabah akan lebih kuat pada saat di giling serta lebih tahan terhadap kerusakan. Oleh karena itu agar memenuhi standar simpan padi, kadar air gabah seharusnya berkisar 14% atau kurang dari 14%.

Faktor mutu penting lainnya adalah bentuk, ukuran, berat dan keseragaman butiran biji. Dimensi beras menentukan *grading* beras dan permintaan di pasaran. Selain itu dimensi beras akan menentukan peralatan pengering dan prosesing yang dibutuhkan, sehingga dimensi beras juga menjadi faktor penting dalam perakitan varietas baru. Berdasarkan ukuran dan bentuk beras, dalam standarisasi mutu beras di pasaran di kenal 4 tipe ukuran panjang beras, yaitu biji sangat panjang (*extra long*), biji panjang (*long grain*), biji sedang (*medium grain*), dan biji pendek (*short grain*). Sedangkan berdasar bentuknya yang di tetapkan berdasarkan nisbah panjang/lebar, beras juga dibagi 4 tipe, yaitu : lonjong, sedang, agak bulat, dan bulat. (bbpadi.litbang.pertanian.go.id/index.php/berita/info-teknologi/content/138-karakter-fisik-gabah, diakses pada 7 Maret 2015). Bentuk gabah dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1. Gabah Yang Telah Dipanen
Sumber : <http://bbpadi.litbang.pertanian.go.id>

2.1.3.1. Panen dan Pasca Panen Padi

Tujuan pemanenan padi adalah untuk mendapatkan gabah dari lapangan pada tingkat kematangan optimal, mencegah kerusakan dan kehilangan hasil seminimal mungkin. Pemanenan padi tidak akan menguntungkan dan memuaskan jika prosesnya dilakukan dengan cara yang kurang benar dan pada umur panen yang

tidak tepat. Cara panen yang tidak baik akan menurunkan kehilangan hasil secara kuantitatif, saat panen yang tepat akan menentukan kualitas gabah dan beras. Panen harus dilakukan bila bulir padi sudah cukup dianggap masak. Panen yang kurang tepat dapat menurunkan kualitas dari gabah maupun beras.

Dalam rangka panen perlu diketahui fase-fase pemasakan bulir padi, penentuan saat panen dan alat untuk panen. Proses pemasakan bulir padi terdapat 4 stadia masak :

1. Stadia masak susu

Tanda-tandanya adalah tanaman padi masih berwarna hijau tetapi malai-malainya sudah terkulai; ruas batang bawah terlihat kuning; gabah bila dipijit dengan kuku keluar cairan seperti susu; stadia masak susu terjadi pada saat 10 hari setelah fase berbunga merata.

2. Stadia masak kuning

Tanda – tandanya adalah seluruh tanaman tampak kuning; dari semua bagian tanaman, hanya bulu-bulu sebelah atas yang masih hijau; isi gabah sudah keras, tetapi mudah pecah dengan kuku; stadia masak kuning terjadi 7 hari setelah stadia masak susu.

3. Stadia masak penuh

Tanda – tandanya adalah buku-buku sebelah atas berwarna kuning sedang batang-batang mulai kering; isi gabah tidak dapat/sukar dipecahkan; pada varietas-varietas yang mudah rontok stadia ini belum terjadi kerontokan; stadia masak penuh terjadi 7 hari setelah stadia masak kuning.

4. Stadia masak mati

Tanda-tandanya adalah isi gabah keras dan kering; varietas yang mudah rontok pada stadia ini sudah mulai rontok; stadia masak mati terjadi 6 hari setelah masak penuh. Saat panen untuk gabah konsumsi sebaiknya dilakukan pada stadia masak kuning sedang gabah untuk benih, dipanen pada stadia masak penuh.

Adapun tanda-tanda padi siap panen adalah:

- a. 95 % gabah sudah menguning dan daun bendera telah mengering
- b. Umur optimal malai 30 – 35 hari terhitung sejak hari sesudah berbunga (HSB)
- c. Kerontokan gabah sekitar 16 – 30 % (Cara mengukurnya dengan meremas malai dengan tangan).

2.1.3.2. Pengeringan Gabah

Kegiatan pengeringan merupakan salah satu kegiatan yang penting dalam usaha mempertahankan mutu gabah. Kadar air gabah yang baru dipanen berkisar 25%, sehingga perlu diturunkan kadar airnya dengan cara pengeringan sampai gabah mencapai kadar air berkisar 14%.

Tujuan pengeringan adalah agar gabah tidak mudah rusak sewaktu disimpan, rendeman giling dan mutu tetap baik. Untuk mencapai tujuan tersebut sebaiknya pengeringan dilakukan segera setelah pemanenan dan perontokan untuk mencegah butir kuning. Pengeringan gabah umumnya dilakukan dengan memanfaatkan panas sinar matahari.

Sebelum melakukan penjemuran dengan sinar matahari perlu diperhatikan bahwa tempat penjemuran bebas dari genangan air, terlindung dari gangguan unggas dan binatang lainnya. Faktor lain yang perlu diperhatikan adalah sebagai berikut:

- a. Penjemuran dilakukan ditempat yang luas menerima sinar matahari, bebas dari genangan air, terlindung dari gangguan unggas dan binatang lainnya.
- b. Membuat lantai jemur dengan permukaan dari semen dan dibuat gelombang.
- c. Jika terjadi cuaca cerah penjemuran gabah sebaiknya dengan ketebalan 5 – 7cm dan dibolak balik 1 – 2 jam sekali dengan menggunakan alat yang terbuat dari kayu atau bambu. Bila menggunakan alas jemur, jangan menggunakan terpal berbahan plastik karena dapat mempengaruhi peningkatan kadar air.
- d. Waktu penjemuran dianjurkan mulai pukul 08.00 pagi sampai jam 16.00
- e. Jika pengeringan gabah dalam jumlah besar maka pada malam hari tetap dibiarkan diatas jemuran dengan cara digundukkan dan ditutupi dengan plastic, terpal, untuk menghindari hujan dan embun. Jika gabah yang dikeringkan dalam jumlah kecil, sebaiknya gabah diusahakan dalam ruangan dengan memakai alas tikar atau plastic.

Setelah dijemur selesai gabah dapat dimasukkan ke karung dan disimpan dalam ruangan jika volumenya tidak banyak. Namun jika volumenya besar gabah dapat dibiarkan di luar, tetapi harus ditumpuk dan ditutupi dengan plastic agar tidak terkena embun dan hujan. Dengan cara penjemuran seperti ini pada cuaca baik akan diperoleh gabah dengan kadar air berkisar 14%.

Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pengeringan.

- a. Pengeringan dilakukan sesegera mungkin setelah perontokan
- b. Tempat pengeringan harus memperoleh penyinaran matahari serta bebas dari gangguan ayam atau unggas lainnya.

- c. Jika kondisi cuaca tidak memungkinkan untuk penjemuran, gabah dapat dipanaskan pada ruangan di dalam rumah. Untuk menggantikan panas dapat digunakan lampu petromaks atau sumber panas yang lain.

Pengeringan gabah yang dilakukan di ladang dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2. Pengeringan Gabah
Sumber : <http://litbang.pertanian.go.id>

Gabah yang sudah kering mencapai kadar air berkisar 14% disebut gabah kering giling (GKG) karena sudah dapat menjalani proses penggilingan. Sebelum digiling, gabah biasanya dibersihkan dari segala kotoran seperti jerami, kayu, pecahan batu, logam dan sebagainya. Kotoran-kotoran lunak seperti jerami akan mengurangi kapasitas giling, sedangkan kotoran-kotoran keras seperti batu akan merusak mesin penggiling. Penggilingan gabah dimulai dengan proses pemecahan dan pengupasan kulit/sekam, dilanjutkan penyosohan beras pecah kulit (BPK) dan diakhiri dengan pemutuan (grading), sebelum dikemas dan dijual.

2.1.4. Prototype

Prototype atau purwarupa adalah bentuk awal (contoh) atau standar ukuran dari sebuah entitas (satuan yang berwujud). Purwarupa adalah model yang mula-mula

(model asli) yang menjadi contoh, contoh baku, contoh khas (<http://badanbahasa.kemdikbud.go.id/kbbi/index.php>, diakses 13 Maret 2016).. Dalam bidang desain, sebuah prototipe dibuat sebelum dikembangkan atau justru khusus dibuat untuk mengembangkan sebelum dibuat dalam bentuk sebenarnya atau diproduksi secara massal.

2.1.5. Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah sebuah sistem komputer fungsional yang dikemas dalam bentuk *chip* yang di khususkan untuk instrumentasi dan kendali dan bersifat reprogrammable. Di dalamnya terdapat sebuah inti prosesor, memori ROM dan RAM, dan *port* untuk *input* dan *output* (I/O Port). Mikrokontroler memiliki unit tersendiri (meskipun sangat terbatas), unit I/O (Input/Output) yang bisa dikoneksikan langsung dengan sensor atau actuator (Sudjadi, 2005 : 7).

Mikrokontroler memiliki kelebihan dalam hal efisiensi dan efektivitas biaya untuk mengontrol berbagai macam peralatan elektronik secara otomatis seperti mainan, *remote control*, mesin kantor, peralatan rumah tangga hingga pengendalian robot. Dengan adanya mikrokontroler, sistem elektronik menjadi lebih ringkas, dapat mempercepat rancang bangun sistem elektronik dengan modifikasi perangkat lunak, dan mempercepat proses *troubleshooting*. Sebuah mikrokontroler memerlukan komponen eksternal agar tersebut dapat berfungsi untuk menjalankan sebuah aplikasi. Rangkaian mikrokontroler dengan tambahan komponen *eksternal* disebut dengan *minimum system* dimana terdapat sistem *clock* dan *reset* didalamnya.

2.1.5.1. Mikrokontroler ATmega16

Mikrokontroler adalah sebuah sistem komputer lengkap dalam satu serpih (*chip*). Mikrokontroler lebih dari sekedar sebuah mikroprosesor karena sudah terdapat atau berisikan ROM (*Read-Only Memory*), RAM (*Read-Write Memory*), beberapa bandar masukan maupun keluaran, dan beberapa peripheral seperti pencacah/pewaktu, ADC (*Analog to Digital converter*), DAC (*Digital to Analog converter*) dan serial komunikasi.

Salah satu mikrokontroler yang banyak digunakan saat ini yaitu mikrokontroler AVR (*Alf and Vegard's Risc processor*). AVR adalah mikrokontroler RISC (*Reduce Instuction Set Compute*) yang artinya prosesor tersebut memiliki set instruksi program yang lebih sedikit (8 bit berdasarkan arsitektur Harvard) dibandingkan dengan MCS-51 yang menerapkan arsitektur CISC (*Complex Instruction Set Computer*). Secara umum mikrokontroler AVR dapat dikelompokkan menjadi 3 kelompok, yaitu keluarga, ATtiny AT90Sxx dan ATmega. Pada dasarnya yang membedakan masing-masing kelas adalah memori, peripheral, dan fiturnya. Jenis mikrokontroler dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1. Jenis Mikrokontroler AVR

Mikrokontroler AVR		Memori		
Tipe	Jumlah pin	Flash	EEPROM	SRAM
ATTiny	8-32	1-2K	64-128	0-128
AT90Sxx	20-44	1-8K	128-512	0-1K
ATmega	32-64	8-128K	512-4K	512-4K

Mikrokontroler AVR memiliki keunggulan dibandingkan dengan mikrokontroler lain, keunggulan mikrokontroler AVR yaitu memiliki kecepatan eksekusi program yang lebih cepat karena sebagian besar instruksi dieksekusi dalam 1 siklus *clock*, lebih cepat dibandingkan dengan mikrokontroler MCS51 yang

memiliki arsitektur CISC (*Complex Instruction Set Computer*) di mana mikrokontroler MCS51 membutuhkan 12 siklus *clock* untuk mengeksekusi 1 instruksi. Selain itu, mikrokontroler AVR memiliki fitur yang lengkap (ADC *internal*, EEPROM Internal, *Timer/Counter*, *Watchdog Timer*, PWM, *Port I/O*, komunikasi *serial*, komparator, I2C, dll). Sehingga dengan fasilitas yang lengkap ini, *programmer* dan desainer dapat menggunakannya untuk berbagai aplikasi sistem elektronika seperti robot, otomasi industri, peralatan telekomunikasi, dan berbagai keperluan lain.

Seperti mikroprosesor pada umumnya, secara internal mikrokontroler ATmega16 terdiri atas unit-unit fungsionalnya *Arithmetic and Logical Unit* (ALU). Mikrokontroler ini menggunakan arsitektur Harvard yang memisahkan memori program dari memori data, baik bus alamat maupun bus data sehingga pengaksesan program dan data dapat dilakukan secara bersamaan (*concurrent*).

Secara garis besar spesifikasi mikrokontroler ATmega16 terdiri dari :

1. Arsitektur RISC dengan *throughput* mencapai 16 MIPS pada frekuensi 16Mhz.
2. Memiliki kapasitas *memory flash* 16Kbyte, EEPROM 512 Byte, dan SRAM 1Kbyte
3. Terdapat 32 buah I/O, yaitu port A, port B, port C, dan port D.
4. CPU yang terdiri dari 32 buah *register*
5. User interupsi internal dan eksternal
6. *Port user interface* SPI dan *port* USART sebagai komunikasi serial
7. Terdapat beberapa fitur peripheral, yaitu :
 - A. Tiga buah *Timer/Counter* dengan kemampuan perbandingan (*compare*).

- B. Dua buah 8-bit *timer/counter* dengan *prescaler* terpisah dan mode *compare*
 - C. Satu buah 16-bit *timer/counter* dengan *prescaler* terpisah, mode *compare*, dan mode *capture*
 - D. *Real time counter* dengan osilator tersendiri
 - E. 4 *channel* PWM dan *interface* komparator analog
 - F. 8 *channel*, 10 bit ADC
 - G. 8 *Single-ended Channel* dengan keluaran hasil konversi 8 dan 10 resolusi (register ADCH dan ADCL).
 - H. 7 *Diferrential Channel* hanya pada kemasan *Thin Quad Flat Pack* (TQFP).
 - I. 2 *Differential Channel* dengan *Programmable Gain*.
 - J. Antarmuka *Serial Peripheral Interface* (SPI) *Bus*.
 - K. *Watchdog Timer* dengan *Oscillator Internal*.
 - L. *On-chip Analog Comparator* (Rachmad S, 2006 :7).
- Gambar 2.3. berikut adalah IC Mikrokontroler ATMega16.



Gambar 2.3. Mikrokontroler ATMega16

Sumber : <http://www.atmel.com>

Dalam menjalankan suatu program, mikrokontroler membutuhkan nilai digital untuk mengeksekusinya. Maka tegangan analog yang dihasilkan oleh sensor-sensor yang digunakan akan diubah kedalam informasi digital menggunakan ADC (*Analog to Digital Converter*). Resolusi ADC selalu dinyatakan sebagai jumlah bit dalam kode keluaran digitalnya. Misalnya, ADC dengan resolusi n-bit memiliki 2^n kode digital yang mungkin dan berarti juga memiliki 2^n *step level*.

Jika resolusi ADC semakin tinggi, maka semakin banyak kemungkinan nilai-nilai analog yang bisa disajikan. Misalnya ADC dengan resolusi 8 bit menghasilkan bilangan 0 sampai dengan 255 (256 bilangan dan 255 *step*), dengan demikian tidak mungkin menyajikan semua kemungkinan nilai-nilai analog. Jika sekarang resolusinya menjadi 10 bit maka akan menghasilkan bilangan 0 sampai dengan 1023 (1024 bilangan dan 1023 *step*). (Andrianto H, 2013 : 135)

Mikrokontroller ATmega16 dengan 8 input ADC yang masing-masing input memiliki resolusi 10-bit memiliki 2^{10} (1024) kode digital yang mungkin, dengan begitu akan menghasilkan bilangan 0 sampai dengan 1023. Untuk menentukan/mencari nilai digital yang akan diubah dari tegangan analog yang dihasilkan oleh sensor-sensor, yaitu :

$$\text{Nilai Digital} = \left(\frac{V_{\text{ADC}}}{V_{\text{REF}}} \right) \times 1024 \quad (2.2)$$

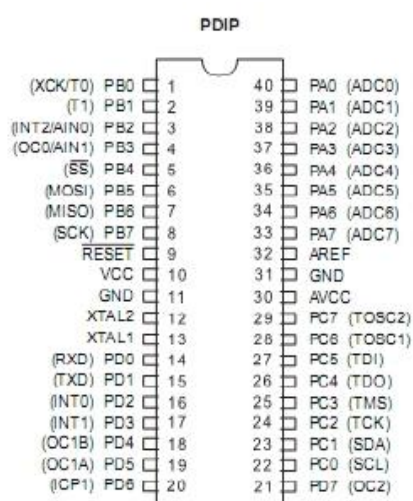
Sumber : Buku Pemrograman Mikrokontroler AVR ATmega16
menggunakan bahasa C (CodeVisionAVR)

Keterangan:

- A. Nilai Digital = nilai / besaran dalam bentuk digital
- B. V_{ADC} = tegangan yang diberikan oleh sensor ke mikrokontroler
- C. V_{REF} = tegangan *supply* pada mikrokontroler
- D. 1024 = kode digital 10-bit

2.1.5.2. Konfigurasi Pin Mikrokontroler ATmega16

Konfigurasi pin mikrokontroler ATmega16 dapat dilihat pada Gambar 2.4. Dari gambar tersebut dapat terlihat ATmega16 memiliki 8 pin untuk masing-masing 4 port yaitu Port A, Port B, Port C, dan Port D atau secara keseluruhan 40 pin *Dual In-line Package* (DIP).



Gambar 2.4. Konfigurasi Pin ATmega16

Sumber : <http://www.sakshieducation.com>

Fungsi dari masing-masing pin dijelaskan pada Tabel 2.2 berikut ini:

Tabel 2.2. Konfigurasi PIN ATmega16

Port Pin	Fungsi
VCC	<i>Pin yang berfungsi sebagai masukan catu daya</i>
GND	<i>Pin yang berfungsi sebagai Ground</i>
<i>Port A (PA7..PA0)</i>	<i>Merupakan pin input/output dua arah (full duplex) dan selain itu merupakan pin masukan ADC.</i>
<i>Port B (PB7..PB0)</i>	<i>Merupakan pin input/output dua arah (full duplex) dan selain itu merupakan pin khusus</i>
<i>Port C (PC7..PC0)</i>	<i>Merupakan pin input/output dua arah (full duplex) dan selain itu merupakan pin khusus</i>
<i>Port D (PD7..PD0)</i>	<i>Merupakan pin input/output dua arah (full duplex) dan selain itu merupakan pin khusus</i>
AV _{CC}	<i>AV_{CC} menghasilkan tegangan pin A untuk A/D Converter</i>
XTAL 1	<i>Input Oscillator</i>
XTAL 2	<i>Output Oscillator</i>
RESET	<i>Untuk mereset mikrokontroler</i>
AREF	<i>Pin masukan tegangan referensi untuk A/D Converter.</i>

Port B (PB0 – PB7) merupakan *pin input/output* dua arah (*full duplex*) dan selain itu merupakan *pin khusus*, keterangan lanjut dapat dilihat pada tabel 2.3 dibawah ini.

Tabel 2.3. Fungsi Khusus Port B

Pin	Fungsi Khusus
PB0	XCK (USART <i>External Clock Input/Output</i>) T0 (Timer/Counter0 <i>External Counter Input</i>)
PB1	T1 (Timer/Counter1 <i>External Counter Input</i>)
PB2	INT2 (<i>External Interrupt 2 Input</i>) AIN0 (<i>Analog Comparator Negative Input</i>)
PB3	OC0 (Timer/Counter0 <i>Output Compare Match Output</i>) AIN1 (<i>Analog Comparator Negative Input</i>)
PB4	SPI (<i>Slave Select Input</i>)
PB5	MOSI (SPI <i>Bus Master Output /Slave Input</i>)
PB6	MISO (SPI <i>Bus Master Input/Slave Output</i>)
PB7	SCK (SPI <i>Bus Serial Clock</i>)

Port A (PC0 – PC7) merupakan *pin input/output* dua arah (*full duplex*) dan selain itu merupakan *pin* khusus, keterangan lanjut dapat dilihat pada tabel 2.4. dibawah ini.

Tabel 2.4. Fungsi Khusus Port C

Pin	Fungsi Khusus
PC0	SCL (<i>Two-wire Serial Bus Clock Line</i>)
PC1	SDA (<i>Two-wire Serial BusData Input/Output Line</i>)
PC2	TCK (<i>Joint Test Action Group Test Clock</i>)
PC3	TMS (<i>JTAG Test Mode Select</i>)
PC4	TDO (<i>JTAG Data Out</i>)
PC5	TDI (<i>JTAG Test Data In</i>)
PC6	TOSC1 (<i>Timer Oscillator pin 1</i>)
PC7	TOSC2 (<i>Timer Oscillator pin 2</i>)

Port D (PD0 – PD7) merupakan *pin input/output* dua arah (*full duplex*) dan selain itu merupakan *pin* khusus, keterangan lanjut dapat dilihat pada tabel 2.5. dibawah ini

Tabel 2.5. Fungsi Khusus Port D

Pin	Fungsi Khusus
PD0	RXD (USART <i>Input Pin</i>)
PD1	TXD (USART <i>Output Pin</i>)
PD2	INT0 (<i>External Interrupt 0 Input</i>)
PD3	INT1 (<i>External Interrupt 1 Input</i>)
PD4	OC1B (<i>Timer/Counter1 Output Compare B Match Output</i>)
PD5	OC1A (<i>Timer/Counter1 Output Compare A Match Output</i>)
PD6	ICP (<i>Timer/Counter1 Input Capture Pin</i>)
PD7	OC2 (<i>Timer/Counter2 Output Compare Match Output</i>)

2.1.5.3. Pemrograman Mikrokontroler ATmega16

Sebuah mikrokontroler tidak akan bekerja bila tidak diberikan program untuk diisikan ke dalam mikrokontroler tersebut. Oleh karena itu, dalam digunakan perangkat lunak CodeVisionAVR sebagai media penghubung antara program yang akan diisikan ke mikrokontroler ATmega16 yang menggunakan bahasa C.

Pemrograman mikrokontroler AVR dapat menggunakan *low level language* (assembly) dan *high level language* (C, Basic, Pascal, JAVA, dll) tergantung *compiler* yang digunakan. Bahasa Assembler pada mikrokontroler AVR memiliki kesamaan instruksi, sehingga jika telah menguasai pemrograman satu jenis mikrokontroler AVR, maka akan dengan mudah untuk memprogram mikrokontroler AVR jenis lain, tetapi bahasa assembler relatif lebih sulit dipelajari daripada bahasa C, untuk pembuatan suatu proyek yang besar akan memakan waktu yang lama, serta penulisan programnya akan panjang. Sedangkan bahasa C memiliki keunggulan dibandingkan bahasa *assembly* yaitu penyusunan program

akan lebih sederhana dan mudah pada proyek yang lebih besar. Bahasa C hampir bisa melakukan semua operasi yang dapat dikerjakan oleh bahasa mesin.

CodeVisionAVR pada dasarnya merupakan perangkat lunak pemrograman mikrokontroler keluarga AVR berbasis bahasa C. Ada tiga komponen penting yang telah diintegrasikan dalam perangkat lunak ini: *Compiler C*, IDE dan program *generator*. Berdasarkan spesifikasi yang dikeluarkan oleh perusahaan pengembangnya, *Compiler C* yang digunakan hampir mengimplementasikan semua komponen standar yang ada pada bahasa C standar ANSI (seperti struktur program, jenis tipe data, jenis operator, dan *library* fungsi standar berikut penamaannya).

Tetapi dibandingkan bahasa C untuk aplikasi komputer, *compiler C* untuk mikrokontroler ini memiliki sedikit perbedaan yang disesuaikan dengan arsitektur AVR tempat program C tersebut ditanamkan (*embedded*). Khusus untuk *library* fungsi, disamping *library* standar (seperti fungsi-fungsi matematik, manipulasi *string*, pengaksesan memori dan sebagainya), CodeVisionAVR juga menyediakan fungsi-fungsi tambahan yang sangat bermanfaat dalam pemrograman antarmuka AVR dengan perangkat luar yang umum digunakan dalam aplikasi kontrol.

Beberapa fungsi *library* yang penting diantaranya adalah fungsi-fungsi untuk pengaksesan LCD, komunikasi I2C, IC RTC (*Real time Clock*), sensor suhu, SPI (*Serial Peripheral Interface*) dan lain sebagainya. Untuk memudahkan pengembangan program aplikasi, CodeVisionAVR juga dilengkapi IDE yang sangat *user friendly*. Selain menu-menu pilihan yang umum dijumpai pada setiap perangkat lunak berbasis Windows, CodeVisionAVR ini telah mengintegrasikan perangkat lunak *downloader* yang bersifat *In System Programmer* yang dapat

digunakan untuk mentransfer kode mesin hasil kompilasi ke dalam sistem memori mikrokontroler AVR yang sedang diprogram.


CodeVisionAVR juga menyediakan sebuah fitur yang dinamakan dengan *Code Generator* atau CodeWizardAVR. Secara praktis, fitur ini sangat bermanfaat membentuk sebuah kerangka program (*template*), dan juga memberi kemudahan bagi *programmer* dalam peng-inisialisasian register-register yang terdapat pada mikrokontroler AVR yang sedang diprogram. Dinamakan *Code Generator*, karena perangkat lunak CodeVision ini akan membangkitkan kode-kode program secara otomatis setelah fase inisialisasi pada jendela CodeWizardAVR selesai dilakukan.

Secara teknis, penggunaan fitur ini pada dasarnya hampir sama dengan *application wizard* pada bahasa-bahasa pemrograman visual untuk komputer (seperti Visual C, Borland Delphi, dan sebagainya).

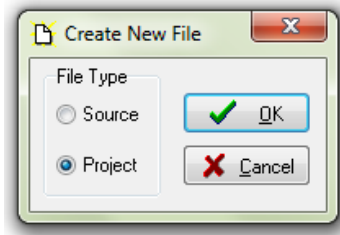
2.1.5.4. Penggunaan CodeVision AVR

Pengembangan sebuah system menggunakan mikrokontroler AVR buatan ATMEL menggunakan software AVRSTUDIO dan CodeVision AVR. AVRSTUDIO merupakan software khusus untuk bahasa assembly. Sedangkan CodeVisison AVR merupakan software V-cross compiler, dimana program dapat ditulis dalam bahasa C.

Dibawah ini adalah tahapan untuk memulai pemrograman CodeVisionAVR.

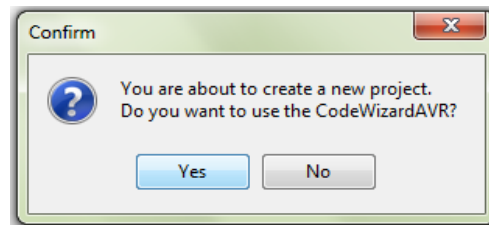
1. Buka program CodeVision AVR pada desktop atau pada program files.
2. Pilih *create a new file or project* pada program CodeVisionAVR 

Kemudian akan muncul jendela tampilan seperti pada gambar 2.5. lalu klik Ok



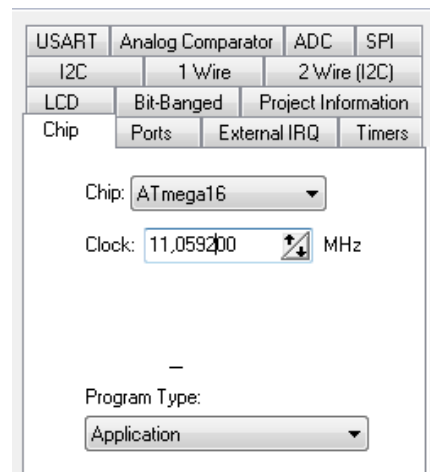
Gambar 2.5. Inisialisasi Membuat Project Baru
Sumber : Dokumentasi

4. Lalu muncul jendela baru seperti pada gambar 2.6. Klik *Yes* untuk memulai *project* baru



Gambar 2.6. Inisialisasi Membuat Project Baru
Sumber : Dokumentasi

5. Tertera pada gambar 2.7. untuk pemilihan chip dan clock yang digunakan.



Gambar 2.7. Inisialisasi Membuat Project Baru
Sumber : Dokumentasi

6. Kemudian pilih menu *file-Generate Save and Exit*.
7. Kemudian beri nama *file source(*.c)*, *file project (*.prj)*, dan *file codewizard (*.cwp)* dengan nama yang sama agar memudahkan dalam mencari *file* tersebut di dalam *folder* tempat menyimpan *file*.
8. Setelah berhasil membuat program menggunakan *CodeWizard AVR* kita hanya perlu menambahkan variabel dan instruksi-instruksi tambahan ke dalam program seperti yang terlihat pada gambar 2.8.

Gambar 2.8. Inisialisasi Membuat Project Baru
Sumber : Dokumentasi

2.1.6. Tombol Tekan (*Push Button*)

Secara mendasar semua saklar berfungsi untuk melakukan kontak nyala atau padam (*ON/OFF*) dalam berbagai cara berbeda, tapi intinya tiap saklar melakukan tugas sama, yaitu membuka dan menutup sirkuit. Beberapa saklar yang melakukan kontak berbeda, dinamakan sesuai dengan bentuk, fungsi, dan cara operasi. Adapun bentuk *push button* dapat dilihat pada gambar 2.9.



Gambar 2.9. Push Button

Sumber : Dokumentasi

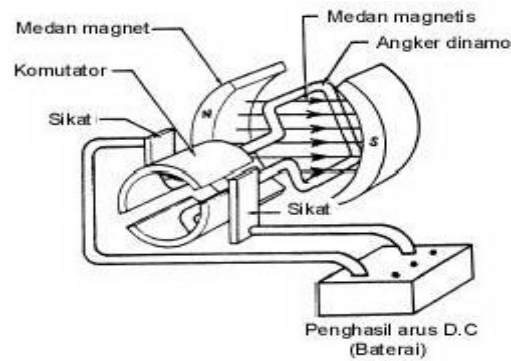
Alat ini berfungsi sebagai pemberi sinyal masukan pada rangkaian listrik, ketika/selama bagian knopnya ditekan maka alat ini akan bekerja sehingga kontak-kontaknya akan terhubung untuk jenis *normally open* dan akan terlepas untuk jenis *normally close*, dan sebaliknya ketika knopnya dilepas kembali maka kebalikan dari sebelumnya, untuk membuktikannya pada terminalnya bisa digunakan alat ukur *tester*/ohm meter. pada umumnya pemakaian terminal jenis NO digunakan untuk menghidupkan rangkaian dan terminal jenis NC digunakan untuk mematikan rangkaian, namun semuanya tergantung dari kebutuhan.

2.1.7. Motor DC

Motor DC merupakan salah satu jenis motor listrik. Dikatakan motor DC karena memerlukan tegangan searah (*Direct Current*) sebagai tegangan kerja. Jadi, motor DC adalah salah satu jenis motor listrik yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik putaran, dengan menggunakan sumber tegangan searah sebagai tegangan kerja.

Motor DC memerlukan suplai tegangan yang searah pada kumparan medan untuk diubah menjadi energi mekanik. Bagian utama motor DC adalah stator dan rotor dimana kumparan medan pada motor dc disebut stator (bagian yang tidak berputar) dan kumparan jangkar disebut rotor (bagian yang berputar). Bentuk motor

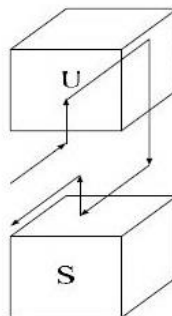
paling sederhana memiliki kumparan satu lilitan yang bisa berputar bebas di antara kutub-kutub magnet permanen. Catu tegangan dc dari baterai menuju ke lilitan melalui sikat yang menyentuh komutator, dua segmen yang terhubung dengan dua ujung lilitan. Angker dinamo adalah sebutan untuk komponen yang berputar di antara medan magnet seperti terlihat pada gambar 2.10.



Gambar 2.10. Motor DC Sederhana

Sumber : Dokumentasi

Prinsip dasar cara kerja motor DC yaitu jika arus lewat pada suatu konduktor, timbul medan magnet di sekitar konduktor. Arah medan magnet ditentukan oleh arah aliran arus pada konduktor. Medan magnet yang membawa arus mengelilingi konduktor. Gambar dari prinsip kerja motor DC dapat dilihat pada gambar 2.11.



Gambar 2.11. Prinsip Kerja Motor DC

Sumber : Dokumentasi

Berdasarkan sumber arus kemagnetan untuk kutub magnet, maka motor listik dibedakan menjadi dua tipe, yaitu :

1. Motor DC dengan penguat terpisah, bila arus untuk lilitan kutub magnet berasal dari sumber searah yang terletak dari luar motor.
2. Motor DC dengan penguat sendiri, bila arus untuk lilitan kutub magnet berasal dari motor itu sendiri.

Bentuk fisik dari motor DC dapat dilihat pada gambar 2.12.



Gambar 2.12. Motor DC

Sumber : www.lionbalimotor.com

2.1.8. Sensor Suhu LM35

Sensor suhu LM35 adalah komponen elektronika yang memiliki fungsi untuk mengubah besaran suhu menjadi besaran listrik dalam bentuk tegangan. Sensor Suhu LM35 yang dipakai dalam penelitian ini berupa komponen elektronika yang diproduksi oleh *National Semiconductor*. LM35 memiliki keakuratan tinggi dan kemudahan perancangan jika dibandingkan dengan sensor suhu yang lain, LM35 juga mempunyai keluaran impedansi yang rendah dan linieritas yang tinggi sehingga dapat dengan mudah dihubungkan dengan rangkaian kendali khusus serta tidak memerlukan penyetelan lanjutan.

Meskipun tegangan sensor ini dapat mencapai 30 volt akan tetapi yang diberikan ke sensor adalah sebesar 5 volt, sehingga dapat digunakan dengan catu daya tunggal dengan ketentuan bahwa LM35 hanya membutuhkan arus sebesar 60 μA hal ini berarti LM35 mempunyai kemampuan menghasilkan panas (*self-heating*) dari sensor yang dapat menyebabkan kesalahan pembacaan yang rendah yaitu kurang dari 0,5°C pada suhu 25°C.

IC LM 35 sebagai sensor suhu yang teliti dan terkemas dalam bentuk *Integrated Circuit* (IC), dimana output tegangan keluaran sangat linear terhadap perubahan suhu. Sensor ini berfungsi sebagai pegubah dari besaran fisis suhu ke besaran tegangan yang memiliki koefisien sebesar 10 mV/°C yang berarti bahwa kenaikan suhu 1°C maka akan terjadi kenaikan tegangan sebesar 10 mV.

IC LM 35 ini tidak memerlukan pengkalibrasian atau penyetelan dari luar karena ketelitiannya sampai lebih kurang seperempat derajat celcius pada temperature ruang. Jangka sensor mulai dari – 55°C sampai dengan 150°C, IC LM35 penggunaannya sangat mudah, difungsikan sebagai kontrol dari indikator tampilan catu daya terbelah. IC LM 35 dapat dialiri arus 60 μA dari supplay sehingga panas yang ditimbulkan sendiri sangat rendah kurang dari 0°C di dalam suhu ruangan.

Untuk mendeteksi suhu digunakan sebuah sensor suhu LM35 yang dapat dikalibrasikan langsung dalam C (celcius), LM35 ini difungsikan sebagai *basic temperature sensor*.

2.1.8.2. Karakteristik Sensor LM35

Adapun karakteristik dari sensor suhu LM35 adalah sebagai berikut :

1. Memiliki sensitivitas suhu, dengan faktor skala linier antara tegangan dan suhu 10 mVolt/°C, sehingga dapat dikalibrasi langsung dalam *celcius*.
2. Memiliki ketepatan atau akurasi kalibrasi yaitu 0,5°C pada suhu 25 °C
3. Memiliki jangkauan maksimal operasi suhu antara -55 °C sampai +150 °C.
4. Bekerja pada tegangan 4 sampai 30 volt.
5. Memiliki arus rendah yaitu kurang dari 60 µA.
6. Memiliki pemanasan sendiri yang rendah (*low-heating*) yaitu kurang dari 0,1 °C pada udara diam.
7. Memiliki impedansi keluaran yang rendah yaitu 0,1W untuk beban 1mA.
8. Memiliki ketidaklinieran hanya sekitar $\pm \frac{1}{4}$ °C.

Sensor LM35 bekerja dengan mengubah besaran suhu menjadi besaran tegangan. Tegangan ideal yang keluar dari LM35 mempunyai perbandingan 100°C setara dengan 1 volt. Sensor ini mempunyai pemanasan diri (*self heating*) kurang dari 0,1°C, dapat dioperasikan dengan menggunakan *power supply* tunggal dan dapat dihubungkan antar muka (*interface*) rangkaian control yang sangat mudah.

2.1.8.3 Prinsip Kerja Sensor LM35

Secara prinsip sensor akan melakukan penginderaan pada saat perubahan suhu setiap suhu 1°C akan menunjukkan tegangan sebesar 10mV. Pada penempatannya LM35 dapat ditempelkan dengan perekat atau dapat pula disemen pada permukaan akan tetapi suhunya akan sedikit berkurang sekitar 0,01°C karena terserap pada

suhu permukaan tersebut. Dengan cara seperti ini diharapkan selisih antara suhu udara dan suhu permukaan dapat dideteksi oleh sensor LM35 sama dengan suhu disekitarnya, jika suhu udara disekitarnya jauh lebih tinggi atau jauh lebih rendah dari suhu permukaan, maka LM35 berada pada suhu permukaan dan suhu udara disekitarnya. Jarak yang jauh diperlukan penghubung yang tidak terpengaruh oleh interferensi dari luar, dengan demikian digunakan kabel selubung yang ditanahkan sehingga dapat bertindak sebagai suatu antena penerima dan simpangan didalamnya, juga dapat bertindak sebagai perata arus yang mengkoreksi pada kasus yang sedemikian, dengan menggunakan metode *bypass* kapasitor dari Vin untuk ditanahkan.

Maka dapat disimpulkan prinsip kerja sensor LM35 sebagai berikut:

1. Suhu lingkungan di deteksi menggunakan bagian IC yang peka terhadap suhu
2. Suhu lingkungan ini diubah menjadi tegangan listrik oleh rangkaian di dalam IC, dimana perubahan suhu berbanding lurus dengan perubahan tegangan output.
3. Pada seri LM35 $V_{out}=10 \text{ mV}/^{\circ}\text{C}$ Tiap perubahan 1°C akan menghasilkan perubahan tegangan output sebesar 10mV

2.1.9. Sensor Kelembaban DHT22

Sensor DHT merupakan sensor dasar yang menggunakan thermistor untuk mengukur suhu udara sekitar, dan kapasitif sensor untuk mengukur kelembaban. Sensor ini cukup mudah digunakan dengan keluaran sinyal data digital dari PIN output.

Salah satu contoh sensor digital yang dapat mengukur suhu dan kelembaban udara adalah sensor *DHT-22*. Sensor ini sangat mudah digunakan bersama dengan *Arduino*. Memiliki tingkat stabilitas yang sangat baik serta fitur kalibrasi yang sangat akurat. Koefisien kalibrasi disimpan dalam *OTP program memory*, sehingga ketika internal sensor mendeteksi sesuatu maka *module* ini menyertakan koefisien tersebut dalam kalkulasinya. Teknologi ini memastikan keandalan tinggi dan sangat baik stabilitasnya dalam jangka panjang.



Gambar 2.14. Sensor *DHT-22*

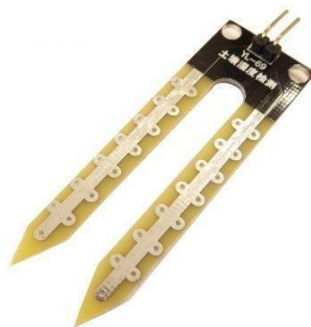
Sumber : digilib.unila.ac.id

Pada gambar 2.14. menunjukkan sensor *DHT-22*. Sensor ini menggunakan kabel-tunggal serial terintegrasi untuk menjadi cepat dan mudah untuk digunakan, memiliki daya rendah serta transmisi jarak hingga 20 meter (Kalman, 2013). Model: Sensor kelembaban DHT22 memiliki Input: 3.5V-5.5V dan 1-1.5mA, mengukur

rentan kelembaban 0-100% RH, rentan suhu : -40 sampai 80 derajat celcius, presisi : +-3% RH dan +-0.5 derajat celcius.

2.1.10. Moisture Sensor (Sensor Kadar Air)

Moisture sensor adalah sensor kelembaban yang dapat mendeteksi kadar air suatu objek. Pada dasarnya sensor ini digunakan untuk mendeteksi nilai kadar air pada tanah. Berbentuk sedemikian rupa untuk ditancapkan ke dalam tanah. Sensor ini sangat sederhana, gambar dari sensor ini dapat dilihat pada gambar 2.15.



Gambar 2.15. Sensor Kadar Air

Sumber : digilib.unila.ac.id

Prinsip kerja dari sensor ini yaitu melewatkan arus dari dua *probe* yang dimiliki sensor tersebut, kemudian membaca resistansinya untuk mendapatkan nilai tingkat kadar air. Semakin banyak air menjadi lebih mudah menghantarkan listrik (resistansi kecil), sedangkan jika terlalu kering maka akan sangat sulit menghantarkan listrik (resistansi besar). Sensor ini sangat membantu untuk memantau tingkat kelembaban atau kadar air pada tanaman atau memantau kelembaban tanah. Memiliki spesifikasi sebagai berikut :

1. Bekerja pada tegangan (*power supply*) sebesar 3.3v or 5v
2. Memiliki arus rendah sebesar 35mA
3. Pin analog output, digital output, GND, Power
4. Berukuran 60x20x5mm

2.1.11. Heater

Electrical heating element (elemen pemanas listrik) banyak dipakai dalam kehidupan sehari-hari, baik didalam rumah tangga ataupun peralatan dan mesin industri. Bentuk dan tipe dari *Electrical Heating Element* ini bermacam macam disesuaikan dengan fungsi, tempat pemasangan dan media yang akan dipanaskan.

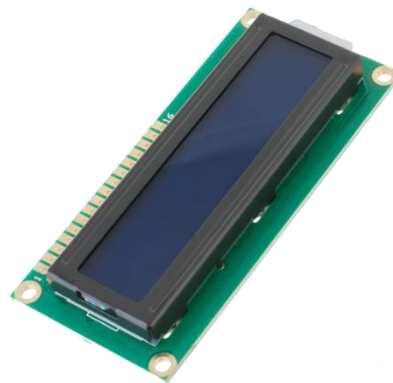
Panas yang dihasilkan oleh elemen pemanas listrik ini bersumber dari kawat ataupun pita bertahanan listrik tinggi (*Resistance Wire*) biasanya bahan yang digunakan adalah niklin yang dialiri arus listrik pada kedua ujungnya dan dilapisi oleh isolator listrik yang mampu meneruskan panas dengan baik hingga aman jika digunakan.

2.1.12. LCD

Display elektronik adalah salah satu komponen elektronika yang berfungsi sebagai tampilan suatu data, baik karakter, huruf ataupun grafik. LCD (*Liquid Crystal Display*) adalah salah satu jenis display elektronik yang dibuat dengan teknologi CMOS *logic* yang bekerja dengan tidak menghasilkan cahaya tetapi memantulkan cahaya yang ada di sekelilingnya terhadap *front-lit* atau mentransmisikan cahaya dari *back-lit*. LCD (*Liquid Crystal Display*) berfungsi sebagai penampil data baik dalam bentuk karakter, huruf, angka ataupun grafik.

Material LCD (*Liquid Crystal Display*) terdiri dari lapisan campuran organik, antara lapisan kaca bening dengan elektroda transparan indium oksida dalam bentuk tampilan *seven segment* dan lapisan elektroda pada kaca belakang. Ketika elektroda diaktifkan dengan medan listrik (tegangan), molekul organik yang panjang dan silindris menyesuaikan diri dengan elektroda dari segmen. Lapisan *sandwich* memiliki *polarizer* cahaya vertikal depan dan *polarizer* cahaya horisontal belakang yang diikuti dengan lapisan reflektor. Cahaya yang dipantulkan tidak dapat melewati molekul-molekul yang telah menyesuaikan diri dan segmen yang diaktifkan terlihat menjadi gelap dan membentuk karakter data yang ingin ditampilkan.

LCD (*Liquid Crystal Display*) *Dot-Matrix* HD44780 adalah salah satu jenis LCD *dot-matrix* dengan 16x2 karakter. LCD (*Liquid Crystal Display*) *Dot-Matrix* HD44780 ini dapat menampilkan karakter angka *numeric*, huruf *alphabet*, huruf jepang dan simbol. Kedua komponen tersebut dikemas dalam suatu *PCB* sehingga membentuk satu modul yang dapat langsung digunakan. Maka ini mempunyai delapan jalur data (DB0 s/d DB7) dan tiga jalur *control* (RS, R/W, E). Gambar LCD 16x2 dapat dilihat pada gambar 2.16.



Gambar 2.16. Liquid Crystal Display 16x2

Sumber : <http://belajarduino.blogspot.com/2014/01/jam-digital-dengan-rtc.html>

Konfigurasi pin LCD dapat dilihat pada tabel 2.6. berikut.

Tabel 2.6. Fungsi Pin Pada LCD

PIN	SIMBOL	LEVEL	FUNGSI
1	VSS	0V	Diberikan <i>ground</i> dari system
2	VDD	5.0V	Diberikan tegangan VCC 5.0 Volt
3	VEE	Variabel	Pengatur kontras LCD
4	RS	H/L	H: Data. L:Kode instruksi
5	R/W	H/L	H: Baca, L: Tulis
6	E		Sinyal <i>Chip Enable</i>
7	DB0	H/L	Bit data ke 0
8	DB1	H/L	Bit data ke 1
9	DB2	H/L	Bit data ke 2
10	DB3	H/L	Bit data ke 3
11	DB4	H/L	Bit data ke 4
12	DB5	H/L	Bit data ke 5
13	DB6	H/L	Bit data ke 6
14	DB7	H/L	Bit data ke 7
15	A		LED +
16	K		LED -

Instruksi Dasar LCD *Dot-Matrix* HD44780

- a. *Display Clear*, Instruksi ini digunakan untuk membersihkan tampilan dan mengembalikan kursor keposisi awal.
- b. *Function set*, digunakan untuk menentukan lebar *interface* (8-bit atau 4-bit) atau DL, jumlah jalur tampilan (N), dan bentuk aksara (F). Dalam tampilan LCD 16x2 ini lebar interface dapat ditentukan antara 8 bit dan 4 bit. Perbedaan interface 8 bit dan 4 bit adalah dari penggunaan jumlah dari jalur bus data dan pada metode penulisan dan pembacaan instruksi.
- c. *Entry Mode Set*, Instruksi ini digunakan untuk menentukan arah dari perpindahan kursor (I/D) diberi nilai “1” dan menentukan arah pergeseran tampilan (S) diberi nilai”1”. Operasi ini digunakan selama penulisan dan pembacaan data.

- d. *Display On/off Control*, Instruksi ini digunakan untuk menghidupkan atau mematikan (*on/off display* (D) diberi nilai “1”, kursor © diberi nilai “0” (<http://elektronika-dasar.web.id/komponen/lcd-liquid-crystal-display-dot-matrix-hd44780>, diakses pada 15 Maret 2016).

2.1.13. Buzzer

Buzzer adalah sebuah komponen elektronika yang berfungsi untuk mengubah getaran listrik menjadi getaran suara. Pada dasarnya prinsip kerja *buzzer* hampir sama dengan loud speaker, jadi *buzzer* juga terdiri dari kumparan yang terpasang pada diafragma dan kemudian kumparan tersebut dialiri arus sehingga menjadi elektromagnet, kumparan tadi akan tertarik ke dalam atau keluar, tergantung dari arah arus dan polaritas magnetnya, karena kumparan dipasang pada diafragma maka setiap gerakan kumparan akan menggerakkan diafragma secara bolak-balik sehingga membuat udara bergetar yang akan menghasilkan suara. *Buzzer* biasa digunakan sebagai indikator bahwa proses telah selesai atau terjadi suatu kesalahan pada sebuah alat (alarm).

2.2 Konsep Prosedur Penelitian

Konsep prosedur penelitian dalam pembuatan *Prototype* Pengering Gabah Otomatis Berbasis Mikrokontroler ATmega16 ini memerlukan input dan output pada sistem agar alat dapat bekerja dan sebagai alat pengering otomatis yang lebih handal, praktis dan aman digunakan. *Prototype* ini menggunakan perangkat mikrokontroler ATmega16 sebagai otak dari pengoperasian sistem. Dimana input

akan mentransfer data kepada otak atau *brainware* untuk diproses dan menghasilkan data untuk pengoperasian pada output.

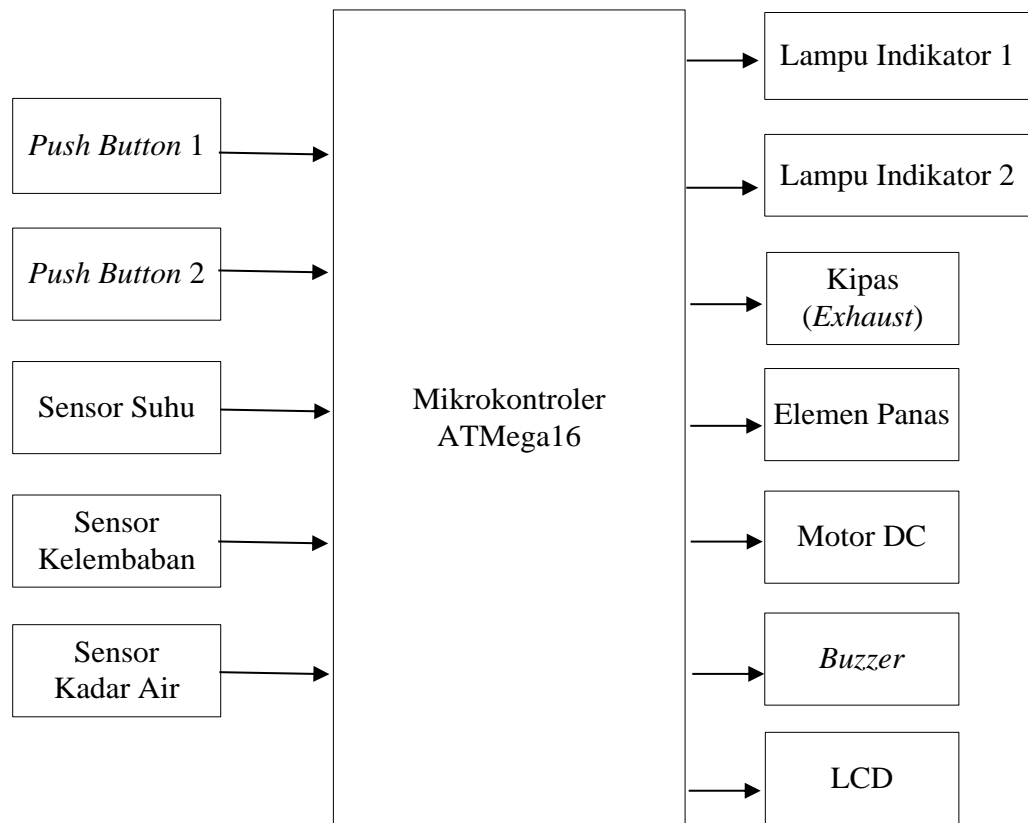
Input daripada alat ini yaitu terdiri dari *Push Button* 1 (tombol *start*), *Push Button* 2 (tombol *stop*), sensor suhu (LM35), *moisture* sensor (sensor kadar air), serta sensor kelembaban (DHT22). Kemudian alat ini dilengkapi elemen panas (*heater*), *fan* atau kipas, motor dc, lampu indikator 1 (hijau), lampu indikator 2 (merah), *buzzer* dan LCD sebagai outputnya.

Input sensor suhu (LM35) difungsikan sebagai pendeteksi suhu pada pengering. *Input moisture* sensor digunakan untuk mendeteksi kadar air yang terdapat pada gabah dan sensor kelembaban (DHT22) digunakan untuk mendeteksi kelembaban pada ruang pengering.

Heater pada alat pengering ini berfungsi sebagai pemanas utama agar objek yang digunakan yaitu gabah dapat dikeringkan atau dikurangi kadar air nya sesuai batas yang di tentukan. *Fan* atau kipas sebagai *exhaust* atau pembuangan udara atau uap panas pada ruang pengering. Motor DC digunakan sebagai penggerak pada pengaduk yang di modifikasikan agar dapat memberi panas yang merata pada objek yang dikeringkan yaitu gabah. *Buzzer* digunakan sebagai *alarm* dan LCD sebagai monitoring alat. Secara keseluruhan, *input* dan *output* alat tersebut akan diproses dan kontrol oleh mikrokontroler menggunakan IC ATmega 16.

Dalam merancang sebuah sistem hal terpenting adalah menjadikan sistem menjadi tiga bagian besar, pertama *input* (masukan), proses dan *output* (keluaran). Hal tersebut merupakan langkah penting pada pembuatan alat pengering gabah otomatis, sehingga dibentuklah blok diagram pada perencanaannya.

Blok diagram alat dapat dilihat pada gambar 2.17 di bawah ini.



Gambar 2.17. Blok Diagram Pengering Gabah Otomatis

Sumber : Dokumentasi

Pada pembuatan *prototype* ini proses pengeringan gabah berdasarkan dengan ukuran tabung pengering yang disiapkan oleh penulis dengan menggunakan ukuran 20 cm x 25 cm yang dimana dapat di isi dengan kapasitas sebanyak 3kg. Proses yang dilakukan untuk mendapatkan hasil yang diinginkan oleh penulis yaitu dengan mengukur kadar air gabah semula, kemudian meletakkan gabah ke dalam pengering sehingga dilakukan proses pengeringan agar mencapai titik optimal kadar air pada gabah untuk dilanjutkan ke tahap penggilingan menjadi beras yaitu berkisar 14%. Penelitian yang dilakukan yaitu mengamati seberapa banyak waktu yang diperlukan serta mengukur suhu, kelembaban dan kadar air gabah selama pengoperasian

hingga selesai. Nilai keluaran yang diperoleh dibandingkan hasilnya dengan data yang sesuai dengan alat kalibrasinya. Hal ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar perbandingan nilai yang di dapat dengan data yang sesuai dengan alat kalibrasi.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk membuat dan menguji *prototype* pengering gabah otomatis berbasis mikrokontroler ATmega16 yang dilaksanakan di Laboratorium Mesin Listrik Pengukuran dan Kalibrasi, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta, Rawamangun, Jakarta Timur. Penelitian dilaksanakan pada rentang waktu bulan Mei s/d Desember 2016.

3.2. Alat dan Bahan Penelitian

Alat dan bahan penelitian merupakan semua peralatan dan bahan yang dibutuhkan dalam penelitian. Segala komponen terkait dari *software* maupun *hardware* sangat mempengaruhi dan bergantung satu sama lain sesuai kerjanya masing-masing.

3.2.1. Alat serta Komponen

Perangkat atau alat yang digunakan pada pembuatan *prototype* ini meliputi *software* dan *hardware*. Perangkat lunak atau *software* yang digunakan yaitu :

1. *Codevision Wizard AVR*

Perangkat keras atau *hardware* yang digunakan yaitu :

1. Solder listrik
2. AVOMeter
3. Timbangan

4. Thermometer
5. Lem perekat
6. Moisturemeter
7. Tang potong
8. Tang buaya
9. Bor
10. Hygrometer
11. Obeng

Pembuatan alat ini tentu menggunakan bahan-bahan tertentu agar alat dapat bekerja secara optimal. Komponen yang digunakan sebagai berikut :

1. IC Mikrokontroler ATmega16
2. *Stainless Steel* (baja tahan-karat)
3. Akrilik
4. *Push button*
5. Sensor Kelembaban DHT22
6. Sensor Suhu LM35
7. Sensor kadar air (*moisture sensor*)
8. Motor DC
9. *Buzzer*
10. LCD (*Liquid Clear Display*)
11. Lampu LED

3.2.2. Bahan

Bahan yang digunakan adalah gabah dengan kadar air awal berkisar 25%.

3.3. Diagram Alir Penelitian

Penelitian dilakukan dengan cara perancangan (desain) alat terlebih dahulu dengan pendekatan metode yang digunakan yaitu rekayasa teknik pembuatan alat. Sebelum alat dibuat, dilakukan dahulu rancangan akan sebuah sistem yang dibutuhkan setelah melakukan studi literatur pada tahap ini, yaitu dengan menggali berbagai informasi dari berbagai referensi berupa buku, artikel, serta berbagai jurnal yang terkait dengan pengetahuan dasar terkait alat pengering gabah otomatis dengan mikrokontroler ATmega16.

Langkah selanjutnya dalam perancangan alat adalah dengan membuat sketsa bentuk alat yang akan dibuat atau *design*. Karena penelitian yang dilakukan adalah pembuatan alat pengering gabah otomatis berbasis mikrokontroler ATmega16, maka ditentukan dahulu komponen yang berperan penting pada penelitian ini, seperti menggunakan bahan dengan penghantar panas yang baik yaitu *stainless steel*, sensor untuk mendeteksi suhu, kelembaban serta kadar air gabah, elemen panas (*heater*), motor dc, serta berbagai komponen pendukung dan alat ukurnya untuk mendapatkan data dari hasil penelitian.

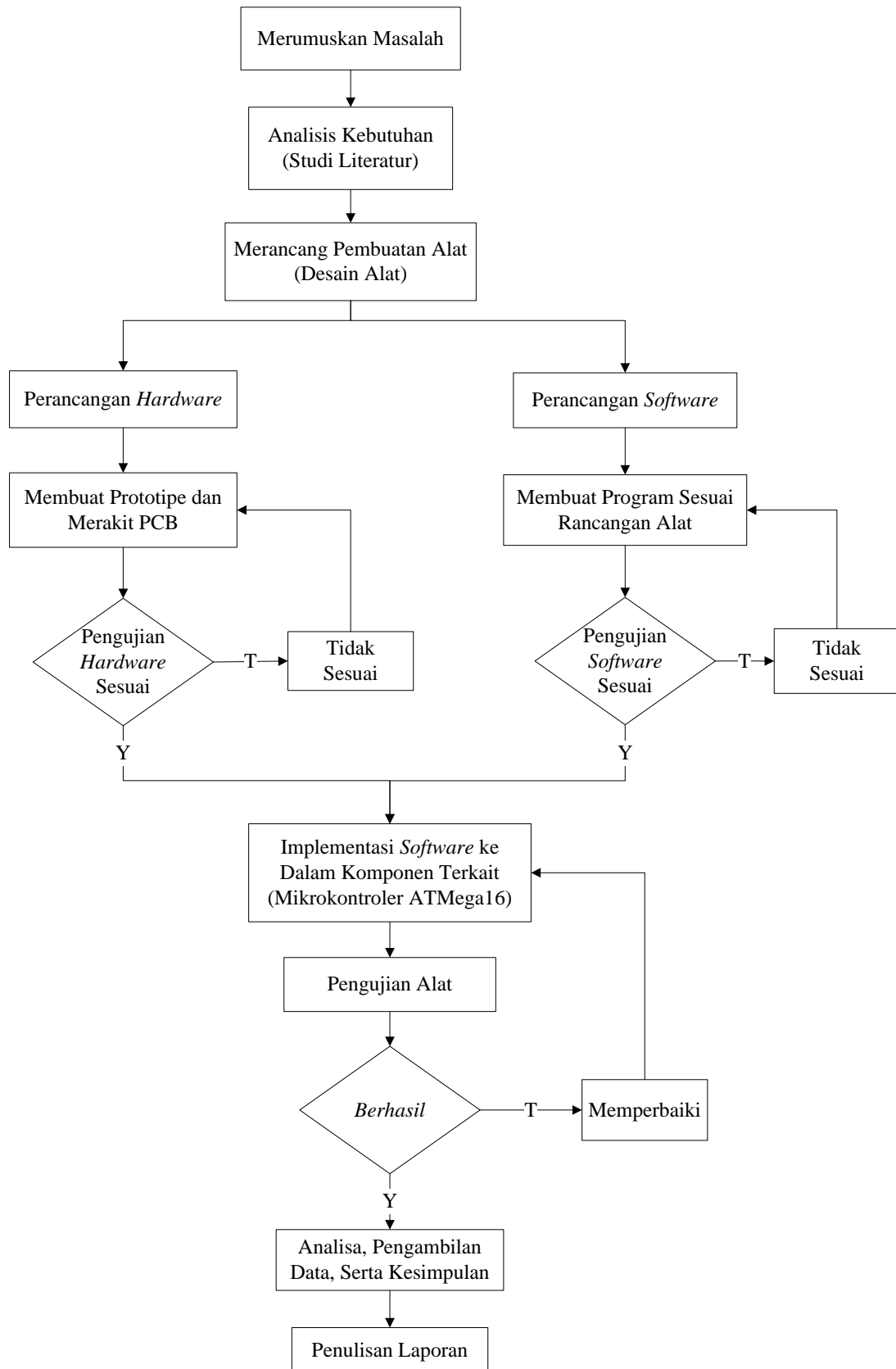
Penelitian kemudian berlanjut ke tahap pembuatan yang disesuaikan dengan perancangan (desain) alat. Tahap pertama yaitu pembuatan dari perancangan perangkat keras (*hardware*). Pada pembuatan perangkat keras terlebih dahulu melakukan perakitan dari berbagai komponen pilihan yang sesuai dengan desain prototipe dan kemudian berlanjut ke perakitan pada PCB dapat dilihat pada lampiran 1. Setelah pembuatan perangkat keras selesai, berlanjut ke tahap selanjutnya, yaitu membuat perangkat lunak (*software*).

Pembuatan perangkat lunak terdiri atas pembuatan diagram alir (*flowchart*) dan pembuatan program, yang dimana proses sistem ini dilandasi oleh diagram alir yang telah dibuat kemudian direalisasikan pada pembuatan programnya. Pertama dibuatlah desain pada PCB untuk tiap pin-pin pada mikrokontroler yang ingin di gunakan sesuai dengan ketentuan. Langkah pembuatan perangkat lunak ini dikhususkan untuk merealisasikan suatu proses pada sistem ini dengan ketentuan sesuai diagram alir yang telah dibuat untuk di implementasikan ke perangkat keras yang dimana sebagai otak dari pengoperasian alat ini yaitu mikrokontroler ATmega16.

Kemudian setelah implementasi perangkat lunak ke dalam komponen terkait, tahap selanjutnya yang dilakukan adalah tahap pengujian. Pengujian ini menganalisis suhu serta kadar air untuk pengeringan serta durasi yang ditempuh untuk pengeringan gabah. Pengujian juga dilakukan untuk menganalisa tegangan yang terdapat pada tiap-tiap komponen *input* dan *output*.

Apabila terdapat masalah (*trouble*) pada tahap pengujian, maka langkah yang dilakukan adalah memperbaiki, gambar dapat dilihat pada lampiran 2. Jika setelah diperbaiki tahapan pengujian berjalan lancar dan tiap komponen pada alat bekerja secara optimal, maka tahapan terakhir yang harus dilakukan adalah dengan melakukan analisa, pengolahan data, menyusun laporan dan kesimpulan.

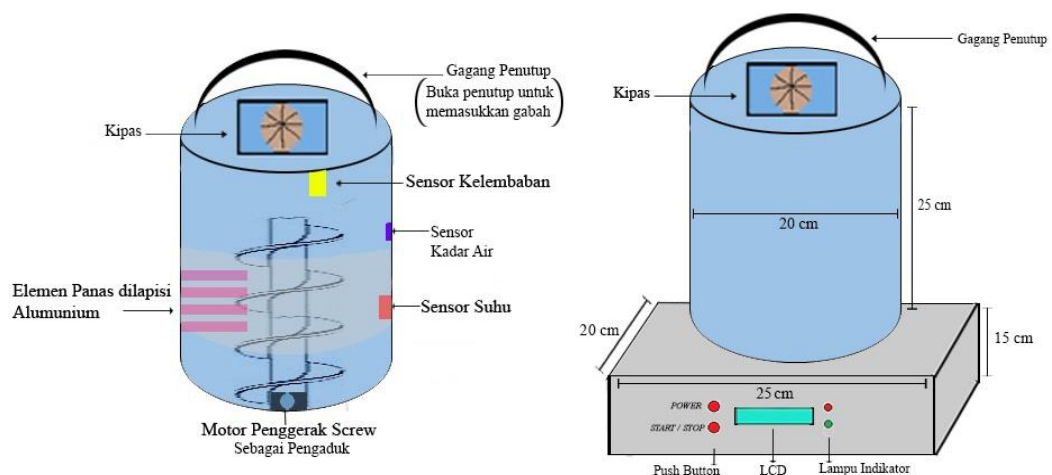
Pada tahap ini di evaluasi pencapaian dari penelitian yang telah dilakukan dengan mengacu pada tujuan dan perumusan masalah yang ditetapkan di awal penelitian. Hal tersebut kemudian dituangkan dalam bentuk laporan tertulis. Diagram alir penelitian dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian *Prototype* Pengering Gabah Otomatis
 Sumber : Dokumentasi

3.3.1. Desain Alat

Desain alat dibuat dalam bentuk sederhana agar prototipe mudah digunakan dan dibawa. Perencanaan untuk membuat alat ini yaitu terbuat dari material *PVC* (*polyvinyl chloride / polivinil klorida*) pada bagian *box* (kotak) dan *stainless steel* pada tabung atau *drum* pengering. Desain alat dibuat dalam bentuk sederhana agar mudah digunakan dengan dilengkapi wadah penyimpanan yang bisa dibongkar pasang. Terdapat 2 *push button* sebagai inputan sistem yang digunakan untuk menjalankan pengoperasian sistem pengering, serta sensor suhu, sensor kelembaban, serta sensor kadar air. Sebuah motor DC, LCD, *fan*, elemen panas, *buzzer*, dan 2 lampu indikator sebagai output. Desain dapat dilihat pada gambar 3.2.



Gambar 3.2. Desain Alat *Prototype* Pengering Gabah Otomatis

Sumber : Dokumentasi

Ukuran yang digunakan pada tabung pengering yaitu berdiameter 20cm dan memiliki tinggi 25cm dan dapat menampung beban hingga 5kg namun pengujian yang dilakukan dengan massa sebesar 3kg, karena perlunya sebagian sisa sebagai ruang udara pada pengeringan gabah. Penggunaan pengering berbentuk tabung ini

digunakan agar bahan yang dikeringkan mendapatkan panas yang merata. Dimana terdapat pelengkap di dalam tabung berupa pengaduk berbentuk *drill* yang simpel agar proses pengeringan yang dilakukan dapat merata. Penggunaan tabung yang dapat didasari oleh rumus volume tabung sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Volume tabung} &= L \text{ alas} \times \text{tinggi} \\ &= \pi r^2 \times t \end{aligned} \quad (3.1)$$

Sehingga volume dalam liter tabung pengering dapat menggunakan rumus (3.1)

Diketahui : $D = 20\text{cm}$

$$r = 10\text{cm}$$

$$t = 25\text{cm}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume? } V &= \pi r^2 \times t \\ &= 3,14 \times 10^2 \times 25 \\ &= 7850\text{cm}^3 \end{aligned}$$

Jadi, volume pada tabung adalah $7850\text{cm}^3 = 7850 \times 10^{-3}\text{dm}^3$

Sehingga volume tabung = 7,85 liter

Diketahui bahwa 1 liter = $1\text{dm}^3 = 10^{-3}\text{m}^3$

Lalu, diketahui pula bahwa beras dikuliti (gabah) mempunyai massa jenis (ρ) sebesar $753 \text{Kg}/\text{m}^3$

Sehingga massa adalah?

$$\text{Volume tabung} = 7,85 \text{ liter} = 0.00785\text{m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Massa} &= v \times \rho \\ &= 0.00785\text{m}^3 \times 753\text{Kg}/\text{m}^3 \\ &= 5.91105\text{kg} \end{aligned}$$

Jadi 7.85 liter beras sama dengan 5.91 kilogram.

Sehingga dari persamaan tersebutlah dapat diketahui bahwa drum atau tabung pengering pada alat pengering ini memiliki daya tampung massa atau beban sebesar 3kg agar proses dapat berjalan secara optimal.

3.3.2. ATmega16 Sebagai Sistem Kontrol Alat

Pada pembuatan prototipe ini, ATmega16 difungsikan sebagai sistem kontrol pada alat. Terdapat pin-pin pada ATmega16 ini yang berfungsi untuk mengendalikan *input* dan *output* sesuai dengan program pada kinerja alat. Gambar skematik ATmega16 pada prototipe ini dapat dilihat pada lampiran 13.

3.3.3. Sensor Kelembaban DHT22

Sensor kelembaban pada prototipe ini berfungsi sebagai pendeteksi kelembaban pada sistem, yaitu mendeteksi pada saat pengeringan gabah berlangsung. Sensor kelembaban ini berupa *digital / data* yang dimana mendeteksi nilai kelembaban dari pada sistem prototipe ini, dan langsung mengirimkan sinyal ke mikrokontroler untuk dilakukan tahap berikutnya yaitu monitoring. Sehingga kelembaban pada saat pengeringan berlangsung dapat dipantau secara langsung.

3.3.4. Sensor Suhu LM35

Sensor suhu pada prototipe ini berfungsi sebagai pendeteksi suhu yang dimana mendeteksi panas dari sistem prototipe ini. Dimana pemanas utama yang dihasilkan dari energi listrik, yaitu menggunakan elemen panas (*heater*). Pendeteksi suhu ini pula yang dapat digunakan sebagai acuan *monitoring* suhu yang optimal untuk mengeringkan gabah. Bekerja mendeteksi suhu yang dimana menghasilkan sinyal

analog dari tegangan yang dideteksi sesuai suhunya. Karena tegangan yang dihasilkan sensor suhu ini kecil, maka diperkuat dengan *op-amp non-inverting* dari komponen terkait, agar dapat mendeteksi suhu yang presisi. Kemudian diteruskan ke ADC pada mikrokontroler untuk merubah data analog menjadi digital.

3.3.5. Sensor Kadar Air

Sensor kadar air (*moisture sensor*) pada prototipe ini berfungsi sebagai pendeteksi kadar air pada gabah secara langsung. Sensor kadar air ini mendeteksi nilai kadar air gabah kemudian melakukan tahap berikutnya yaitu mengirimkan sinyal ke mikrokontroler. Sehingga kadar air gabah dapat dipantau secara langsung

3.3.6. Elemen Panas (*Heater*)

Elemen panas (*heater*) pada prototipe ini berfungsi sebagai pemanas pada sistem pengeringan. Cara kerjanya yaitu mengubah energi listrik yang ada menjadi energi panas.

3.3.7. Motor DC Yang di Padukan Dengan Pengaduk Berbentuk *Screw*

Motor DC digunakan sebagai pengaduk pada prototipe ini. Motor DC ini digunakan sebagai pengaduk yang dipadukan dengan *screw* agar gabah mendapatkan hawa panas yang merata. Sehingga proses pengeringan pun merata secara keseluruhan.

3.3.8. Kipas Sebagai Pembuangan Udara (*Exhaust*)

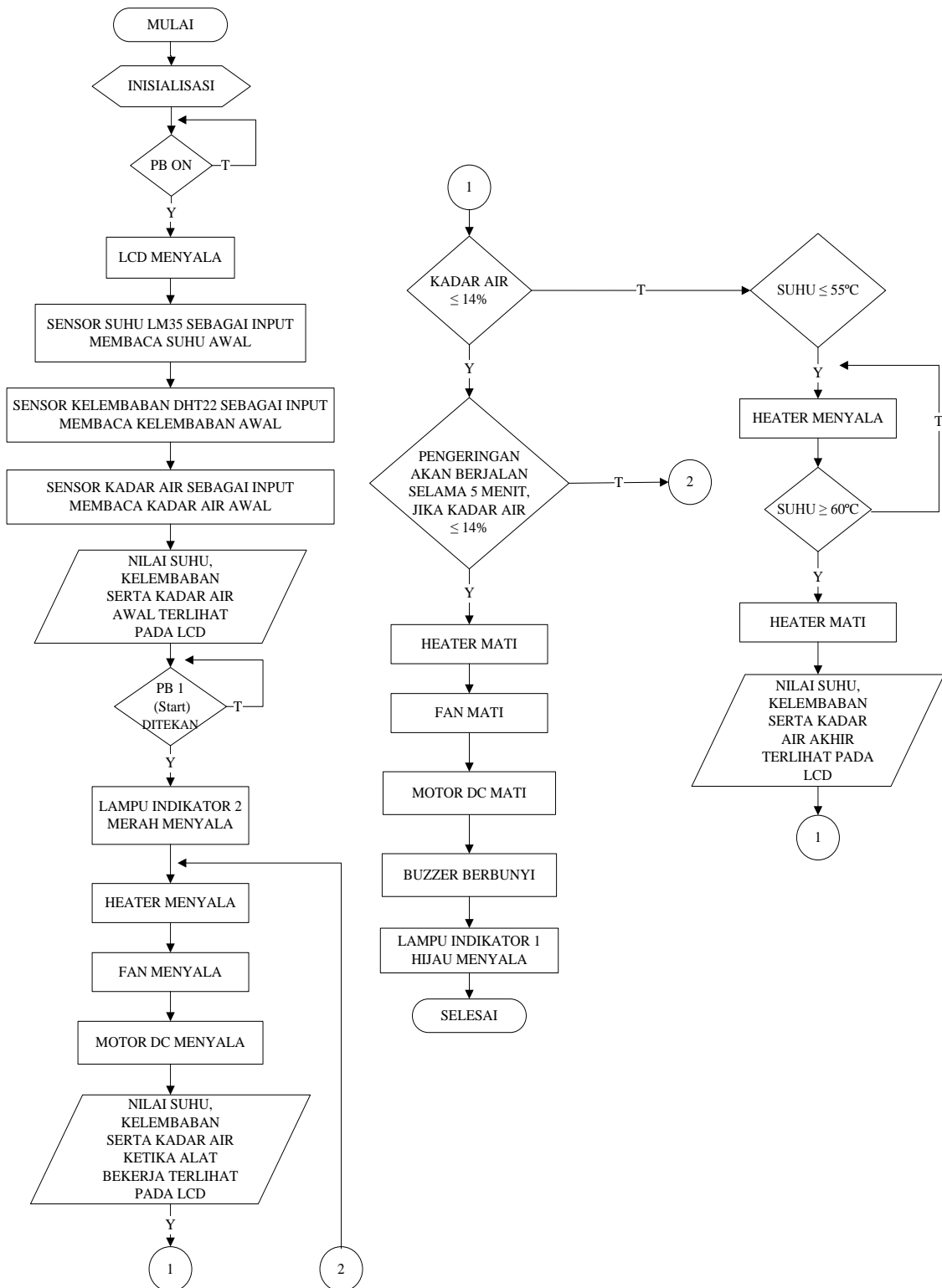
Kipas yang digunakan pada prototipe ini berfungsi untuk membuang uap pada pengeringan gabah ini. Cara kerja dari pada kipas seperti *blower* yaitu dengan cara menghisap keadaan udara di dalam tabung yang kemudian membuang udaranya keluar tabung (*exhaust*). Sehingga proses pengeringan dapat berjalan optimal dengan adanya kinerja dari *blower* / kipas yang berfungsi sebagai *exhaust* ini.

3.3.9. LCD (*Liquid Crystal Display*) Sebagai *Monitoring* Pada Alat

Liquid Cristal Display (LCD) pada prototipe ini berfungsi untuk menampilkan dan membaca perintah yang diberikan oleh perangkat input dan output dari sistem. LCD ini diprogram oleh sistem mikrokontroler menggunakan jenis IC ATMega16.

3.3.10. Pembuatan Diagram Alir

Sebelum merancang program perangkat lunak penulis membuat diagram alir terlebih dahulu untuk menjelaskan tentang jalur dari program yang digunakan atau cara kerja dari program untuk dapat mengendalikan baik masukan maupun keluaran. Prototipe pengering gabah berbasis mikrokontroler ini berfungsi untuk mengeringkan gabah dari nilai kadar air (kelembaban) semula ke kadar air yang dituju yaitu sekitar 14% agar dapat diproses ke tahap selanjutnya menjadi beras. Gambar 3.3. menunjukkan diagram alir dari alat.



Gambar 3.3. Diagram Alir Alat

Sumber : Dokumentasi

Untuk mengeringkan gabah di alat pengering ini terlebih dahulu operator menekan *Push Button ON (power)* agar *user interface* (antarmuka pengguna) pengering *standby* ditandai dengan LCD menyala tanda alat siap dioperasikan. Kemudian operator meletakkan gabah yang akan di keringkan ke dalam alat pengering yang tersedia. Setelah gabah diletakkan, maka sensor kadar air akan otomatis membaca kadar air semula pada gabah, dan sensor kelembaban akan membaca kelembaban ruang pengering, begitu pula dengan suhu yang di deteksi oleh sensor suhu.

Operator selanjutnya menekan *Push Button 1* yang berfungsi untuk menjalankan proses pengeringan secara keseluruhan di mana lampu indikator 2 (merah) menyala dan akan menyalakan *heater* atau pemanas, menjalankan kipas (*exhaust*) di dalam lemari untuk menghasilkan sirkulasi udara yang merata dan menggerakkan motor dc sebagai pengaduk didalam pengering yang berbentuk *screw* agar gabah mendapatkan panas yang merata. Jika kadar air gabah di dalam pengering mencapai titik yang telah ditentukan maka proses pengeringan akan berjalan hanya dengan durasi 5 menit untuk memeriksa apakah masih terdapat nilai kadar air yang berada diatas 14% atau tidak.

Jika tidak maka proses pengeringan akan berhenti dan telah selesai, ditandai dengan lampu indikator 1 (hijau) menyala dan *buzzer* akan bekerja mengeluarkan suara. Selanjutnya pengering sudah bisa dibuka dan hasil gabah kering sudah bisa untuk dikeluarkan. Kemudian langkah terakhir mematikan alat pengering jika sudah tidak digunakan lagi.

3.4. Teknik dan Prosedur Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data adalah teknik atau cara-cara yang dapat digunakan oleh peneliti untuk pengumpulan data. Teknik dalam menunjuk suatu kata yang abstrak dan tidak diwujudkan dalam benda, tetapi hanya dapat dilihat penggunaannya melalui: angket, wawancara, pengamatan, ujian (tes), dokumentasi, dan lain-lain. Menurut Sugiyono (2009:3) metode penelitian merupakan cara ilmiah untuk mendapatkan data dengan tujuan dan kegunaan tertentu. Teknik pengambilan data yang digunakan oleh penulis melalui metode eksperimen dengan pengukuran secara kuantitatif.

Menurut Sugiyono (2009:107) metode penelitian eksperimen adalah metode penelitian yang digunakan untuk mencari pengaruh perlakuan tertentu terhadap yang lain dalam kondisi yang terkendalikan. Metode penelitian kuantitatif dapat diartikan sebagai metode penelitian yang berlandaskan pada filsafat positivisme, digunakan untuk meneliti pada sampel tertentu. Teknik pengambilan sampel pada umumnya dilakukan secara random, tetapi pada penelitian ini total sampel pengumpulan data menggunakan instrument penelitian, analisis data bersifat kuantitatif dengan tujuan untuk menguji hipotesis yang telah ditetapkan.

Pencatatan hasil pengukuran dilakukan dalam formulir-formulir yang telah disediakan dalam bentuk lajur-lajur atau bentuk lainnya sesuai dengan kebutuhan pengukuran yang dilakukan sebagaimana kegiatan yang penulis lakukan

3.4.1. Pengujian Alat

Tabel pengujian alat adalah tabel yang dibuat untuk melakukan pengambilan data pengukuran. Tabel ini berfungsi sebagai pendataan pada sistem alat. Pengujian

prototype pengering gabah otomatis meliputi : pengujian program, pengujian catu daya, pengujian alat dilakukan terhadap peralatan *input* dan *output*, dimulai dari sensor suhu, kelembaban serta kadar air kemudian berlanjut ke pengujian tegangan dari rangkaian *output*, dan pengujian pengeringan gabah. Untuk memberikan hasil penelitian yang akurat dan dapat dipertanggungjawabkan, maka diperlukan ketentuan langkah-langkah yang harus dilakukan untuk pengujian dan analisis data terhadap sistem.

3.4.1.1. Pengujian Pemrograman Alat

Mikrokontroler ATMega16 memanfaatkan bahasa program C sebagai bahasa yang mudah dipahami oleh manusia dan mesin. Pengujian pemrograman alat bertujuan untuk mengetahui bahwa alat tersebut siap untuk dilakukan proses pengujian baik dari segi *software* maupun *hardware*. Oleh sebab itu dibutuhkan pengujian terhadap program yang dibuat. Adapun tabel pengujiannya dapat dilihat pada tabel 3.1. berikut.

Tabel 3.1. Pengujian Pemrograman Alat

Jenis Pengujian Program	Keterangan Sukses (✓)	Keterangan
<i>Compile Program</i>		
<i>Upload to Microcontroller</i>		
<i>System Standby</i>		

3.4.1.2. Pengujian Catu Daya

Catu daya merupakan seluruh sumber tenaga (daya) yang dibutuhkan oleh sistem pada alat untuk melakukan proses kerja. Pengujian tegangan pada catu daya dilakukan untuk mengetahui seberapa besar nilai tegangan yang masuk dan keluar pada alat. Adapun tabel pengujiannya dapat dilihat pada tabel 3.2. berikut.

Tabel 3.2. Pengujian Catu Daya

No.	Pengujian	Kriteria Pengujian	Hasil Pengujian
1.	<i>Input</i> Sumber PLN	... V _{AC}	... V _{AC}
2.	<i>Output Power Supply</i>	... V _{DC}	... V _{DC}
3.	<i>Input</i> Mikrokontroler	... V _{DC}	... V _{DC}

3.4.1.3. Pengujian Peralatan *Input*

Pengujian peralatan *input* ini dilakukan untuk mengetahui nilai yang dihasilkan oleh alat tersebut. Pengujian peralatan *input* pada alat ini meliputi pengujian pada sensor suhu, sensor kelembaban serta sensor kadar air.

3.4.1.4. Pengujian Sensor Suhu

Pengujian tegangan sensor suhu dilakukan pada perbedaan tegangan yang di dapat dengan hasil pengukuran pada sensor suhu tersebut dengan perbandingan terhadap alat ukur serta teori. Dalam kondisi semula, hingga pada saat proses kerja alat sedang berlangsung. Proses kalibrasi dapat dilihat pada lampiran 3. Untuk mendapatkan nilai yang diinginkan. Dengan ketentuan *range* suhu sebesar 205° karena sensor LM35 dapat mendeteksi suhu dari -55° sampai dengan +105° sehingga di dapat nilai *range* tersebut sebesar 205°. Sedangkan batas tegangan yang dapat diterima sensor ini sebesar 5v karena merupakan tegangan dari

mikrokontroler. Sensor LM35 bekerja dengan mengubah besaran suhu menjadi besaran tegangan. Tegangan ideal yang keluar dari LM35 mempunyai perbandingan 100°C setara dengan 1 volt. Sensor ini mempunyai pemanasan diri (*self heating*) kurang dari $0,1^{\circ}\text{C}$, dapat dioperasikan dengan menggunakan *power supply* tunggal dan dapat dihubungkan antar muka (*interface*) rangkaian control yang sangat mudah. Secara prinsip sensor akan melakukan penginderaan pada saat perubahan suhu setiap suhu 1°C akan menunjukkan tegangan sebesar 10mV. Sehingga, perhitungan secara teori dapat di tentukan berdasarkan tegangan ideal yang keluar dari LM35 tersebut, yaitu 100°C yang setara dengan 1 volt. Berikut adalah tabel pengujian sensor suhu pada tabel 3.3.

Tabel 3.3. Pengukuran Tegangan Sensor Suhu

No.	Suhu	Tegangan Terukur AVOMeter	
		Setelah Penguatan	Sebelum Penguatan
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			

3.4.1.5. Pengujian Sensor Kelembaban

Pengujian sensor kelembaban dilakukan untuk mengetahui nilai kelembaban yang didapat dari dalam pengering sehingga dideteksi oleh sensor DHT22 untuk mengukur kelembaban ruang. Proses kalibrasi dapat dilihat pada lampiran 4. Sesuai dengan hasil pengukuran pada sensor kelembaban tersebut yaitu dalam kondisi semula, hingga pada saat proses kerja alat sedang berlangsung. Untuk mendapatkan

nilai yang diinginkan pengujian dilakukan dengan mengukur tegangan dan menganalisis nilai kelembaban yang terukur oleh sensor DHT22. Berikut adalah tabel pengujian sensor kelembaban pada tabel 3.4.

Tabel 3.4. Pengukuran Tegangan Sensor Kelembaban

No.	Kelembaban	Tegangan		Keterangan
		Terukur AVO meter		
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				

3.4.1.6. Pengujian Sensor Kadar Air (*Moisture Sensor*)

Pengujian sensor kadar air atau *moisture* sensor ini dilakukan untuk mengukur tegangan dari sensor tersebut. Nilai yang terdeteksi oleh sensor juga terpampang di LCD. Pengujian tegangan dilakukan untuk mengetahui nilai tegangan pada sensor pada saat beroperasi dan nilai kadar air gabah yang didapat dari dalam pengering. Sehingga dapat di analisa hasil yang terlihat. Proses kalibrasi dapat dilihat pada lampiran 5. Berikut adalah tabel pengujian sensor kadar air pada tabel 3.5.

Tabel 3.5. Pengukuran Tegangan Sensor Kadar Air

No.	Kadar Air	Tegangan Hasil Pengujian		
		Nilai Digital (ADC)	Tegangan Terhitung	Terukur AVO meter
1.				
2.				
3.				
4.				

3.4.1.7. Pengujian Peralatan *Output*

Pada pengujian peralatan *output* terdiri dari *buzzer*, motor DC, *heater* dan *blower*. Pengujian yang dilakukan untuk mengukur besar tegangan pada setiap titik peralatan *output* yang diuji. Pengujian ini menggunakan alat ukur AVOMeter. Tabel pegujian peralatan *output* dapat dilihat pada tabel 3.6. dibawah ini.

Tabel 3.6. Pengujian Tegangan Komponen Output

No.	Komponen	Tegangan (Volt)		Keterangan
		OFF	ON	
1.	<i>Heater</i>			
2.	<i>Fan/ Blower</i>			
3.	<i>Buzzer</i>			
4.	Motor DC			

3.4.1.8. Pengujian Pengeringan Gabah

Pada pengujian pengeringan gabah dilakukan dengan menganalisa durasi pengeringan, besar nilai suhu, kelembaban semula hingga akhir serta bobot sebelum gabah dikeringkan sampai setelah dikeringkan. Berikut adalah tabel pengujian pengeringan gabah pada tabel 3.7.

Tabel 3.7. Pengujian Pengeringan Gabah

No.	Waktu (Menit)	Suhu (°C)	Kadar Air Gabah (%)	Kelembaban Ruang Pengereng (%)
1.				
2.				
3.				
4.				

3.5 Teknik Analisis Data

Teknik analisis data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan teknik analisis data kuantitatif, dimana data-data yang diperoleh dari hasil penelitian, pengujian, dan pengukuran tidak dapat ditabulasi maupun diklarifikasi. Tetapi, dengan menggunakan berbagai data sekunder yang diperoleh dari proses penelitian dapat dilakukan analisa sehingga didapatkan kesimpulan dari penelitian yang dilakukan.

Penulis menganalisa data menggunakan alat ukur yang ada dan sesuai kemudian diperoleh lah nilai dari hasil penelitian, pengujian, dan pengukuran. Setelah nilai diperoleh dari proses penelitian tersebut, penulis melakukan analisa, sehingga dapat penulis tuangkan ke dalam laporan dan memberikan kesimpulan berdasarkan data yang telah diperoleh.

BAB IV

HASIL PENELITIAN

4.1. Deskripsi Hasil Penelitian

Pengujian dari *prototype* pengering gabah otomatis berbasis mikrokontroler ATmega16 dilakukan untuk mengetahui keberhasilan penelitian dalam pembuatan perangkat beserta sistemnya, kemudian pengujian juga dilakukan untuk mengetahui hasil dari pembuatan alat yang telah disesuaikan dengan *design* beserta sistem yang telah dibuat. Pengujian yang dilakukan mencakup pengujian program, pengujian catu daya, pengujian perangkat *input* berupa sensor suhu LM35, sensor kelembaban DHT22 dan sensor kadar air (*moisture sensor*), pengujian *output* berupa *heater*, kipas / *fan*, *buzzer* serta pengujian Motor DC. Kemudian yang terakhir adalah pengujian bahan yang dikeringkan berupa gabah dengan pengujian berupa durasi serta perbandingan sebelum dan sesudah dikeringkan di dalam alat pengering.

4.1.1. Software

Penulis menggunakan aplikasi *CodeVision AVR* dengan bahasa C karena pada dasarnya *prototype* dibuat dengan tujuan otomasi yang diharuskan menggunakan mikrokontroler dengan IC ATmega 16 sebagai mikrokontrolernya agar perangkat dapat diatur sedemikian rupa berdampingan dengan program yang dibuat agar dapat berjalan secara otomatis. Data pemrograman yang penulis unggah kedalam IC mikrokontroler ATmega 16 yang dapat dilihat pada lampiran 12.

4.1.2. *Hardware*

Perangkat keras (*hardware*) dibuat dengan *stainless steel* yang sesuai dengan desain berbentuk tabung yang berukuran diameter 20cm x tinggi 25cm dengan aluminium sebagai tiang penyangga pada alat pengering. Serta dengan box berbahan PVC sebagai kotak mikrokontroler lengkap dengan LCD serta lampu LED dan tombol kontrolnya (*push button*).

Penulis meletakkan sensor suhu LM35 dibagian sisi pengering dekat dengan *heater* sebagai pemantau suhu pemanas, dapat dilihat pada lampiran 6. *Moisture* sensor sebagai pendeteksi kadar air gabah dibagian dalam alat pengering (lebih tepatnya bagian dalam pada sisi tabung) dapat dilihat pada lampiran 7 dan sensor kelembaban DHT22 pada bagian atas pengering yang terletak dekat dengan *fan* atau kipas sebagai pembuang udara (*exhaust*) dapat dilihat pada lampiran 8. Motor DC diletakkan pada bagian bawah sebagai penggerak pada pengaduk yang telah dimodifikasi berbentuk *spiral* atau *drill*. Berikut ini adalah tampilan *hardware* alat pengering gabah otomatis berbasis mikrokontroler ATmega 16. Desain alat dapat dilihat pada gambar 4.1. dan 4.2.



Gambar 4.1. *Prototype* Pengering Gabah Otomatis

Sumber : Dokumentasi



Gambar 4.2. Prototype Pengering Gabah Otomatis
Sumber : Dokumentasi

4.1.3. Pengujian Pemrograman Alat

Hasil pengujian pemrograman atau *software* pada alat ini merupakan hasil pengujian yang telah dilakukan pada bahasa pemrograman yaitu bahasa C dan pengujian *software CodeVision AVR*. Bahasa program yang telah dibuat akan dikompilasi melalui layanan yang tersedia pada *software CodeVision AVR*. Jika kompilasi sukses, hal tersebut menandakan bahwa bahasa program yang dibuat telah dimengerti oleh mikrokontroler.

Langkah selanjutnya, bahasa program dikirim atau di unggah (*upload*) ke dalam mikrokontroler. Setelah melakukan pengujian *software* yaitu *upload* program ke mikrokontroler, selanjutnya dengan melakukan pengujian terhadap *hardware* serta komponen pendukung yang dibutuhkan pada *prototype*. Dimana sistem akan *standby* atau siap untuk dioperasikan, pertanda bahwa alat siap untuk beroperasi. Untuk hasil pengujian pemrograman alat dapat dilihat pada tabel 4.1 berikut

Tabel 4.1. Hasil Pengujian Pemrograman Alat


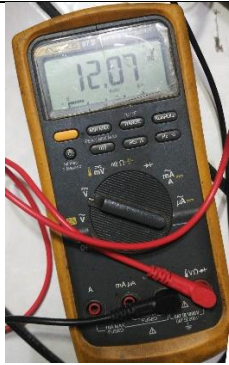

Jenis Pengujian Program	Keterangan Sukses (√)	Keterangan
<i>Compile Program</i>	√	Pembuatan Program Berhasil
<i>Upload to Microcontroller</i>	√	Unggah Program
<i>System Standby</i>	√	Program Berhasil Ter-Unggah Alat Siap Untuk Diuji

4.1.4. Pengujian Catu Daya

Catu daya atau *power supply* merupakan suatu alat yang mampu menyuplai tegangan listrik secara langsung dari sumber tegangan listrik ke komponen-komponen listrik lainnya. Rangkaian catu daya memberikan sumber tenaga yang akan digunakan oleh rangkaian kendali utama pada *prototype* ini. Pada pengujian catu daya ini proses pengujian dilakukan dengan menghubungkan kabel power ke tegangan sumber PLN yang dimana ber kriteria tegangan $220V_{AC}$ lalu dilanjutkan dengan mengukur tegangan catu daya dari untuk mengetahui tegangan *output* dari sumber yang ber kriteria $12V_{DC}$.

Untuk sumber mikrokontroler harus ber kriteria $5V_{DC}$ agar IC dapat beroperasi dan sistem dapat berkerja. Selanjutnya dilakukan pengukuran dengan menggunakan AVOMeter. Sehingga terpampang nilai yang diperoleh, sehingga alat dapat terukur dari nilai yang diperoleh. Pengujian catu daya dilakukan bertujuan untuk memastikan bahwa catu daya dapat berkerja dengan baik. Untuk hasil pengujian catu daya dapat dilihat pada tabel 4.2 berikut.

Tabel 4.2. Hasil Pengujian Catu Daya

No.	Pengujian	Kriteria Pengujian	Hasil Pengujian	Keterangan Gambar
1.	<i>Input</i> Sumber PLN	220 V _{AC}	223.5 V _{AC}	
2.	<i>Output Power Supply</i>	12V _{DC}	12.07 V _{DC}	
3.	<i>Input</i> Mikrokontroler	5 V _{DC}	4.95 V _{DC}	

4.1.5. Pengujian Sensor Suhu

Pengujian sensor suhu dilakukan pada perbedaan tegangan yang di dapat dengan hasil pengukuran pada sensor suhu dengan perbandingan terhadap alat ukur serta

teori. Dalam kondisi semula, hingga pada saat proses kerja alat sedang berlangsung untuk mengetahui nilai tegangan dari temperatur yang diperoleh.

Untuk mengetahui nilai tegangan yang di inginkan secara teori, dapat ditentukan berdasarkan persamaan yang telah dijabarkan pada bab sebelumnya. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengukur besaran tegangan dari kenaikan suhu yang ada. Hasil pengujian sensor suhu dapat dilihat di tabel 4.3. berikut.

Tabel 4.3. Hasil Pengujian Tegangan Sensor Suhu

No.	Suhu	Suhu Terukur Termometer	Nilai Error	Tegangan Terukur AVOMeter	
				Setelah Penguatan	Sebelum Penguatan
1.	31.3°C	31.3°C	0°C	0.97 V _{DC}	0.313 V _{DC}
2.	32.3°C	32.0°C	0.3°C	1.00 V _{DC}	0.323 V _{DC}
3.	33.3°C	32.9°C	0.4°C	1.03 V _{DC}	0.333 V _{DC}
4.	34.3°C	34.1°C	0.2°C	1.06 V _{DC}	0.343 V _{DC}
5.	35.3°C	35.3°C	0°C	1.09 V _{DC}	0.353 V _{DC}
6.	36.3°C	36.3°C	0°C	1.12 V _{DC}	0.363 V _{DC}
7.	37.3°C	37.1°C	0.2°C	1.15 V _{DC}	0.373 V _{DC}
8.	38.3°C	38.5°C	0.2°C	1.18 V _{DC}	0.383 V _{DC}
9.	39.3°C	39.2°C	0.1°C	1.21 V _{DC}	0.393 V _{DC}
10.	40.3°C	40.4°C	0.1°C	1.24 V _{DC}	0.403 V _{DC}
11.	41.3°C	41.0°C	0.3°C	1.27 V _{DC}	0.413 V _{DC}
12.	42.3°C	42.4°C	0.1°C	1.30 V _{DC}	0.423 V _{DC}
13.	43.3°C	43.2°C	0.1°C	1.33 V _{DC}	0.433 V _{DC}
14.	44.3°C	44.1°C	0.2°C	1.36 V _{DC}	0.443 V _{DC}

Tabel 4.3. (Lanjutan)

15.	45.3°C	44.9°C	0.4°C	1.40 V _{DC}	0.453 V _{DC}
16.	46.3°C	46.5°C	0.2°C	1.43 V _{DC}	0.463 V _{DC}
17.	47.3°C	47.1°C	0.2°C	1.46 V _{DC}	0.473 V _{DC}
18.	48.3°C	48.3°C	0°C	1.49 V _{DC}	0.483 V _{DC}
19.	49.3°C	49.2°C	0.1°C	1.52 V _{DC}	0.493 V _{DC}
20.	50.3°C	50.1°C	0.2°C	1.55 V _{DC}	0.503 V _{DC}
21.	51.3°C	50.8°C	0.5°C	1.58 V _{DC}	0.513 V _{DC}
22.	52.3°C	52.1°C	0.2°C	1.61 V _{DC}	0.523 V _{DC}
23.	53.3°C	53.2°C	0.1°C	1.64 V _{DC}	0.533 V _{DC}
24.	54.3°C	53.9°C	0.4°C	1.67 V _{DC}	0.543 V _{DC}
25.	55.3°C	55.4°C	0.1°C	1.70 V _{DC}	0.553 V _{DC}
26.	56.3°C	56.1°C	0.2°C	1.73 V _{DC}	0.563 V _{DC}
27.	57.3°C	57.3°C	0°C	1.76 V _{DC}	0.573 V _{DC}
28.	58.3°C	58.2°C	0.1°C	1.79 V _{DC}	0.583 V _{DC}
Error rata-rata			0.175°C		

Pengujian sensor suhu yang dilakukan adalah dengan mengukur nilai tegangan dengan AVOMeter sehingga diperoleh nilai tegangan tersebut. Berdasarkan pengujian tersebut dapat penulis analisa bahwa tegangan terukur mengalami kenaikan sebesar 3,08x karena adanya rangkaian penguat (op-amp) yang diperkuat

oleh IC LM358. Penguatan dilakukan agar sensor suhu dapat menyesuaikan dengan IC mikrokontroler yang digunakan yaitu ATmega16. Nilai tegangan dari LM35 mempunyai perbandingan 100°C setara dengan 1 volt, sehingga sensor melakukan penginderaan pada saat perubahan suhu setiap 1°C dengan tegangan sebesar 10mV. Penulis juga menguji pada bagian *input* LM358 terbukti nilai sebelum penguatan dilakukan yaitu setiap 1°C dengan tegangan sebesar 10mV. Sehingga LM358 pada rangkaian ini digunakan untuk menjaga tegangan dari sensor LM35 ini agar mencapai batas maksimum tegangan dan digunakan untuk mengatur tegangan LM35 agar dapat stabil pada rangkaian mikrokontroler yang digunakan dan sesuai dengan kinerja kriteria alat. Hasil pengujian tegangan dapat dilihat pada gambar 4.3 dan 4.4.



Gambar 4.3. Pengujian Tegangan Sensor Suhu
Sumber : Dokumentasi




Gambar 4.4. Pengujian Tegangan Sensor Suhu
Sumber : Dokumentasi

4.1.6. Pengujian Sensor Kelembaban

Pengujian sensor kelembaban dilakukan untuk mengetahui nilai kelembaban yang didapat dari dalam pengering sehingga dideteksi oleh sensor DHT22 untuk mengukur kelembaban ruang pada alat pengering. Sesuai dengan hasil pengukuran pada sensor kelembaban tersebut yaitu dalam kondisi semula, hingga pada saat proses kerja alat sedang berlangsung. Untuk mendapatkan nilai yang diinginkan pengujian dilakukan dengan mengukur tegangan yang terdapat pada komponen pada saat beroperasi. Sehingga dapat diketahui berapa besar tegangan yang diperoleh dari sensor tersebut. Berikut adalah tabel pengujian tegangan sensor kelembaban pada tabel 4.4.

Tabel 4.4. Hasil Pengujian Tegangan Sensor Kelembaban

No.	Kelembaban	Tegangan	
		Terukur AVOMeter	Keterangan Gambar
1.	67.2%	4.92 V _{DC}	
2.	66.2%		
3.	65.2%		
4.	64.2%		
5.	63.2%		
6.	62.2%		
7.	61.2%		
8.	60.2%		
9.	59.2%		
10.	58.2%		

Pengujian tegangan sensor kelembaban DHT22 dilakukan dengan mengukur tegangan menggunakan AVOMeter. Sehingga dapat diperoleh nilai tegangan tersebut. Nilai tegangan yang diperoleh memiliki nilai konstan yaitu $4,92V_{DC}$ yang dimana sesuai dengan tegangan mikrokontroler. Karena keluaran data DHT22 tersebut berupa digital sehingga tidak memerlukan lagi proses konversi dari sinyal analog. Sehingga nilai tegangan yang diperoleh bernilai konstan.

DHT22 itu sendiri mempunyai nilai koefisien kalibrasi yang disimpan dalam jenis program dalam memori OTP, ketika sensor mendeteksi, sensor akan mengutip nilai koefisien dari memori. Ketika mikrokontroler selesai mengirim data awal, DHT22 akan mengirim respon data 40-bit yang mencerminkan kelembaban relatif dan suhu ke mikrokontroler (berdasarkan *datasheet*). Karena elemen pengindraannya harus terkoneksi dengan 8-bit *single-chip* komputer. Maka pada alat ini yg digunakan adalah IC ATmega16. Hasil pengujian dengan alat ukur kelembaban dapat dilihat pada tabel 4.5.

Tabel 4.5. Hasil Pengujian Sensor Kelembaban

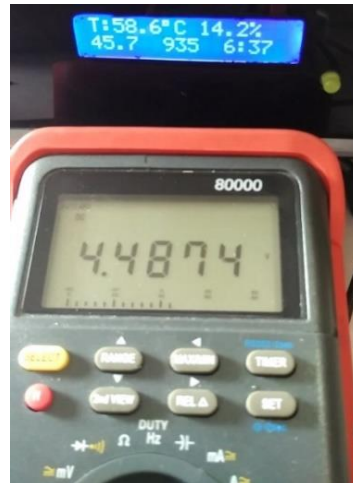
No.	Kelembaban		Keterangan
	Sensor	Higrometer	
1.	67.2%	67%	Kelembaban yang ditampilkan sensor sesuai dengan kelembaban pada higrometer, memiliki nilai error 0.2%
2.	58.2%	58%	Kelembaban yang ditampilkan sensor sesuai dengan kelembaban pada higrometer, memiliki nilai error 0.2%

4.1.7. Pengujian Sensor Kadar Air (*Moisture Sensor*)

Pengujian sensor kadar air atau *moisture* sensor ini dilakukan untuk mengukur tegangan dari sensor tersebut. Nilai yang terdeteksi oleh sensor juga terpampang di LCD. Pengujian dilakukan dengan menggunakan AVOMeter yang dihubungkan dengan pin-pin pada perangkat sensor kadar air atau *moisture* meter. Pengujian tegangan sensor dilakukan untuk mengetahui nilai tegangan yang terdapat pada sensor pada saat beroperasi dan nilai kadar air gabah yang didapat dari dalam pengering. Sesuai dengan hasil pengukuran pada sensor kadar air gabah tersebut dapat dilihat pada tabel 4.6. dan gambar 4.5.

Tabel 4.6. Hasil Pengujian Tegangan *Moisture Sensor*

No.	Kadar Air	Tegangan Hasil Pengujian		
		Nilai Digital (ADC)	Tegangan Terhitung	Terukur AVOMeter
1.	25.2%	856	4.13 V _{DC}	4.11 V _{DC}
2.	24.2%	860	4.15 V _{DC}	4.13 V _{DC}
3.	23.2%	866	4.18 V _{DC}	4.16 V _{DC}
4.	22.2%	875	4.22 V _{DC}	4.20 V _{DC}
5.	21.2%	883	4.26 V _{DC}	4.24 V _{DC}
6.	20.2%	891	4.30 V _{DC}	4.28 V _{DC}
7.	19.2%	898	4.34 V _{DC}	4.31 V _{DC}
8.	18.2%	905	4.37 V _{DC}	4.35 V _{DC}
9.	17.2%	913	4.41 V _{DC}	4.38 V _{DC}
10.	16.2%	920	4.44 V _{DC}	4.41 V _{DC}
11.	15.2%	927	4.48 V _{DC}	4.45 V _{DC}
12.	14.2%	935	4.51 V _{DC}	4.48 V _{DC}



Gambar 4.5. Pengujian Tegangan *Moisture* Sensor
Sumber : Dokumentasi

Pengujian sensor yang dilakukan adalah dengan mengukur nilai tegangan dengan AVOMeter sehingga diperoleh nilai tegangan tersebut. Berdasarkan pengujian tersebut dapat penulis analisa bahwa tegangan terhitung memiliki selisih nilai 0,02-0,03V dari tegangan yang terukur menggunakan AVOMeter. Tegangan terhitung menggunakan rumus yang dijabarkan pada bab sebelumnya (2.2).

Sehingga pada kasus ini menjadi

$$V_{ADC} = \frac{NILAI\ DIGITAL}{1024} \times V_{REF} \quad (4.1)$$

Dimana pada kasus ini, V ADC merupakan nilai tegangan yang terhitung berdasarkan rumus tersebut. Sedangkan V REF merupakan tegangan referensi yaitu tegangan mikrokontroler yaitu 5V (pada kasus ini V REF yang digunakan bernilai 4,95V karena terukur pada tegangan mikrokontroler pada pengujian sebelumnya). Sehingga didapatkan nilai tegangan terhitung dengan rumus tersebut.

Adapun pengujian sensor kadar air dengan alat ukurnya yaitu moisturemeter dapat dilihat pada tabel 4.7.





Tabel 4.7. Hasil Pengujian *Moisture Sensor*

No.	Kadar Air		Keterangan
	Sensor	Moisturemeter	
1.	25.2%	25%	Kadar air yang ditampilkan sensor sesuai dengan kadar air pada moisturemeter, memiliki nilai error 0.2%
2.	14.2%	14%	Kadar air yang ditampilkan sensor sesuai dengan kadar air pada moisturemeter, memiliki nilai error 0.2%

4.1.8. Pengujian Tegangan Komponen *Output*

Pengujian tegangan komponen output yang terdiri dari *heater*, kipas atau *exhaust*, *buzzer* dan motor dc. Pengujian dilakukan untuk mengetahui nilai tegangan yang diperoleh pada saat kondisi masing-masing komponen (*OFF*) dan pada saat kondisi masing-masing komponen hidup (*ON*), pengukuran dilakukan dengan cara mengukur tegangan pada masing-masing komponen yang ada menggunakan AVOMeter. Untuk lebih jelasnya lagi hasil dari pengujian tegangan *output heater*, *blower* dan *buzzer* bisa dilihat pada tabel 4.8.

Tabel 4.8. Hasil Pengujian Tegangan Komponen Output

No.	Komponen	Tegangan (Volt)		Keterangan Gambar
		OFF	ON	
1.	Heater	0	220.5 V _{AC}	
2..	Kipas / Fan	0	13.04 V _{DC}	
3.	Buzzer	0	4.92 V _{DC}	
4.	Motor DC	0	22.64 V _{DC}	

4.1.9. Pengujian Pengeringan Gabah

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui lamanya waktu pengeringan gabah di dalam alat pengering dengan kinerja alat yaitu menghantarkan energi panas dari *heater* ke lingkungan sistem pengering sampai batas suhu 60°C. Suhu dibawah 60°C guna mempertahankan mutu gabah yang meliputi kandungan nutrisi, warna, bahan-bahan aktif volatil, dan vitamin. Mutu dapat terjaga selama suhu proses pengeringan tidak tinggi (Bonazzi, 1997:141).

Kemudian pengujian dilakukan dengan menghitung waktu yang diperlukan alat pengering untuk mengeringkan gabah yang telah dimasukkan ke dalam alat pengering. Dengan pengukuran waktu serta perubahan bobot gabah semula sampai mencapai titik berhentinya yaitu 14%. Hasil dari pengujian waktu yang diperlukan untuk mengeringkan gabah di dalam pengering dapat dilihat pada tabel 4.9, 4.10, dan 4.11. Untuk tampilan pada LCD dapat dilihat pada lampiran 9, 10, dan 11.

Tabel 4.9. Hasil Pengujian Pengeringan Gabah 29 Menit

No.	Waktu (Menit)	Suhu (°C)	Kadar Air Gabah (%)	Kelembaban Ruang Pengering (%)
1.	0	31.1 °C	25.3%	70.4%
2.	1	38.8 °C	26.3%	68.0%
3.	2	44.1 °C	28.1%	66.5%
4.	3	48.3 °C	24.7%	65.8%
5.	4	51.6 °C	27.9%	64.5%
6.	5	52.6 °C	28.0%	63.5%
7.	6	53.7 °C	29.0%	62.1%
8.	7	54.8 °C	27.2%	63.6%

Tabel 4.9. (Lanjutan)

9.	8	55.1 °C	28.4%	62.5%
10.	9	55.4 °C	26.1%	62.1%
11.	10	55.8 °C	25.8%	61.2%
12.	11	56.0 °C	26.9%	60.7%
13.	12	56.1 °C	24.8%	61.6%
14.	13	56.3 °C	26.5%	61.5%
15.	14	56.6 °C	25.0%	61.0%
16.	15	56.7 °C	24.3%	61.2%
17.	16	56.8 °C	25.0%	61.4%
18.	17	56.8 °C	22.8%	61.3%
19.	18	57.0 °C	23.5%	61.0%
20.	19	57.3 °C	21.8%	60.9%
21.	20	57.3 °C	23.7%	60.8%
22.	21	57.5 °C	18.4%	59.9%
23.	22	57.7 °C	19.3%	58.4%
24.	23	57.7 °C	17.3%	59.4%
25.	24	57.9 °C	15.7%	59.8%
26.	25	58.0 °C	16.7%	59.6%
27.	26	58.0 °C	14.8%	58.5%
28.	27	58.1 °C	15.1%	58.0%
29.	28	58.3 °C	14.0%	57.4%
30.	29	58.5 °C	13.3%	58.0%

Tabel 4.10. Hasil Pengujian Pengeringan Gabah 27 Menit

No.	Waktu (Menit)	Suhu (°C)	Kadar Air Gabah (%)	Kelembaban Ruang Pengering (%)
1.	0	31.2 °C	24.3 %	69.2%
2.	1	37.4 °C	26.1 %	68.6%
3.	2	44.8 °C	25.3 %	67.4%
4.	3	47.7 °C	28.3 %	67.3%
5.	4	50.3 °C	29.2 %	66.9%
6.	5	52.1 °C	28.3 %	62.5%
7.	6	53.7 °C	29.0 %	63.1%
8.	7	54.5 °C	25.7 %	63.1%
9.	8	55.6 °C	27.2 %	62.5%
10.	9	56.1 °C	26.4 %	62.1%
11.	10	56.4 °C	25.4 %	62.0%
12.	11	56.8 °C	26.1 %	60.8%
13.	12	57.0 °C	22.3 %	61.6%
14.	13	57.2 °C	24.0 %	61.5%
15.	14	57.3 °C	25.0 %	61.2%
16.	15	57.3 °C	23.1 %	60.5%
17.	16	57.4 °C	20.0 %	59.2%
18.	17	57.5 °C	21.9 %	62.4%
19.	18	57.6 °C	22.8 %	61.0%

Tabel 4.10. (Lanjutan)

20.	19	57.7 °C	19.8 %	60.7%
21.	20	57.8 °C	17.4 %	60.9%
22.	21	58.0 °C	16.6 %	59.3%
23.	22	58.0 °C	15.2 %	59.4%
24.	23	58.2 °C	16.6 %	59.9%
25.	24	58.3 °C	14.3 %	59.8%
26.	25	58.5 °C	15.6 %	59.4%
27.	26	58.5 °C	14.7 %	58.0%
28.	27	58.6 °C	12.4 %	57.7%

Tabel 4.11. Hasil Pengujian Pengeringan Gabah 31 Menit

No.	Waktu (Menit)	Suhu (°C)	Kadar Air Gabah (%)	Kelembaban Ruang Pengering (%)
1.	0	31.1 °C	26.3%	71.9%
2.	1	37.9 °C	27.6%	67.2%
3.	2	43.7 °C	30.4%	67.7%
4.	3	47.3 °C	34.5%	66.4%
5.	4	49.6 °C	32.8%	65.8%
6.	5	51.4 °C	29.6%	64.5%
7.	6	52.5 °C	32.4%	62.5%
8.	7	53.6 °C	31.4%	63.1%

Tabel 4.11. (Lanjutan)

9.	8	54.3 °C	27.2%	63.1%
10.	9	55.0 °C	28.6%	62.1%
11.	10	55.4 °C	26.4%	62.1%
12.	11	55.7 °C	28.8%	62.2%
13.	12	56.0 °C	27.2%	60.8%
14.	13	56.0 °C	23.8%	61.6%
15.	14	56.2 °C	27.6%	61.6%
16.	15	56.6 °C	28.6%	61.2%
17.	16	56.7 °C	24.0%	60.7%
18.	17	56.7 °C	25.8%	56.2%
19.	18	56.7 °C	26.0%	61.0%
20.	19	56.8 °C	24.8%	61.0%
21.	20	57.2 °C	26.0%	60.7%
22.	21	57.4 °C	28.1%	61.0%
23.	22	57.4 °C	24.9%	59.3%
24.	23	57.5 °C	23.4%	60.4%
25.	24	57.6 °C	20.6%	59.9%
26.	25	57.9 °C	18.5%	59.8%
27.	26	58.4 °C	18.4%	59.4%
28.	27	58.4 °C	16.8%	58.3%
29.	28	58.5 °C	15.8%	59.5%
30.	29	58.5 °C	14.5%	58.5%
31.	30	58.5 °C	13.2%	58.6%
32.	31	58.5 °C	12.4%	57.8%

Dari pengujian yang telah dilakukan dapat diperoleh bahwa gabah dapat dikeringkan dengan durasi 29 menit, 27 menit, dan 31 menit. Rata-rata durasi dari ketiga pengujian yang dilakukan yaitu 29 menit.

Pada pengujian pertama dan ketiga dalam rentang suhu 31.1 °C sampai dengan 58.5 °C dan pada percobaan kedua yaitu 31.2 °C sampai dengan 58.6 °C. Rata-rata suhu yang diperoleh dari percobaan pertama yaitu 54.34 °C, percobaan kedua 54.33°C dan percobaan ketiga yaitu 53.25 °C. Rata-rata dari ketiga percobaan yaitu 53.98 °C.

Pengujian yang penulis lakukan adalah dengan batas suhu 60 °C, jika suhu mencapai 60 °C maka pemanas akan mati dan turun sampai 55 °C, lalu jika mencapai 55 °C pemanas akan memanaskan kembali. Sehingga, suhu alat pengering dibatasi dalam rentang 55 °C sampai dengan 60 °C.

Pada pengujian yang dilakukan, nilai suhu rata-rata dari ketiga percobaan yang mendekati adalah 55 °C sehingga *error* suhu yang terjadi yaitu 1.02 °C. Jika dengan suhu 60 °C, maka nilai *error* adalah 6.02 °C. Nilai *error* (%) dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut

$$Error(\%) = \frac{Error}{Data Perhitungan} \times 100\% \quad (4.2)$$



Sehingga dapat dihitung dengan rumus (4.2) diatas nilai *error* (%) pada suhu 55°C yaitu sebesar 1.85% dan pada suhu 60 °C adalah 10.03%. *Error* yang terjadi dapat dipengaruhi berbagai faktor, diantaranya yaitu suhu mula-mula pada pengering, suhu pada penampang atau bahan pengering, suhu diluar atau keadaan diluar, karena posisi *heater* yang terletak pada bagian luar pengering dan adanya pengaruh dari dalam pengering ketika proses sedang berlangsung yaitu mengeringkan gabah yang memiliki kadar air.

Nilai kadar air gabah pada pengujian pertama yaitu 25.3% sampai dengan 13.3%, pada percobaan kedua yaitu 24.3% sampai dengan 12.4%, dan pada pengujian ketiga yaitu 26.2% sampai dengan 12.4%. Nilai rata-rata yang diperoleh dari ketiga percobaan yaitu 23.06%, dari nilai kadar air semula yang berkisar 25% sehingga *error* yang terjadi yaitu 1.94%. Kadar air yang terdeteksi oleh *moisture* sensor mengalami fluktuasi karena tiap bulir gabah memiliki nilai kadar air yang kemungkinan besar tidak seragam.

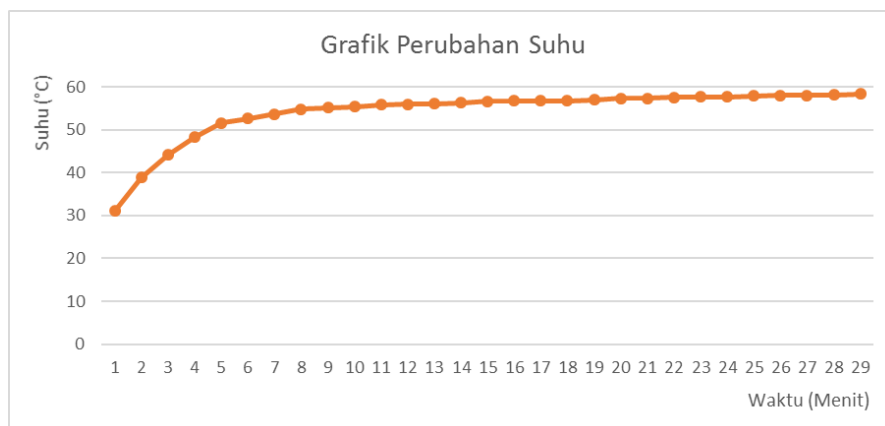
Hal ini dikarenakan oleh banyaknya bulir gabah yang kemudian diaduk oleh pengaduk yang memutar dan digerakkan oleh Motor DC. Sehingga memungkinkan untuk tidak meratanya akan pengukuran nilai kadar air gabah. Akan tetapi, nilai kadar air selama proses pengeringan berlangsung tidak akan jauh berbeda antara satu dengan lainnya karena pemanasan di sekitar alat pengering oleh *heater* serta adanya pengaduk.

Kemudian, nilai kelembaban ruang yang diperoleh pada percobaan pertama yaitu dalam rentang 70.4% sampai dengan 58.0%, pada percobaan kedua yaitu 69.2% sampai dengan 57.7%, dan pada percobaan ketiga yaitu 71.9% sampai dengan 57.8%. Nilai rata-rata yang diperoleh dari ketiga percobaan yaitu 61.08%. Hal ini membuktikan bahwa terjadinya kondisi di dalam tabung mengalami pengeringan yang diakibatkan *heater* karena pemanasan. Dari hasil pengujian ini bobot akhir diperoleh sebesar 2.9kg (3.4% pengurangan) dari bobot semula yaitu 3kg.

Tabel 4.12. Hasil Pengujian Pengeringan Gabah

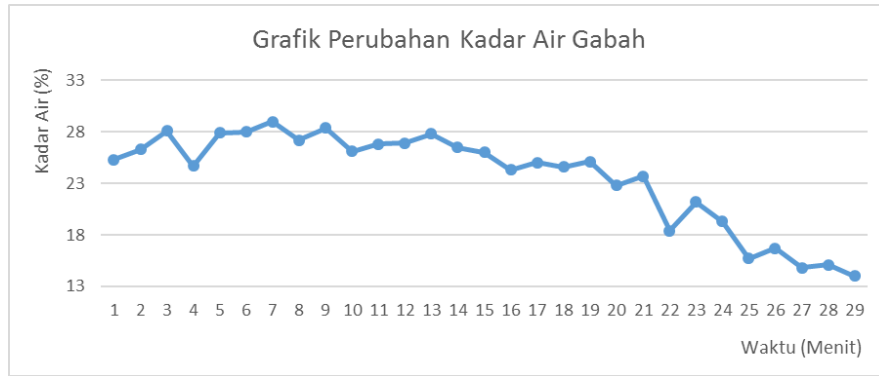
Bobot	
Sebelum Dikeringkan	Setelah Dikeringkan
	

Untuk grafik perubahan suhu, kadar air dan kelembaban ruang terhadap waktu selama 29 menit dapat dilihat pada gambar 4.6., 4.7., dan 4.8. di bawah ini.

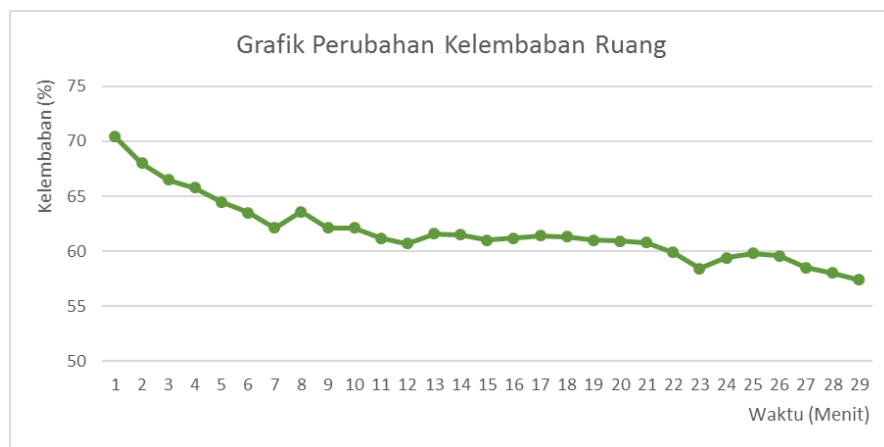


Gambar 4.6. Grafik Perubahan Suhu Terhadap Waktu 29 Menit

Sumber : Dokumentasi

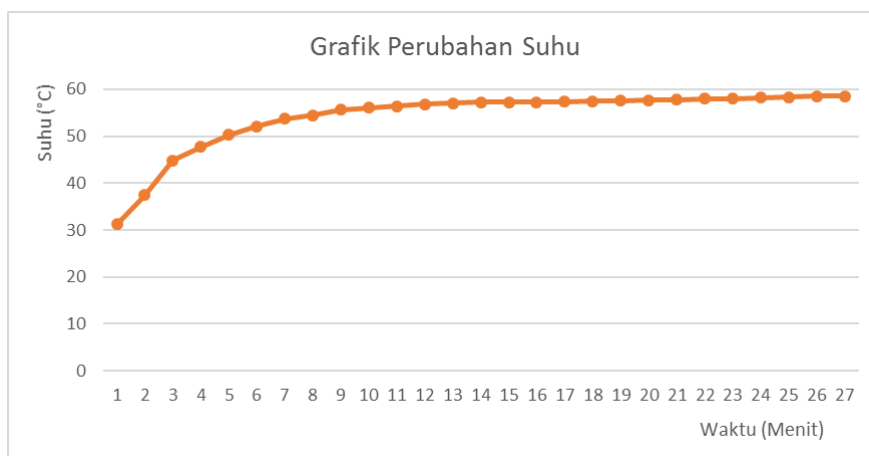


Gambar 4.7. Grafik Perubahan Kadar Air Gabah Terhadap Waktu 29 Menit
Sumber : Dokumentasi

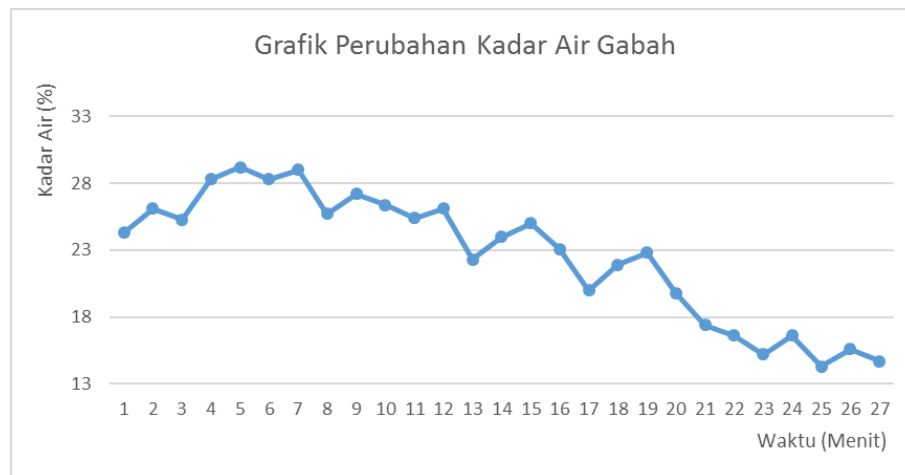


Gambar 4.8. Grafik Perubahan Kelembaban Terhadap Waktu 29 Menit
Sumber : Dokumentasi

Untuk grafik perubahan suhu, kadar air dan kelembaban ruang terhadap waktu selama 27 menit dapat dilihat pada gambar 4.9., 4.10., dan 4.11. di bawah ini.

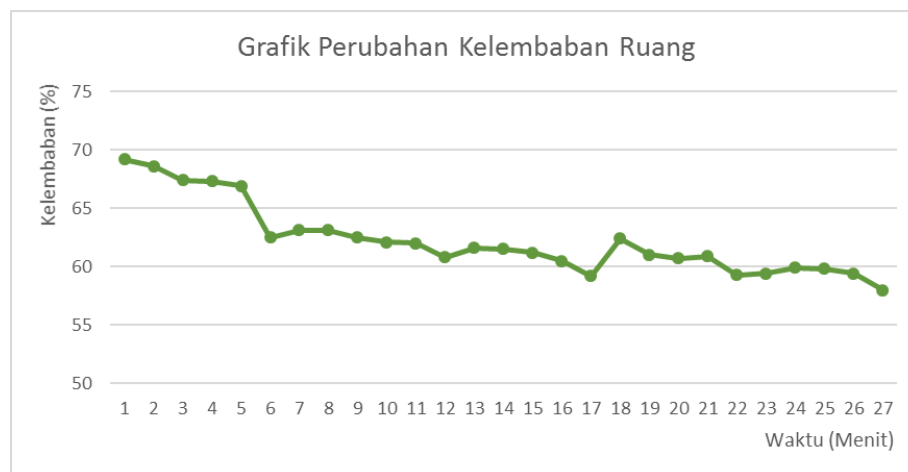


Gambar 4.9. Grafik Perubahan Suhu Terhadap Waktu 27 Menit
Sumber : Dokumentasi



Gambar 4.10. Perubahan Kadar Air Gabah Terhadap Waktu 27 Menit

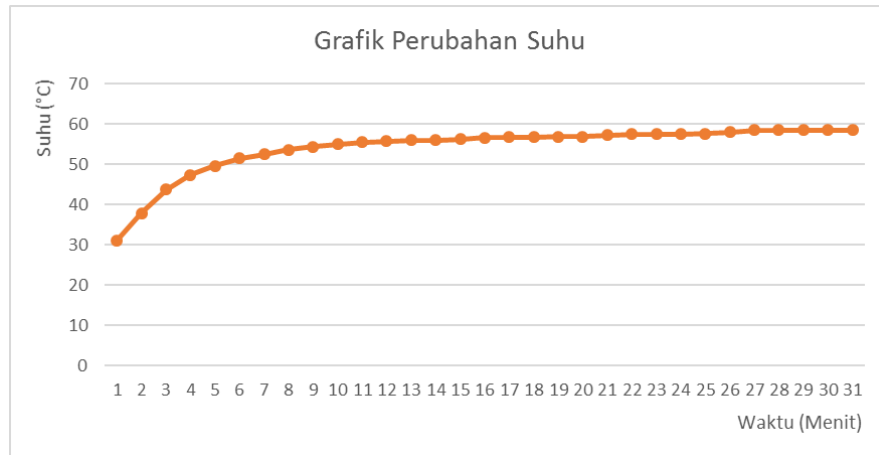
Sumber : Dokumentasi



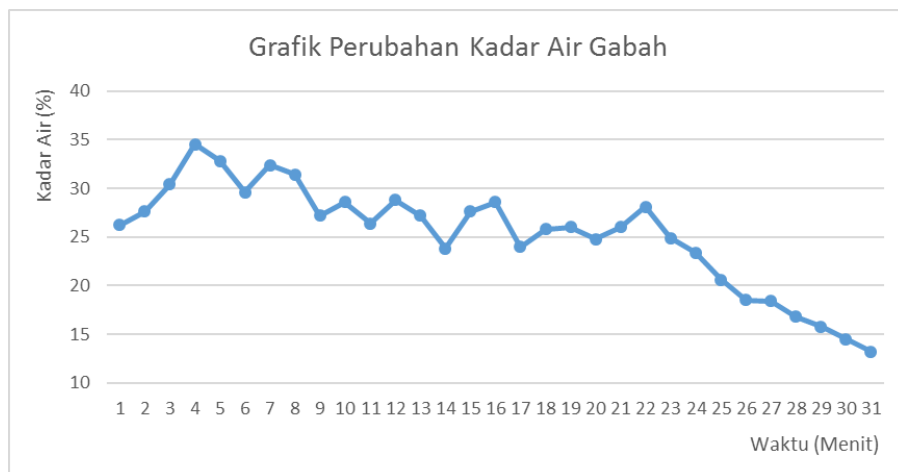
Gambar 4.11. Grafik Perubahan Kelembaban Terhadap Waktu 27 Menit

Sumber : Dokumentasi

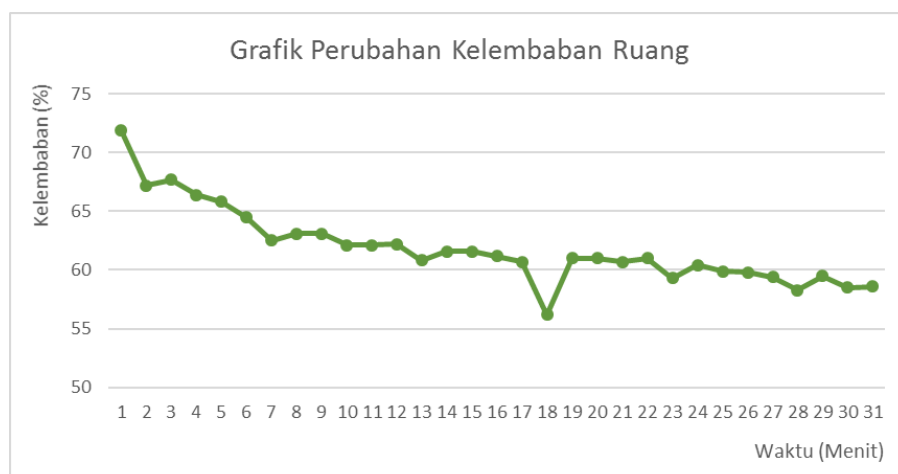
Untuk grafik perubahan suhu, kadar air dan kelembaban ruang terhadap waktu selama 31 menit dapat dilihat pada gambar 4.12., 4.13., dan 4.14. di bawah ini.



Gambar 4.12. Grafik Perubahan Suhu Terhadap Waktu 31 Menit
Sumber : Dokumentasi



Gambar 4.13. Perubahan Kadar Air Gabah Terhadap Waktu 31 Menit
Sumber : Dokumentasi



Gambar 4.14. Grafik Perubahan Kelembaban Terhadap Waktu 31 Menit
Sumber : Dokumentasi

4.1.10. Energi Yang Dibutuhkan Untuk Pengeringan

Energi untuk yang digunakan selama proses pengeringan untuk memanaskan bahan agar menguapkan kadar air pada bahan hingga mencapai kadar air yang diinginkan. Rumus yang digunakan adalah rumus yang dijabarkan pada bab sebelumnya (2.2)

Dimana : Q = Energi untuk memanaskan (KJ)

m = Berat bahan yang dikeringkan (3 kg)

C = Panas jenis gabah (1,850 kJ/ kg°C)

ΔT = Perubahan suhu (58,5°C – 31,1°C)

Sehingga : $Q = 3 \times 1,850 \times (58,5^\circ\text{C} - 31,1^\circ\text{C})$

$$Q = 3 \times 1,850 \times 27,4^\circ\text{C}$$

$$Q = 152,07 \text{ KJ}$$

Sehingga, energi yang dibutuhkan untuk pemanasan adalah sebesar 152,07 kJ

Sistem pengering ini menggunakan elemen panas (*heater*) sebagai sumber energi utama yaitu energi panas yang digunakan untuk mengeringkan objek di dalamnya yaitu gabah. Elemen panas yang digunakan yaitu di tempelkan ke tabung pengering sehingga terjadi perpindahan panas secara konveksi. Sebagaimana telah diketahui sebelumnya yaitu energi yang dibutuhkan untuk pemanasan, maka dapat ditentukan nilai koefisien perpindahan panas secara konveksi. Karena pemanasan ini bersifat konveksi maka, koefisien perpindahan panas secara konveksi dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut.

$$h = \frac{Q}{A \times \Delta T} \quad (4.2)$$

Dimana : Q = Energi (152,07 kJ)

h = koefisien perpindahan panas konveksi (W/cm²C)

A = Luas permukaan tabung ($2\pi r(r + t)$ cm²)

ΔT = Perubahan suhu (58,5°C – 31,1°C)

Sehingga : $h = \frac{Q}{A \times \Delta T}$

$$h = \frac{152,07}{2\pi r(r + t) \times 58,5^\circ\text{C} - 31,1^\circ\text{C}}$$

$$h = \frac{152,07}{2.3.14.10(10 + 25) \times 27,4^\circ\text{C}}$$

$$h = \frac{152,07}{2198 \times 27,4}$$

$$h = 0,0025$$

Sehingga, koefisien perpindahan panas secara konveksi adalah sebesar 0,0025 = 25 x 10⁻⁴ W/cm²C

4.2. Analisis Data Penelitian

Pada hasil pengujian alat baik secara *hardware* ataupun *software*, terdapat nilai dari tiap komponen untuk dianalisis. Pada bagian pemrograman alat (*software*) (lihat tabel 4.1.) program berhasil dibuat dan tidak terjadi kesalahan dalam penulisan bahasa pemrograman. Tidak terjadi kesalahan pada penulisan bahasa pemrograman diperlihatkan saat proses *build* program, yaitu tidak adanya informasi kesalahan/*error* pada kotak dialog informasi *CodeVision AVR*. Proses *compiler* program kedalam mikrokontroler juga tidak terjadi masalah.

Pengujian sensor suhu pada saat suhu terdeteksi 31.3°C terdapat tegangan 0.97V_{DC} setelah penguatan dan 0.313V_{DC} sebelum penguatan ketika diukur dengan AVOMeter. Pengukuran suhu tersebut sampai dengan 58.3°C dengan nilai ukur

tegangan sebesar $1.79V_{DC}$ setelah penguatan dan $0.583V_{DC}$ sebelum penguatan. Pengukuran yang dilakukan mengalami peningkatan tegangan sesuai dengan nilai suhunya. Hal ini diakibatkan karena sensor ini berbentuk dengan *range* tegangan yang berubah-ubah yaitu tiap perubahan $1^{\circ}C$ akan menghasilkan perubahan tegangan output sebesar $10mV$. Semakin tinggi suhu yang sensor terima, maka akan semakin kecil hambatan yang sensor keluarkan dan akan mengeluarkan tegangan output yang besar pula.

Pada pengujian sensor kelembaban Nilai tegangan yang diperoleh memiliki nilai konstan yaitu $4,92V_{DC}$ yang dimana sesuai dengan tegangan mikrokontroler. Karena keluaran data DHT22 tersebut berupa digital sehingga tidak memerlukan lagi proses konversi dari sinyal analog. Sehingga nilai tegangan yang diperoleh bernilai konstan. Pada pengujian sensor kadar air berdasarkan pengujian tersebut penulis menganalisa bahwa tegangan terhitung memiliki selisih nilai $0.02-0.03V$ dari tegangan yang terukur menggunakan AVOMeter.

Dari pengujian pengeringan gabah yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa gabah dapat dikeringkan dengan durasi 29 menit dalam rentan suhu $31.1^{\circ}C$ sampai dengan $58.5^{\circ}C$. Dengan kadar air semula 25.3% sampai dengan 13.3% . Akan tetapi, kadar air yang terdeteksi oleh *moisture* sensor mengalami fluktuasi karena banyaknya bulir gabah. Hal ini dikarenakan oleh pengaduk yang memutar, digerakkan oleh Motor DC. Sehingga memungkinkan untuk tidak meratanya akan pengukuran nilai kadar air gabah. Akan tetapi nilai kadar air tidak akan jauh berbeda antara satu dengan lainnya karena pemanasan di sekitar alat pengering serta adanya pengaduk.

Kemudian, nilai kelembaban ruang yang diperoleh yaitu dalam rentan 70.4% sampai dengan 58.0%. Hal ini membuktikan bahwa terjadinya kondisi di dalam alat mengalami pengeringan yang diakibatkan *heater* karena pemanasan. Kemudian, bobot dari hasil akhir pengujian diperoleh sebesar 2.9kg dari bobot semula yaitu 3kg.

4.3. Pembahasan

Adanya perubahan iklim dan cuaca menjadi kendala oleh para petani sejak dalam tahap penanaman hingga pasca panen. Kendala tersebut juga dirasakan oleh petani di Desa Marga Mulya, Kabupaten Karawang Barat khususnya dalam hal pengeringan gabah. Berdasarkan keterangan Ibu Narti, metode pengeringan konvensional yang bergantung pada sinar matahari (penjemuran) memiliki sejumlah kelemahan.

Dari segi produktivitas, pengeringan bisa mencapai lebih dari delapan hari untuk cuaca mendung. Pengeringan padi secara penjemuran juga memerlukan lahan yang luas dengan pekerjaan yang berat karena petani harus membolak-balikkan padi yang terhampar di atas lahan lapang setiap jam agar pengeringan merata. Dari pernyataan inilah, penulis membuat prototipe alat pengering gabah otomatis yang pengeringannya tidak bergantung pada sinar matahari dan cuaca apapun.

Perhitungan untuk menghasilkan gabah kering oleh alat pengering dapat diketahui sebagai berikut.

Diketahui massa gabah yang dikeringkan menggunakan alat pengering sebesar 3kg dan waktu yang diperoleh dalam rentang waktu 29 menit untuk mencapai titik kering 14%. Sehingga diperoleh pengeringan alat pengering mengeringkan gabah

sebesar 0,1 kg / menit. Sedangkan pada metode konvensional yang mengeringkan gabah sebesar 1 ton membutuhkan waktu kurang lebih 7 hari (jika cuaca terus panas). Sehingga diperoleh pengeringan pada metode konvensional mengeringkan gabah sebesar 0,08 kg / menit.

Selanjutnya dapat dihitung pengeringan gabah secara konvensional dan alat pengering selama 7 hari (1 hari = 1440 menit). Perhitungan dalam 1 tahun menggunakan permisalan dengan musim hujan (Oktober s/d Maret) dan musim kemarau (April s/d September) pada konvensional. Yang dimana pada musim kemarau menghasilkan 1 ton / minggu dan musim hujan 100 - 500 kg / minggu. Sehingga dapat dihitung selama satu tahun dari pengeringan secara konvensional tersebut.

Perhitungan menggunakan alat pengering mengabaikan musim hujan serta kemarau. Sehingga nilai kg/menit yang diperoleh langsung di konversi dalam satu tahun. Pada metode konvensional diperoleh hasil sebesar 26,4 – 32 ton dalam satu tahun, dan pada alat pengering mampu menghasilkan 52,5 ton dalam satu tahun.

Tabel 4.13. berikut adalah hasil perbandingan metode konvensional dengan alat pengering.

Tabel 4.13. Perbandingan Metode Konvensional Dengan Alat Pengering

Metode Konvensional	Penggunaan Alat Pengering
Manual	Otomatis
Waktu operasional bergantung sinar matahari	Operasional dilakukan sesuai kebutuhan
Waktu pengeringan 1 ton per tujuh hari bahkan lebih (tergantung cuaca)	Pengeringan 1 sampai 1,2 ton per tujuh hari
Hasil gabah dalam satu tahun mencapai 26,4 s/d 32 ton	Hasil gabah dalam satu tahun mencapai 52,5 ton

Hasil dari analisis data yang dilakukan telah diperoleh hasil penelitian yang sudah sesuai dengan kriteria dan tujuan yang telah ditentukan penulis, maka dapat disimpulkan bahwa *prototype* pengering gabah otomatis berbasis mikrokontroler ATmega16 dapat digunakan sebagai pemecah masalah yang dapat mengurangi waktu dalam proses produksi pangan yaitu beras, serta dapat menambah kapasitas produksi dikarenakan proses mengeringkan gabah dapat dilakukan tanpa adanya faktor luar (cuaca, tertutupnya matahari, dan sebagainya).

4.3.1 Kelebihan dan Kekurangan Alat

Prototype pengering gabah otomatis ini memiliki kelebihan dan kekurangan berdasarkan pengujian yang telah dilakukan.

4.3.1.1 Kelebihan Alat

Kelebihan dari alat ini antara lain :

1. Dengan menggunakan alat pengering, pengeringan gabah tidak bergantung pada cuaca dan pengeringan bisa dilakukan juga di malam hari.
2. Alat dikendalikan secara otomatis dengan mikrokontroler tanpa harus diawasi terus menerus oleh pengguna.
3. Menggunakan sensor suhu, kelembaban serta kadar air sebagai pemantau keadaan alat pengering.
4. Meningkatkan efisiensi waktu manusia.
5. *Design* sederhana dan mudah untuk dipindah-pindahkan.

4.3.1.2 Kekurangan Alat

Kekurangan dari alat ini antara lain :

1. *Design* alat kurang efisien, pengeluaran gabah harus dilakukan secara manual.
2. Hanya bisa menampung beban gabah sebesar 3kg.
3. Bahan yang digunakan sebagai pengaduk pada pengering masih sederhana dan ringkih.

4.4 Aplikasi Hasil Penelitian

Setelah produk dinyatakan layak untuk digunakan dan diproduksi maka langkah berikutnya adalah menentukan aplikasi dan penerapan yang sesuai dengan fungsi dari alat tersebut yaitu diaplikasikan pada mesin pengering bahan pangan. Bagi perkembangan dunia pendidikan alat ini dapat digunakan sebagai *trainer* untuk pembelajaran materi sistem kendali berbasis mikrokontroler di SMK, khususnya untuk jurusan teknik elektro atau elektronika peminatan otomasi industri.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

Prototype Pengering Gabah Otomatis Berbasis Mikrokontroler ATmega16 ini dapat digunakan sebagai pengering gabah tanpa menggunakan energi panas matahari untuk mengeringkan gabah yang dimana bergantung pada cuaca.

Prototype Pengering Gabah Otomatis Berbasis Mikrokontroler ATmega16 dapat bekerja sesuai dengan perencanaan sebelumnya, dari hasil didapatkan *prototype* yang bekerja sesuai program untuk mengeringkan gabah dengan kadar air 14%. Alat dapat dioperasikan dengan *push button on* atau satu tombol yang ditekan dengan praktis agar alat dapat bekerja dan alat pengering mudah digunakan, selain itu *prototype* pengering gabah ini menggunakan mikrokontroler ATmega16 sebagai otak atau pengendali otomatisnya, sehingga setelah diprogram sistem dapat bekerja secara otomatis yang dimana alat pengering akan berhenti bekerja apabila mencapai kadar air gabah yang dituju yaitu 14%.

5.2. Saran

Berdasarkan dari kesimpulan yang telah diuraikan di atas maka dapat dikemukakan saran sebagai berikut:

1. Dimensi dari pengering itu sendiri untuk kedepannya bisa diganti dengan ukuran yang sesuai dengan bobotnya atau volume yang tepat.

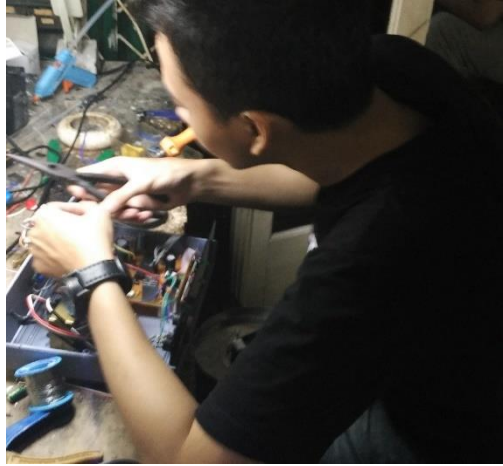
2. Rancangan lemari pengering itu sendiri bisa ditambahkan sistem katrol sederhana agar tabung pengering juga bisa meletakkan hasil gabah yang sudah kering ke suatu wadah.
3. Menggunakan motor atau pengaduk yang lebih baik lagi untuk kedepannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Bonazzi, C., M.A. du Peuty dan A. Themelin. 1997. Influence of Drying Condition On The Processing Quality of Rough Rice In: Drying Technology. McGill University : Quebec
- Estiasih, T., Ahmadi. 2009. Teknologi Pengolahan Pangan. Jakarta: Bumi Aksara
- Geankoplis, Christien J. 1993. Transport Processes and Unit Operations. New York : PTR Prentice-Hall, Inc.
- Heri, Andriyanto. 2013. Pemrograman Mikrokontroler AVR ATMEGA16 Menggunakan Bahasa C. Bandung : Informatika Bandung
- Kalman, R. E. 2013. Dht-22 sensor components. <http://www.engineersgarage.com> (diakses pada 29 April 2014)
- Keputusan Bersama Kepala Badan Bimas Ketahanan Pangan Departemen Pertanian Republik Indonesia dan Kepala Badan Urusan Logistik. 2003. Persyaratan Kualitas Gabah/Beras Untuk Pengadaan Dalam Negeri Tahun 2003. <http://www.bulog.go.id/>
- Loveday, George. 1993. Intisari Elektronika Penjelasan Alfabetik dari A sampai. Z. Jakarta : Elex Media Komputindo
- Ruwanto, Bambang. 2004. Asas-Asas Fisika. Yogyakarta: Yudhistira.
- Robert E. Treybal. 1980. Mass Transfer Operation. 3rd Edition. Singapore : MCGraw Hill
- Setiawan E. kbbi.web.id/gabah (diakses pada 7 Maret 2016)
- Setiawan, Rachmad. 2006. Mikrokontroler MCS-51. Yogyakarta : Graha Ilmu
- Siregar, Hadrian. 1986. Budidaya Tanaman Padi di Indonesia. Bogor : Sastra Hudaya.
- Sudarmadji, S. 2003. Mikrobiologi Pangan. Yogyakarta : Liberty
- Sudjadi. 2005. Teori dan Aplikasi Mikrokontroller : Aplikasi Pada. Mikrokontroller AT89S51, Edisi 1. Yogyakarta : Graha Ilmu
- Sugiyono. 2009. Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D, Bandung : Alfabeta
- Wicaksono, Handy. 2009. Teori, Pemrograman dan Aplikasi Dalam Otomasi Sistem. Yogyakarta : Graha Ilmu

- Winarno, F. G. 1992. Kimia Pangan dan Gizi. Gramedia : Jakarta
- Wulanriky. 2011. Penetapan Kadar Air Metode Oven Panjang. Jakarta : Gramedia
- bbpadi.litbang.pertanian.go.id/index.php/berita/info-teknologi/content/138-karakter-fisik-gabah (diakses pada 7 Maret 2016)
- <http://badanbahasa.kemdikbud.go.id/kbbi/index.php> (diakses pada 13 Maret 2016)
- <https://www.bps.go.id/brs/view/id/1122> (diakses pada 7 November 2016)
- <http://elektronika-dasar.web.id/komponen/lcd-liquid-crystal-display-dot-matrix-hd44780> (diakses pada 15 Maret 2016)
- <http://www.bestbudidayatanaman.com/2013/01/Panduan-Budidaya-Padi-dan-Cara-Menanam-Padi-yang-Baik-dan-Benar.html> (diakses pada 8 Maret 2016)

LAMPIRAN



Lampiran 1 : Proses Pembuatan Alat



Lampiran 2 : Proses *Troubleshooting*



Lampiran 3 : Kalibrasi Sensor Suhu



Lampiran 4 : Kalibrasi Sensor Kelembaban Ruang Pengering



Lampiran 5 : Kalibrasi *Moisture* Sensor (Sensor Kadar Air)



Lampiran 6 : *Heater* dan Sensor LM35 Terletak Pada Tabung Pengering



Lampiran 7 : *Moisture* Sensor Terletak Pada Sisi Dalam Pengering dan Pengaduk di Dalam Pengering



Lampiran 8 : *Fan* dan DHT22 Terletak di Bagian Atas atau Penutup Pengering



Lampiran 9 : Tampilan LCD Awal dan Akhir Pengujian Pengeringan Gabah Selama 29 Menit



Lampiran 10 : Tampilan LCD Awal dan Akhir Pengujian Pengeringan Gabah Selama 27 Menit



Lampiran 11 : Tampilan LCD Awal dan Akhir Pengujian Pengeringan Gabah Selama 31 Menit

LAMPIRAN 12

Pemrograman (*Software*) Alat

```
#include <mega16.h>
#include <delay.h>
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <stdarg.h>
#include <alcd.h>
#define ADC_VREF_TYPE 0x40

#define mulai  !PIND.1
#define stop  PIND.0

#define motor  PORTC.7
#define kipas  PORTD.6
#define buzzer PORTD.7

#define ON      1
#define OFF     0

#define ledKuning  PORTC.1
#define ledHijau  PORTC.0

#define heater  PORTA.0

float vin,esuhu,fsuhu,frh;
int i,temp;
unsigned char err;
unsigned int rh,suhu;
```

```

int dataMoisture;

int count,menit, jam,second;

float valMoisture,perMoisture;

void tampilLcd(unsigned char kolom, unsigned char baris, char flash *fmtstr,...){
    char lcd[17];
    va_list ap;
    va_start (ap, fmtstr);
    vsprintf(lcd, fmtstr, ap);
    va_end(ap);
    lcd_gotoxy(kolom,baris);
    lcd_puts(lcd);
}

interrupt [TIM0_OVF] void timer0_ovf_isr(void)
{
// Reinitialize Timer1 value
//TCNT1H=0xBC80 >> 8;
//TCNT1L=0xBC80 & 0xff;
TCNT0 = 0x9B;
    count++;
    if (count==10000){
        second++;count=0;
        if(second>59){
            second=0;menit++;
        }

        if(menit>59){
            menit=0;second=0;jam++;

```



```

    }
    }
}

```

```

unsigned int read_adc(unsigned char adc_input){
    ADMUX=adc_input | (ADC_VREF_TYPE & 0xff);
    // Delay needed for the stabilization of the ADC input voltage
    delay_us(10);
    // Start the AD conversion
    ADCSRA|=0x40;
    // Wait for the AD conversion to complete
    while ((ADCSRA & 0x10)==0);
    ADCSRA|=0x10;
    return ADCW;
}

```

```

unsigned char bacaDHT(unsigned int *dhtTemp,unsigned int *dhtRH){
    unsigned char counter=0,dat[5],i,j,x;
    unsigned int tmp16;
    x=0;
    DDRA.7=1; //PC5 sebagai output
    delay_ms(250);

    PORTA.7=0; // nolkan PA.0
    delay_us(800); //tunggu 18 ms / 800us DHT22

    PORTA.7=1; // naikkan PA.0
    DDRA.7=0; //PA.0 sebagai input
    delay_us(40); //tunggu 40us
}

```

```
//tunggu response SAMPAI HIGH dari DHT11
```

```
while(counter <200)
```

```
{
```

```
    delay_us(1);
```

```
    counter++;
```

```
    if (PINA.7==1) break;
```

```
}
```

```
if(counter>99)return 1;
```

```
counter=0;
```

```
while(counter <200)
```

```
{
```

```
    delay_us(1);
```

```
    counter++;
```

```
    if (PINA.7==0) break;
```

```
}
```

```
if(counter>99)return 2;
```

```
for (j=0; j<5; j++) { //read 5 byte
```

```
    x=0;
```

```
    for(i=0; i<8; i++) { //read every bit
```

```
        counter = 0;
```

```
        while(!PINA.7)
```

```
            { //wait for an high input (non blocking)
```

```
                counter++;
```

```
                if(counter > 200) {
```

```
                    return 3; //timeout
```

```
                }
```

```
            }
```

```

delay_us(30);
if(PINA.7) //if input is high after 30 us, get result
{
    x |= (1<<(7-i));
}
counter = 0;
while(PINA.7)
{ //wait until input get low (non blocking)
    counter++;
    if(counter > 200)
    {
        return 4; //timeout
    }
}
dat[j] = x;
}
tmp16=dat[2];
tmp16=tmp16<<8;
*dhtTemp=tmp16+dat[3];
tmp16=dat[0];
tmp16=tmp16<<8;
*dhtRH=tmp16+dat[1];
return 0;
}
//-----

void timerON(){
    //TCCR1A=0x01;

```

```
//TCCR1B=0x0D;
//TCNT1H=0xBC;
//TCNT1L=0x80;
//TIMSK=0x04;

TCCR0=0x02;
TCNT0=0x9B;
TIMSK=0x01;

}

void timerOFF(){
    //TCCR1A=0x00;
    //TCCR1B=0x00;
    //TCNT1H=0x00;
    //TCNT1L=0x00;
    //TIMSK=0x00;
TCCR0=0x00;
    TCNT0=0x00;
    TIMSK=0x00;

}

void buzzer_ON(){
    buzzer=0; delay_ms(50);
    buzzer=1; delay_ms(50);
    buzzer=0; delay_ms(50);
    buzzer=1;
}
}
```

```
void mainTimer(){  
  
}  
void main(void){  
    DDRA.0=1;  
  
    PORTC=0x0F;  
    DDRC=0xFF;  
  
    PORTD=0xFF;  
    DDRD=0b11000000;  
  
    ADMUX=ADC_VREF_TYPE & 0xff;  
    ADCSRA=0x84;  
  
    lcd_init(20);  
    #asm("sei")  
  
    tampilLcd(0,0,"PENGERING GABAH");  
    tampilLcd(4,1,"OTOMATIS");  
    delay_ms(2000);  
    lcd_clear();  
  
    ledHijau=1;  
    heater=kipas=OFF;  
    buzzer=~OFF;  
    //-----  
    atas:
```

```

while (1){
heater=motor=kipas=0;
  dataMoisture=read_adc(4);
  valMoisture= (-0.1332*dataMoisture)+138.78;
  esuhu=0;
  for (i=0;i<=100;i++){
    temp=read_adc(2);
    vin=((float)temp*5)/1024;
    esuhu=esuhu+vin;
  }

  esuhu=esuhu/3.16;
  tampilLcd(0,0,"T:%0.1f%cC HG:%0.1f%c%c",esuhu,223,valMoisture,'%',"
");
  err=bacaDHT(&suhu,&rh);
  fsuhu=suhu;
  fsuhu/=10;
  frh=rh;
  frh/=10;
  tampilLcd(0,1,"HR:%0.1f%c%c",frh,'%'," ");
  timerOFF();
  motor=heater=OFF;//kipas=ON;
  ledHijau=0;
  ledKuning=1;
  if(mulai){
    goto bawah;
  }
}

/*===== Main GABAH (Bermain dengan
GABAH)=====*/

```

```

bawah:
timerON();
while(1){
    dataMoisture=read_adc(4);
    valMoisture= (-0.1332*dataMoisture)+138.78;
    esuhu=0;
    for (i=0;i<=100;i++){
        temp=read_adc(2);
        vin=((float)temp*5)/1024;
        esuhu=esuhu+vin;
    }

    esuhu=esuhu/3.16;
    //tampilLcd(0,0,"T:%0.1f%cC %0.1f%c",esuhu,223,valMoisture,'%');
    tampilLcd(0,0,"T:%0.1f%cC HG:%0.1f%c%c",esuhu,223,valMoisture,'%',"
");
    err=bacaDHT(&suhu,&rh);
    fsuhu=suhu;
    fsuhu/=10;
    frh=rh;
    frh/=10;
    //tampilLcd(0,1,"%0.1f %4d %2d:%2d",frh, dataMoisture,jam,menit);
    tampilLcd(0,1,"HR:%0.1f%c%c %02u:%02u",frh,'%'," ",menit,second);
    if (esuhu>=60){heater=OFF;}
    if (esuhu<=55){heater=ON;}
    motor=kipas=1;//heater=ON;//kipas=ON;
    ledHijau=1;
    ledKuning=0;delay_ms(20);
    ledKuning=1;delay_ms(20);
    stop=1;

```

```

if(stop==0){goto atas;}

if(frh<=14 || valMoisture<=14){
  lcd_clear();
  count=second=menit=0;
  timerON();
  while(1){
    dataMoisture=read_adc(4);
    valMoisture= (-0.1332*dataMoisture)+138.78;
    esuhu=0;
    for (i=0;i<=100;i++){
      temp=read_adc(2);
      vin=((float)temp*5)/1024;
      esuhu=esuhu+vin;
    }

    if(stop==0){goto atas;}

    esuhu=esuhu/3.16;
    if (esuhu>=60){heater=OFF;}
    if (esuhu<=55){heater=ON;}
    //tampilLcd(0,0,"T:%0.1f% cC %0.1f% c",esuhu,223,valMoisture,'%');
    tampilLcd(0,0,"T:%0.1f% cC
HG:%0.1f% c% c",esuhu,223,valMoisture,'%'," ");
    err=bacaDHT(&suhu,&rh);
    fsuhu=suhu;
    fsuhu/=10;
    frh=rh;
    frh/=10;

```

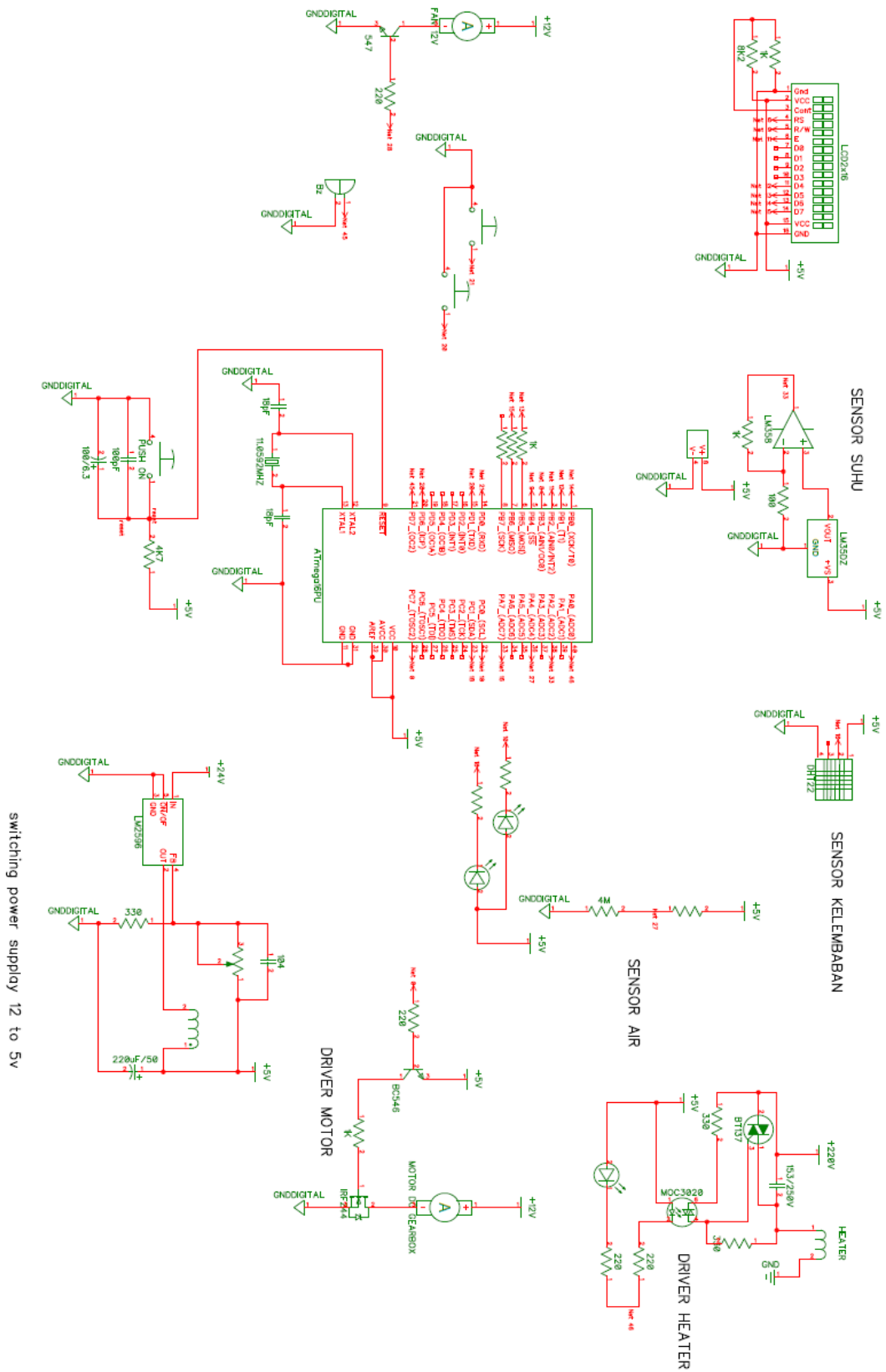


```

//tampilLcd(0,1,"%0.1f %4d %2d:%2d",frh, dataMoisture,jam,menit);
if (esuhu>=60){heater=OFF;}
if (esuhu<=55){heater=ON;}
motor=kipas=1;//heater=ON;//kipas=ON;
ledHijau=1;
ledKuning=0;delay_ms(20);
ledKuning=1;delay_ms(20);
if(menit>=5 && valMoisture<=14){
    jam=0;
    timerOFF();
    buzzer_ON();
    tampilLcd(0,1,"HR:%0.1f%c%c %02u:%02u",frh,'%',"
",menit,second);
    goto atas;
}
tampilLcd(0,1,"HR:%0.1f%c%c %02u:%02u",frh,'%'," ",menit,second);
}
}
if(esuhu<= 55 && ledKuning==1){
    heater=ON;
}
if(esuhu>60){
    heater=OFF;
    //buzzer_ON();
}
}
}

```

LAMPIRAN 13 Skematik Alat



BIOGRAFI PENULIS



Nama lengkap penulis adalah Rafif Imam Jodiyanto. Lahir di Jakarta pada tanggal 22 Agustus 1994. Penulis merupakan anak terakhir dari tiga bersaudara yang lahir dari pasangan Alm. Budi Supriono dan Mimi Rachmiati. Saat ini, penulis tinggal di Komplek DPR RI Kemanggisan No. 2 RT 03/13, Kemanggisan, Palmerah, Jakarta Barat. Penulis mengawali proses pembelajaran di TK Risanti, Kemanggisan, Jakarta pada tahun 1990-2000. Lalu melanjutkan di jenjang SD dan lulus pada tahun 2006 di SDN Palmerah 17 Pagi, Jakarta. Penulis melanjutkan ke jenjang berikutnya di SMPN 111 Jakarta dan lulus di tahun 2009. Selanjutnya masuk SMAN 65 Jakarta dan mengambil peminatan IPA. Lulus SMA di tahun 2012, penulis melanjutkan pendidikan ke jenjang perkuliahan di Universitas Negeri Jakarta dengan mengambil Program Studi Pendidikan Teknik Elektro Program S1, Jurusan Teknik Elektro pada tahun 2012.

Penulis memiliki pengalaman Praktik Kerja Lapangan (PKL) di PT. ASTRA Internasional ISUZU Daan Mogot dan Praktik Keterampilan Mengajar (PKM) di Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) Taman Siswa Jakarta. Penulis menghabiskan waktu kuliahnya untuk terus belajar dan bersosialisasi baik di bidang akademik maupun non akademik. Penulis mempunyai hobi menghabiskan waktu bersama teman segrup band, hobi design serta editing film, traveling dan berdagang untuk menambah uang saku. Penulis menyukai hal yang berkaitan menggunakan komputer. Oleh karena itu, untuk menuntaskan pendidikan di bangku perkuliahan penulis mengambil judul skripsi Rancangan *Prototype* Pengering Gabah Otomatis Berbasis Mikrokontroler ATMega16.