

# Perancangan Prototype Mesin Boiler Otomatis Pengering Jagung Berbasis PLC (*Programmable Logic Control*)

**Herry Setyawan, Aji Brahma Nugroho, Sumarsono**

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember  
Jl. Karimata No. 49 Jember 68121 Jawa Timur, Indonesia  
E-mail: marsunmuh@gmail.com

---

## ABSTRAK

---

**Abstrak** - Jagung yang memiliki nama ilmiah *Zea Mays* merupakan salah satu hasil pertanian yang menjadi komoditas utama bagi sebagian penduduk Indonesia. Pada umumnya proses pengeringan jagung yang dilakukan oleh petani yaitu dengan cara konvensional di jemur dibawah terik matahari, ini memakan waktu hingga 10 hari untuk mendapatkan biji kering dengan waktu pengeringan 7 – 8 Jam sehari. Ini tentu saja memakan waktu yang lama, belum termasuk jika cuaca tidak bagus, maka akan menambah waktu pengeringan jagung. Untuk mempersingkat waktu dan mempermudah dalam pengeringan jagung, maka dirancang sebuah *prototype* mesin boiler otomatis berbasis PLC menggunakan *Barico Dryer*. Dengan menggunakan alat ini, hanya dibutuhkan waktu 24.95 jam untuk mengeringkan jagung dengan berat 1 kg memiliki tingkat kadar air pada biji 13– 14 %.

**Kata kunci:** Jagung, Boiler, PLC, Barico Dryer

---

## ABSTRACT

---

**Abstract** – The corn which has the scientific name *Zea Mays* is one of the agricultural products which is the main commodity for some Indonesians. In general, the process of drying corn is carried out by farmers, namely in the conventional way, drying it under the hot sun, it takes up to 10 days to get dry seeds with a drying time of 7 - 8 hours a day. This of course takes a long time, not including if the weather is not good, it will increase the drying time of the corn. To shorten the time and make it easier to dry corn, a PLC-based automatic boiler machine prototype using the Barico Dryer was designed. By using this tool, it only takes 24.95 hours to dry corn weighing 1 kg which has a moisture content level in the seeds of 13-14%.

**Keywords:** Corn, Boiler, PLC, Barico Dryer

Copyright © 2019 Universitas Muhammadiyah Jember.

---

## 1. PENDAHULUAN

Jagung merupakan salah satu komoditas pertanian penting karena merupakan bahan pangan pokok bagi sebagian penduduk Indonesia dan ketersediaannya akan mempengaruhi kondisi sosial ekonomi masyarakat [1]. Pada saat panen biasanya para petani sulit untuk mengeringkan hasil panennya, apalagi pada saat musim hujan. Apabila tidak ditangani dengan baik, jagung berpeluang terinfeksi spesies/cendawan yang menghasilkan mikotoksin jenis *aflatoxin* [2]. Proses pengeringan dengan menggunakan cara konvensional membutuhkan waktu hingga 10 hari, tergantung dengan cuaca dan lingkungan, serta selama penjemuran dilakukan pembalikan hamparan biji 1-2 jam sekali [3]. Berdasarkan permasalahan tersebut, maka dibuatlah sebuah prototype mesin boiler pengering jagung. Dengan adanya mesin pengering menggunakan boiler maka kendala tersebut bisa diatasi. Untuk pengeringan hasil panen yang sedikit memang tidak efektif menggunakan mesin ini, dikarenakan biaya pembuatan mesin yang mahal, namun untuk pengeringan dalam skala besar sangat efektif menggunakan pengeringan menggunakan mesin ini, selain hemat tenaga mesin ini juga hemat biaya dalam skala besar penggunaan.

Dengan perkembangan teknologi yang sangat pesat, sistem kontrol dalam dunia industri sangat diperlukan [4]. Penelitian dengan topik pengeringan jagung menggunakan model pengeringan adsorpsi ini menjadi sangat urgen diterapkan untuk meningkatkan mutu jagung, terutama agar kandungan

karbohidrat dan protein tidak rusak selama proses pengeringan. Selain itu, energi proses pengeringan yang masih tinggi juga perlu untuk diminimalkan, sehingga proses pengeringan menjadi efisien [5]. Beberapa penelitian sebelumnya yang membahas tentang metode pengeringan jagung diantaranya [6][7], pada penelitian pertama, Metode pengeringan ini jagung harus di pipil dulu sebelum jagung dimasukkan pada tabung pengeringan, sedangkan pemipilan pada jagung dengan kadar air basah lebih rentan merusak biji jagung, pada penelitian kedua, Metode pengeringan ini menggunakan PLC, Namun disini tidak ada peringatan untuk temperatur terlalu rendah dan terlalu tinggi, tidak ada alarm untuk peringatan kepada operator agar temperatur tetap berada di temperatur yang diinginkan disini berdampak pada konsistensi temperatur yang diinginkan sehingga pengeringan lebih tepat waktu, dan juga tidak ada indikator mesin yang aktif, serta menggunakan heater sebagai sumber panas udara dari konversi energi listrik menjadi panas, sehingga akan menambah biaya. Dari kedua penelitian tersebut, ada yang masih manual dan semi otomatis, namun perlu di kembangkan lagi dengan penambahan beberapa fitur, sehingga alat pengering jagung memiliki fungsi maksimal dan memudahkan pengguna. Untuk mengatasi permasalahan diatas, maka pada tugas akhir, peneliti mencoba untuk mendesain prototype mesin boiler otomatis untuk pengering jagung berbasis PLC (Programmable Logic Controller) dengan menggunakan air panas.

Perancangan prototype mesin boiler otomatis pengering jagung berbasis PLC dengan air panas, adapun perancangan mesin boiler ini adalah sebagai contoh dalam skala kecil bahwa pengeringan dengan boiler bisa dibuat otomatis, yaitu menggunakan PLC omron, didalam PLC tersebut disematkan program otomasi agar mesin tersebut bisa berjalan sesuai dengan fungsinya, selain itu alat pengering dapat digunakan setiap saat dan dapat dilakukan pengaturan suhu sesuai dengan kadar air biji jagung yang diinginkan serta lebih hemat bahan bakar daripada yang sudah ada sebelumnya.

## 2. KAJIAN PUSTAKA

### 2.1. Mesin Boiler

Boiler merupakan mesin kalor (*thermal engineering*) yang mentransfer energi –energi kimia atau energi otomis menjadi kerja (usaha). Boiler atau ketel adalah suatu alat berbentuk bejana tertutup yang digunakan untuk menghasilkan air panas. Air panas diperoleh dengan memanaskan bejana yang berisi air dengan bahan bakar. Boiler mengubah energi – energi kimia menjadi bentuk energi yang lain untuk menghasilkan kerja. Boiler dirancang untuk melakukan atau memindahkan kalor Boiler terdiri dari beberapa komponen, yaitu tungku pengapian (*furnace*), *stack (cerobong asap)*, *burner*, *steam drum*, *superheater*, air heater, *dust collector* (pengumpul debu), *safety valve* (katup pengaman), gelas penduga (*sight glass*), dan pembuangan air ketel.

Tungku pengapian (*furnance*) merupakan tempat terjadinya pembakaran bahan bakar yang akan menjadi sumber panas, proses penerimaan panas oleh media air dilakukan melalui pipa yang telah dialiri air, pipa tersebut menempel pada dinding tungku pembakaran, Cerobong asap berfungsi untuk membuang gas asap yang tidak dipakai lagi ke udara bebas, untuk mengurangi polusi di sekitar instalasi boiler, sehingga proses pembakaran dapat berlangsung dengan baik, *burner* berfungsi sebagai transduser yang berguna untuk mengubah satu bentuk energi ke bentuk energi yang lain. *Steam drum* merupakan tempat penampungan air panas dan pembangkitan steam. Steam masih bersifat jenuh (*saturated*), *Superheater* berfungsi untuk menaikkan temperatur uap jenuh menjadi uap panas lanjut dengan memanfaatkan gas panas hasil pembakaran, *Air Preheater* merupakan salah satu alat pendukung dari boiler yang berada diantara *Economizer* dan *Electrostatic Precipitator* yang memanfaatkan perpindahan panas secara konveksi dari gas buang boiler untuk memanaskan *Secondary Air* dan *Primary Air* [8], *dust collector* berfungsi untuk menangkap atau mengumpulkan abu yang berada pada aliran pembakaran hingga debu yang terikut dalam gas buang, *Safety Valve* berfungsi sebagai pencegah terjadinya ledakan yang ditimbulkan oleh tekanan uap yang berlebih pada ketel, Gelas penduga atau disebut *water level indicator* berfungsi untuk mengetahui tinggi permukaan air di dalam ketel agar dapat dikontrol.

### 2.2. PLC (Programmable Logic Control)

*Programmable Logic Controller* (PLC) pada dasarnya adalah sebuah komputer yang khusus dirancang untuk mengontrol suatu proses atau mesin. Sebuah PLC dapat melakukan perhitungan-perhitungan aritmetika yang relative kompleks, fungsi komunikasi, dokumentasi dan lain sebagainya (Sehingga dengan alasan ini dalam beberapa buku manual, istilah PLC sering hanya ditulis sebagai PC – Programmable Controller saja) [9]. Secara garis besar, PLC terdiri dari *Central Processing Unit* (CPU), berfungsi untuk mengontrol dan mengawasi semua pengoperasian dalam PLC, melaksanakan program yang disimpan di dalam memory, *Memory* berfungsi untuk menyimpan program dan memberikan lokasi-lokasi dimana hasil-hasil perhitungan dapat disimpan di dalamnya, *Input / Output* yaitu setiap input/output memiliki alamat dan nomor urutan khusus yang digunakan selama membuat program untuk memonitor satu persatu aktivitas input dan output di dalam program,

Catu Daya PLC digunakan untuk memberikan tegangan pada PLC. Tegangan masukan pada PLC biasanya sekitar 24 VDC atau 220 VAC. Pada PLC yang besar, catu daya biasanya diletakkan terpisah [10].

### 2.3. OMRON CPM1A

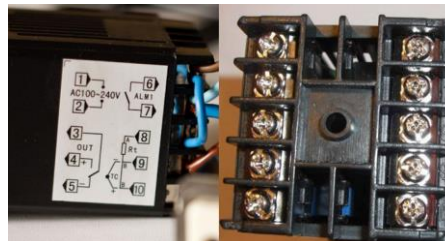
PLC Omron CPM1A merupakan salah satu tipe PLC yang memiliki kecepatan yang tinggi yang dirancang untuk operasi kontrol yang memerlukan jumlah I/O dari 10 sampai 100 buah I/O, tergantung tipe dan jenisnya. Setiap PLC yang digunakan memiliki spesifikasi khusus yang dijadikan pedoman dalam pengaplikasiannya. Berikut ini adalah tabel spesifikasi khusus PLC Omron CPM1A. Tabel 1 berikut merupakan spesifikasi umum dari PLC Omron CPM1A.

Tabel 1. Spesifikasi umum Omron CPM1A

Nama	Tipe	Spesifikasi
Power Supply		100 – 240 VAC, 50/60 Hz
Operating Voltage Range		85 – 264 VAC
Inrush Current		30 A max
Power Consumption	CPM1A-	60 VA max
External power supply (Output Capacity)	CPU 40	24 VDC 300 mA
Dimension		150 x 90 x 85 mm
Weight		700 gram max
Communication Conector		RS 232 C

### 2.4. Digital Temperature Controller

Digital Temperature Controller ini adalah alat yang bisa mengontrol suhu untuk mengendalikan cooler / heater sesuai dengan settingan yang diinginkan. Sama seperti prinsip kerja Digital Counter relay, Digital Thermostat ini mempunyai kontak-kontak NO/NC pada output settingnya, serta membutuhkan input power supply dalam kerjanya.



Gambar 2. Dasar Terminal Digital Temperature Controller

### 2.5. CX Programmer 9.0

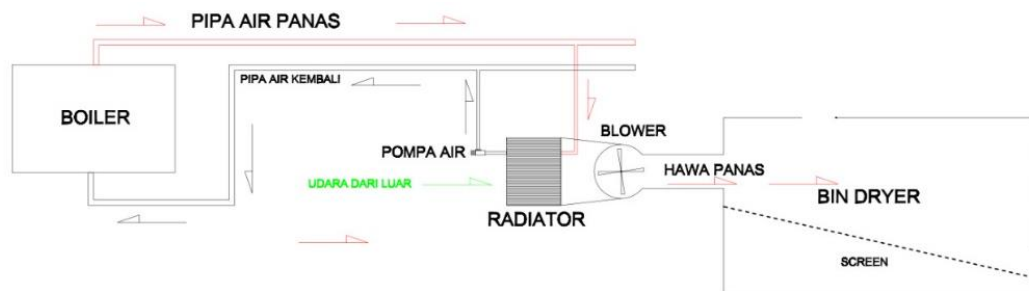
CX-Programmer merupakan software khusus untuk memprogram PLC buatan OMRON. CX Programmer ini sendiri merupakan salah satu software bagian dari CX-One. Komponen pada pemrograman CX-Programmer terdiri 4 bagian utama yaitu *contact*, *coil*, *instruction*, *function block*. *Contact* merupakan komponen pemrograman yang memiliki watak seperti saklar, *contact* inilah yang kemudian diatur sedemikian rupa agar menghasilkan program yang diinginkan, *contact* terdiri dari 2 bagian yaitu *normally open* (saklar terbuka) dan *normally close* (saklar tertutup). *Coil* merupakan komponen pemrograman yang bersifat sebagai output terdiri dari 2 bagian yaitu *normally open coil* (koil terbuka) dan *normally closed coil* (koil tertutup). *Instruction* merupakan bagian penting pada pemrograman PLC karena *instruction* berisi instruksi-instruksi dasar yang sudah disiapkan oleh CX-Programmer, *instruction* terdiri dari berbagai macam instruksi seperti MOV, SFT, TIM, dan lainnya. *Function Block* merupakan fitur pada CX-Programmer yang tidak tersedia untuk semua PLC, namun hanya PLC dengan CPU yang mendukung saja yang bisa menggunakan fitur ini.

## 3. METODE PENELITIAN

### 3.1. Diagram Sistem

Diagram merupakan gambaran dari dasar rangkaian sistem yang akan dirancang secara keseluruhan. Setiap diagram mempunyai fungsi dan spesifikasi komponen masing-masing. Adapun

diagram secara garis besar dari sistem yang akan dirancang pada artikel ini adalah seperti yang diperlihatkan pada Gambar 3 berikut ini.

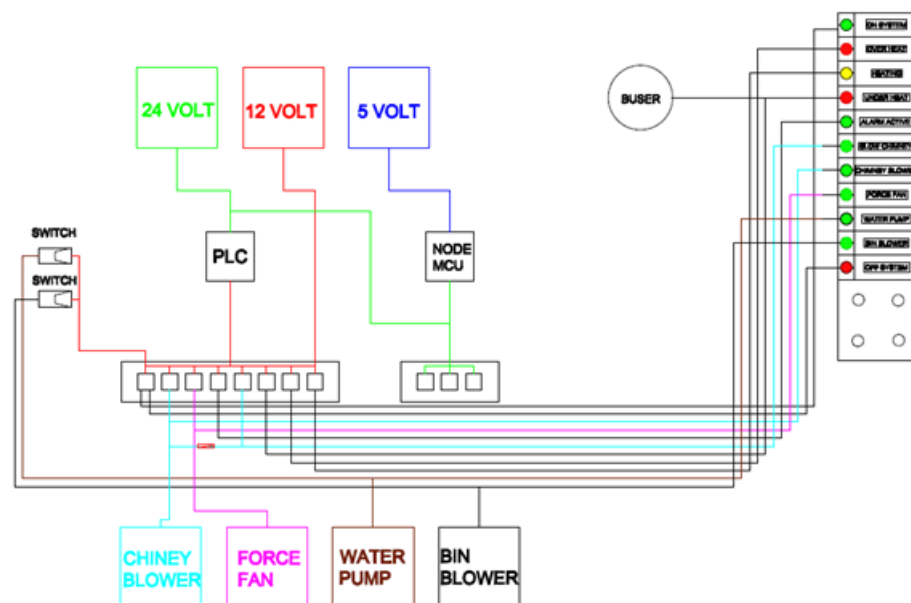


Gambar 3. Diagram secara garis besar

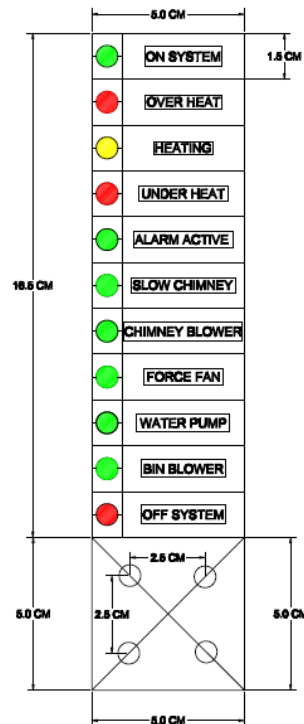
Air dipanaskan di boiler dengan suhu tertentu dialirkan melalui pipa output boiler, dialirkan ke input *heat exchanger/radiator*. Di radiator karena panas air dialihkan atau diambil, otomatis air pun akan menjadi lebih dingin setelah melewati radiator. Hawa panas / udara panas akan dialirkan oleh *blower bin* dan dimasukkan ke *bin dryer*, hawa panas inilah yang dibuat untuk mengeringkan jagung atau yang lain di dalam *bin dryer*. Output air dari radiator panasnya sudah berkurang akan dikembalikan ke boiler untuk dipanaskan kembali, begitu seterusnya sampai pengeringan selesai.

### 3.2. Single Wiring Panel

Dalam penelitian ini menggunakan tiga macam *power supply* yaitu 24 volt 4 ampere, 12 volt 15 ampere dan 5 volt 0.6 ampere, 24 volt untuk *power supply* plc Omron CPM1A-20CDR-D-V1, dan input nya juga 12 volt untuk *power supply* semua relay, dan semua peralatan boiler seperti *chimney blower*, *force fan*, *blower bin dryer*, dan *water pump*. 5 volt untuk *power supply* node mcu (sebuah mikro controller dengan modul Wi-Fi untuk menyimpan program digital input-output. Untuk water pump dan bin dryer di sini tidak diikutkan otomatis boiler dikarenakan pembahasan dalam penelitian hanya di otomatis boiler walaupun sebenarnya di bin dryer juga memakai otomatis. switch digunakan untuk menghidupkan water pump dan bin blower, tujuannya untuk mencoba panas yang dihasilkan boiler dialirkan ke bin dryer. Lampu indikator sebagai indikasi peringatan keadaan boiler saat ini. Busser diilustrasikan sebagai horn untuk peringatan darurat keadaan boiler. Secara garis besar, single wiring diagram sistem sebagai berikut.



Gambar 4. Single wiring diagram



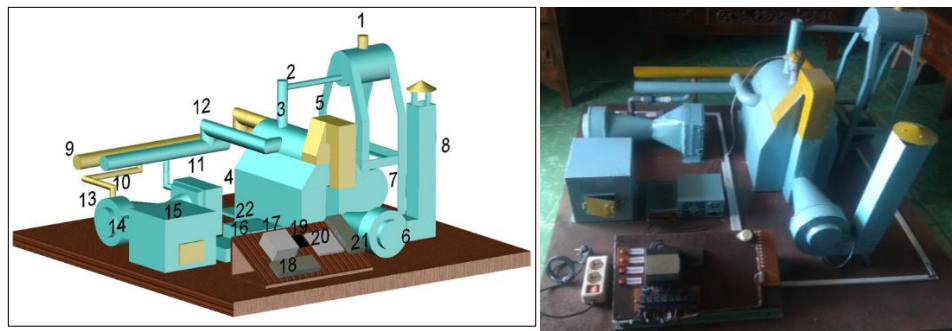
Gambar 5. Indikator *output* (*pilot lamp*)

Adapun fungsi dari masing-masing indikator tersebut adalah:

1. *On System*: Tanda bahwa semua system panel sudah bekerja, dan otomatis.
2. *Over Heat*: Dimana temperatur yang diinginkan lebih rendah daripada actual temperatur air di boiler (terlalu panas).
3. *Heating*: Di sini menandakan temperatur pada posisi yang diinginkan.
4. *Under Heat*: Dimana temperatur yang diinginkan lebih tinggi daripada actual temperatur air boiler (kurang panas).
5. *Alarm Aktif*: Keadaan setelah proses start awal menghidupkan dan memanaskan boiler dianggap selesai, dan apabila temperatur kembali turun dibawah yang diinginkan maka akan ada suara peringatan, tetapi jika masih dalam pemanasan awal tidak akan ada suara peringatan.
6. *Slow Chimney*: Adalah temperatur boiler sudah terlalu panas maka putaran chimney blower akan dikurangi untuk menghemat bahan bakar.
7. *Chimney Blower*: Indikasi bahwa saat ini chimney blower sedang hidup dengan putaran penuh.
8. *Force Fan*: Indikasi bahwa saat ini force fan blower sedang hidup.
9. *Water Pump*: Indikasi bahwa saat ini pompa air radiator sedang hidup.
10. *Bin Blower*: Indikasi bahwa saat ini BIN blower sedang hidup.
11. *Off System*: Indikasi bahwa saat ini semua system panel boiler sedang mati dan tidak bias dioperasikan.

### 3.3. Perancangan Prototype Alat

Pembuatan perangkat keras dapat dibuat sendiri menggunakan komponen yang ada, namun lebih mudah apabila kita membeli dalam bentuk modul, sehingga kita hanya memasang dan mengintegrasikan modul satu dengan modul yang lain. perangkat yang akan dibuat pada artikel ini terdiri dari perangkat mekanik dan hardware.



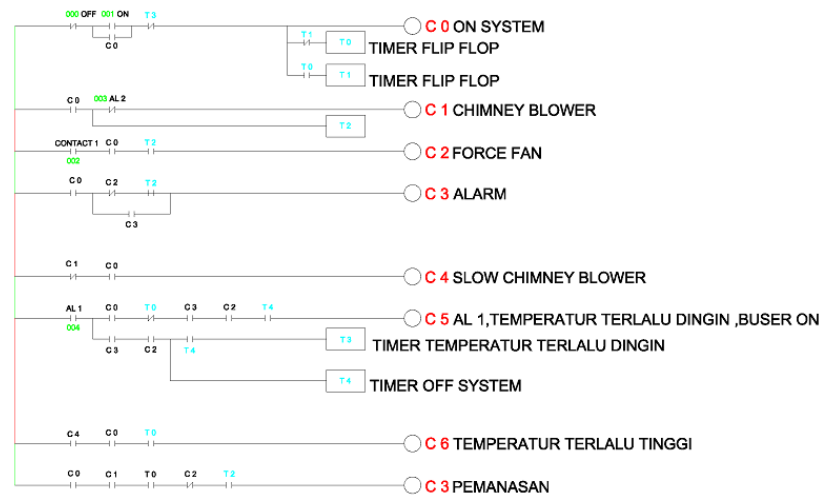
Gambar 6. Desain dan prototype alat

1. *Water Tank* berfungsi untuk tandon pengisian air dari pompa air penyuplai air dari sumur bor.
2. *Input Pipe* berfungsi untuk jalan air yang menyuplai boiler.
3. *Boiler* berfungsi sebagai wadah air untuk dipanaskan oleh furnace dibawahnya.
4. *Furnace* berfungsi sebagai tungku pemanas boiler, tungku ini bias pakai bahan bakar janggal, kayu ataupun batubara.
5. *Ducting Chimney* berfungsi sebagai jalan pembuangan sisa panas dan pembakaran.
6. *Chimney Blower* berfungsi sebagai penghisap panas yang di alirkan ke boiler, setelah memanaskan boiler kemudian dibuang melalui cerobong asap.
7. *Force Fan* berfungsi sebagai penghembus angin untuk membesarkan api dari bahan bakar agar pemanasan air bias cepat tercapai.
8. *Cerobong Asap* berfungsi sebagai saluran pembuangan asap dan debu sisa pembakaran dengan standard kesehatan lingkungan hidup.
9. *Hot Water Pipe* berfungsi sebagai output boiler yang mengalirkan air panas dan kemudian ditranfusikan ke bin dryer.
10. *Hot Water Pump* berfungsi sebagai pengambil panas dari hot water pipe kemudian diteruskan ke heat exchanger.
11. *Heat Exchanger* berfungsi sebagai media transfer panas dari air panas menjadi udara panas.
12. *Back Water Pipe* berfungsi sebagai jalan kembalnya air yang sudah diambil panasnya melalui heat exchanger.
13. *Dryer Blower* berfungsi sebagai pengambil panas dari heat exchanger kemudian ditranfusikan ke bin pengeringan.
14. *Ducting Dryer* berfungsi sebagai penyalur udara panas yang dihembuskan oleh dryer blower.
15. *Bin Dryer* berfungsi sebagai tempat pengeringan, bisa jagung, padi ataupun yang lainnya.
16. *Panel* berfungsi sebagai tempat control mesin dan indikator.
17. *PLC* sebagai penyimpanan program dan mengeksekusi tindakan yang sudah diprogramkan.
18. *Relay* berfungsi sebagai penguatan dari relay plc untuk menggerakkan relay yang lebih besar.
19. *Termocontroller* untuk mengetahui temperatur di dalam boiler dan mensetting berapa temperatur yang diinginkan untuk mencapai temperatur tertentu sekaligus mengeksekusi tindakan nya.
20. *Node MCU* untuk memantau temperatur online, android maupun perangkat lain dan juga bisa mengeksekusi atau menghidupkan chimney blower, force fan dan juga bisa mematikan system boiler dari jarak jauh.
21. *Pilot Lamp* sebagai indikator mesin apa saja yang sedang dijalankan, dan menampilkan peringatannya.

### 3.4. Pembuatan Program PLC

Perancangan perangkat lunak diperlukan untuk mengisi program di PLC Omron, perangkat lunak yang dibutuhkan untuk melakukan pemrograman dan pengisian program ke mikrokontroler adalah CX-Programmer 9.0. Program ini berfungsi untuk membuat, editing program dan

mendownloadkan program dari komputer atau laptop yang sudah dibuat kedalam PLC. Program yang dibangun pada penelitian ini adalah sebagai berikut.



Gambar 7. Program PLC yang dibangun

*C0 ON SYSTEM* adalah jika ini on maka semua system program di plc sudah hidup ada lampu indikator. *TIMER FLIP FLOP* adalah sarana mengedipkan *pilot lamp*/lampu peringatan / indikator. *C1 CHIMNEY BLOWER* apabila *AL 2* (alarm 2) hidup menandakan temperatur yang diinginkan masih jauh/belum tercapai maka *chimney blower* akan hidup, dan apabila *AL2* off maka menandakan temperatur terlalu panas / tinggi. *FORCE FAN* apabila *AL 1* (alarm 1) hidup menandakan temperatur belum tercapai, dan apabila *AL1* off menandakan boiler dalam masa pemanasan. *ALARM* menandakan temperatur terlalu dingin dan dalam waktu tertentu masih belum tercapai, pada saat start awal boiler ini dihidupkan alarm ini tidak akan aktif sampai *C2 /force fan off*, setelah *force fan off* dianggap start awal boiler sudah tercapai saat inilah alarm sudah aktif sehingga pada saat temperatur boiler kembali turun dan lama tidak naik maka dianggap boiler tidak diisi bahan bakar oleh operator sehingga akan diingatkan oleh suara alarm, apabila alarm ini hidup timer *off system* akan diaktifkan. Apabila temperatur boiler masih juga belum naik sampai batas waktu timer *off system* maka semua system boiler akan mati, dan operator tidak bias menghidupkan kembali sampai laporan ke atasan, di sinilah interogasi dilakukan kenapa ini bias terjadi. Untuk menghidupkan kembali boiler tinggal mengaktifkan *on system* yang dilindungi oleh *pad lock*. *C4 SLOW CHIMNEY BLOWER* apabila temperatur melebihi *set value* dengan batas yang kita tentukan maka *chimney blower* putarannya dikurangi dengan tujuan menghemat bahan bakar dan menghemat listrik. *C5 AL 1* ini adalah batas alarm on karena temperatur sudah kurang dari yang kita harapkan, disini juga alarm horn akan hidup. *C6 TEMPERATUR TERLALU TINGGI* ini adalah alarm pemberitahuan bahwa temperatur sudah tinggi, dan di sini blower sudah dalam keadaan putaran rendah. *C7 PEMANASAN* ini adalah alarm peringatan bahwa boiler dalam proses pemanasan untuk mendapatkan temperatur yang diinginkan.

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### 4.1. Pengujian Power Supply

Percobaan *power supply* ini bertujuan untuk menguji apakan kuat power supply ini menopang semua beban yang ada pada alat ini. percobaan pertama *chimney blower* dihidupkan daya 0.6 Ampere, voltase tetap stabil. ditambah beban lagi *force fan* daya 0.5 ampere dan voltase masih stabil, berikutnya *water pump*, *bin blower* dan semua beban dihidupkan, dan hasilnya semua beban hidup *power supply* masih stabil voltase 12 volt, masing-masing diuji selama 5 menit. *Power Supply* = 12 volt 20 Ampere dan beban total = 12 volt 2.7 Ampere. Untuk lebih mudahnya, bisa di amati pada tabel 2 dibawah ini.

Tabel 2. Pengujian *power supply*

No	Beban (Mesin)	Ampere	Waktu (Menit)	Power Supply	
				V	A
1	<i>Chimney Blower</i>	0.6	5	12	20
2	<i>Force Fan</i>	0.5	5	12	20
3	<i>Water Pump</i>	1.3	5	12	20
4	<i>Bin Blower</i>	0.5	5	12	20
5	<i>Semua Beban</i>	2.75	5	12	20

#### 4.2. Pengujian Sensor Thermocouple

*Thermocouple* adalah sensor pada boiler sensor temperatur ini dimasukkan pada gelas berisi air. Termometer yaitu temperatur air raksa dimasukkan pada gelas berisi air yang sama dengan sensor boiler, jadi kedua sensor ini mengukur keadaan air yang sama, dan selisih kedua sensor dinamakan penyimpangan/deviasi, pada kolom deviasi didapat rata-rata error pada alat ukur tersebut, perbandingan ini dilakukan pada 10 macam keadaan suhu air, seperti ditampilkan pada tabel 3 berikut.

Tabel 3 Pengujian sensor *thermocouple*

<i>Trial</i>	<i>Measured (°C)</i>	<i>Master (°C)</i>	<i>Deviation (°C)</i>
1	24,8	24,5	-0,3
2	28	28	0
3	35,5	35	-0,5
4	40,5	40,1	-0,4
5	41,9	42	0,1
6	53,2	51,5	-1,7
7	53,9	53	-0,9
8	61	60,5	-0,5
9	66,6	65,5	-1,1
10	76,3	73,5	-2,8
<b>Rata-rata</b>	<b>48,17</b>	<b>47,36</b>	<b>-0,81</b>

#### 4.3. Proses Pengeringan Jagung

Pada pengujian ini, dilakukan sebanyak 10 percobaan, baik proses pengeringan menggunakan boiler dan pengeringan menggunakan cara konvensional. Dari pengujian ini, nantinya akan diketahui berapa kadar air, efisien waktu, dan selisih diantara kedua metode tersebut. Tabel 4 berikut merupakan hasil dari percobaan pengeringan jagung menggunakan boiler.

Tabel 4. Pengeringan menggunakan mesin boiler

No	Berat masuk Bin (Kg)	Mulai	Kendala	Stop Pengeringan	Waktu Peng	Kadar Air Awal	Kadar air saat kering	Berat Keluar Bin (kg)	Penurunan kadar air per 1% (Jam)
1	1	6/29/20 7:00	-	6/30/20 7:00	25.7	29,5	14	0.6	1.7
2	1	6/27/20 7:00	-	6/28/20 7:00	27.6	29,0	14	0.5	1.8
3	1	6/25/20 7:00	-	6/26/20 7:00	25.6	29,9	14	0.6	1.6
4	1	6/23/20 7:00	-	6/24/20 7:00	24	27,0	14	0.6	1.8
5	1	6/20/20 7:00	-	6/21/20 7:00	24	25,5	13	0.6	2.3
6	1	6/18/20 7:00	-	6/19/20 7:00	24	32,0	14	0.5	1.3
7	1	6/16/20 7:00	-	6/17/20 7:00	26.6	35,0	13	0.6	1.3
8	1	6/14/20 7:00	-	6/18/20 7:00	24	34,0	14	0.6	1.3
9	1	6/12/20 7:00	-	6/13/20 7:00	24	30,0	14	0.7	1.5
10	1	6/09/20 7:00	-	6/10/20 7:00	24	28,0	13	0.6	1.8
<b>Rata-Rata</b>						<b>30,0</b>	<b>13,7</b>	<b>0,59</b>	<b>1,6</b>



Pada percobaan ini kadar air jagung dari sawah yang sudah dipanen adalah 27 s/d 34 %, dalam percobaan memakai boiler didapat bahwa rata-rata waktu pengeringannya 1,3 s/d 1,8 jam, artinya pengurangan kadar air sebanyak 1% membutuhkan waktu rata-rata 1.3 s/d 1.8 jam. Untuk lebih spesifik kita ambil percobaan 1 memakai boiler. Kadar air dari panen adalah 29.5 %, waktu pengeringan memakai boiler adalah 25,7 jam, setelah 25,7 jam kadar air menjadi 14%, maka untuk memperoleh *drying rate* dapat kita hitung dengan persamaan berikut ini.

$$Drying\ rate = \frac{Drying\ Time}{MC\ Beginning - MC\ Stop} \quad (1)$$

$$\frac{25,7}{(29,5 - 14)} = 1,7\ Jam \quad (2)$$

Jadi untuk mengurangi 1% kadar air membutuhkan waktu pengeringan dengan boiler 1,7 jam. Adapun kendala dalam pengeringan disebabkan oleh berbagai masalah, contoh pemadaman, mesin rusak dan lain-lain. Dari 10 percobaan dengan menggunakan boiler, dapat kita simpulkan bahwa rata-rata kadar air awal jagung 30 %, kadar air saat kering 13,7 %, dan penurunan kadar air per 1% rata-rata 1,6 jam. Langkah berikutnya adalah membandingkan hasil dari mesin boiler dengan menggunakan sinar matahari, adapun tabel 5 berikut adalah hasil percobaan pengeringan jagung menggunakan sinar matahari.

Tabel 5. Pengeringan dengan sinar matahari

No	Berat Awal (Kg)	Mulai	Kendala	Stop Pengeringan	Waktu Peng	Kadar Air Awal	Kadar air saat kering	Berat Selesai Pengeringan ( kg)	Penurunan kadar air per 1% (Jam)
1	1	6/25/20 7:00	-	6/28/20 16:00	72	31,0	14	0.5	4.2
2	1	6/22/20 7:00	-	6/25/20 16:00	72	30,0	13	0.6	4.2
3	1	6/19/20 7:00	Mendung	6/22/20 16:00	72	29,0	14	0.6	4.8
4	1	6/16/20 7:00	Hujan	6/20/20 16:00	84	29,0	13	0.6	4.5
5	1	6/12/20 7:00	-	6/24/20 16:00	72	29,0	14	0.6	4.8
6	1	6/08/20 7:00	-	6/25/20 16:00	72	29,0	14	0.6	4.8
7	1	6/04/20 7:00	Hujan	6/26/20 16:00	96	29,0	13	0.6	4.5
8	1	6/01/20 7:00	Mendung	6/27/20 16:00	84	29,0	14	0.6	4.8
9	1	6/29/20 7:00	-	6/28/20 16:00	72	29,0	14	0.6	4.8
10	1	7/02/20 7:00	Mendung	6/29/20 16:00	72	29,0	14	0.7	4.8
<b>Rata-Rata</b>						<b>29,3</b>	<b>13,7</b>	<b>0,6</b>	<b>4,6</b>

Pada percobaan nomor 1 menggunakan sinar matahari, jagung datang dari sawah/panen kadar airnya adalah 31 %, dikeringkan dengan sinar matahari mulai jam 7 pagi s/d 4 sore, tetapi malam hari tetap kita hitung sebagai downtime/penundaan pengeringan, sampai diperoleh kadar air 14 % dan waktunya adalah 3 hari / 72 jam. Adapun perhitungan untuk mendapatkan *drying rate* nya sebagai berikut.

$$Drying\ rate = \frac{Drying\ Time}{MC\ Beginning - MC\ Stop} \quad (3)$$

$$\frac{72}{(31 - 14)} = 4.2\ Jam \quad (4)$$

Jadi untuk mengurangi 1% kadar air membutuhkan waktu pengeringan dengan sinar matahari selama 4.2 jam begitupun dengan percobaan berikutnya. Adapun kendalanya adalah malam hari, mendung dan hujan, karena saat itu tidak bisa melakukan proses pengeringan. Rata-rata waktu pengeringannya adalah 76 jam, dengan kadar air saat awal jagung masuk bin rata-rata 29,3 %, dengan hasil pengeringan rata-rata kadar air pada jagung sebesar 13,7 %, dan dan penurunan kadar air per 1% adalah 4,6 jam. Berikut adalah beberapa grafik perbandingan antara menggunakan mesin boiler dengan sinar matahari. Berikutnya adalah hasil perbandingan metode pengeringan jagung menggunakan mesin boiler dengan menggunakan cara konvensional. Terdapat selisih yang kecil antara keduanya, namun menggunakan mesin boiler masih unggul dalam proses ini. Adapun tabel berikut, perbandingan hasil diantara kedua metode tersebut dengan berat awal sama-sama 1 kg jagung.

Tabel 6. Perbandingan menggunakan boiler dan sinar matahari

No	Berat Awal (Kg)	Kadar Air Awal (boiler)	Kadar Air Awal (Matahari)	Kadar Air Akhir (boiler)	Kadar Air Akhir (matahari)	Berat Akhir (boiler)	Berat Akhir (matahari)
1	1	29,5	31,0	14	14	0,6	0,5
2	1	29,0	30,0	14	13	0,5	0,6
3	1	29,9	29,0	14	14	0,6	0,6
4	1	27,0	29,0	14	13	0,6	0,6
5	1	25,5	29,0	13	14	0,6	0,6
6	1	32,0	29,0	14	14	0,5	0,6
7	1	35,0	29,0	13	13	0,6	0,6
8	1	34,0	29,0	14	14	0,6	0,6
9	1	30,0	29,0	14	14	0,7	0,6
10	1	28,0	29,0	13	14	0,6	0,7
<b>Rata-rata</b>		<b>30,0</b>	<b>29,3</b>	<b>13,7</b>	<b>13,7</b>	<b>0,59</b>	<b>0,6</b>

#### 4.4. Efisiensi

Pada perancangan *prototype* mesin boiler pengering jagung, tentunya memiliki tingkat efisiensi yang berbeda dengan menggunakan cahaya matahari. Efisiensi yang didapat dari *prototype* mesin boiler ini adalah efisiensi waktu dan biaya, adapun secara detail untuk efisiensi waktu, ditampilkan pada tabel berikut.

Tabel 7. Waktu peneringan menggunakan boiler dan matahari

Percobaan Ke	Boiler (Jam)	Matahari (Jam)
1	25.7	72
2	27.6	72
3	25.6	72
4	24	84
5	24	72
6	24	72
7	26.6	96
8	24	84
9	24	72
10	24	72
<b>Rata-Rata</b>	<b>24.95</b>	<b>76.8</b>

Dari tabel diatas dapat kita lihat bahwa, pengeringan jagung menggunakan boiler memiliki waktu yang relatif singkat yaitu rata-rata 24,95 jam dibandingkan menggunakan cahaya matahari dengan rata-rata waktu pengeringan selama 76,8 jam. Tentu saja menggunakan mesin boiler lebih efisien. Adapun persentase tingkat efisiensi waktu yaitu rata-rata waktu pengeringan matahari di kurangi rata-rata waktu pengeringan boiler, di bagi rata-rata waktu pengeringan matahari, di kali 100 %, seperti tertera pada formula dibawah ini.

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi Waktu} &= \frac{76,8 - 24,95}{76,8} \times 100 \% \\ &= 67,5 \% \end{aligned} \tag{5}$$

Adapun efisiensi penurunan kadar air yaitu, rata-rata penurunan kadar air matahari, dikurangi rata-rata penurunan kadar air boiler, dibagi rata-rata penurunan kadar air matahari, di kali 100 %, seperti pada formula dibawah ini.

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi penurunan kadar air} &= \frac{4,6 - 1,6}{4,6} \times 100 \% \\ &= 65 \% \end{aligned} \tag{6}$$

Berikutnya adalah efisiensi terhadap biaya, seperti kita ketahui bahwa pengeringan jagung menggunakan cara konvensional sinar matahari, biaya yang dikeluarkan berupa upah tenaga kerja setiap harinya, dan tidak membutuhkan biaya tambahan. Hanya saja pengeringan dengan

menggunakan sinar matahari membutuhkan waktu relatif lama tergantung jumlah jagung yang di keringkan serta cuaca yang mendukung, pada penelitian ini berat jagung yang di uji seberat 1 kg, dengan 10 kali percobaan, dengan rata-rata waktu pengeringan 3-4 hari, selama 72-94 jam. Sedangkan dengan menggunakan mesin boiler, biaya yang dikeluarkan berupa biaya penggunaan listrik, dan biaya tambahan menggunakan gas LPG. adapun data perbandingan pengeluaran biaya menggunakan mesin boiler dan sinar matahari, dapat dilihat pada tabel dibawah.

Tabel 8. Biaya menggunakan mesin boiler dan cahaya matahari

<i>Percobaan Ke</i>	<i>Daya 24 Jam (Boiler)</i>	<i>Biaya (Rp)</i>	<i>Bayar Tenaga/hari (matahari)</i>	<i>Biaya (Rp)</i>
1	392	Rp 6.115,20	3	Rp 21.000,00
2	407	Rp 6.349,20	3	Rp 21.000,00
3	392	Rp 6.115,20	3	Rp 21.000,00
4	362	Rp 5.647,20	3,5	Rp 24.500,00
5	362	Rp 5.647,20	3	Rp 21.000,00
6	362	Rp 5.647,20	3	Rp 21.000,00
7	407	Rp 6.349,20	4	Rp 28.000,00
8	362	Rp 5.647,20	3,5	Rp 24.500,00
9	362	Rp 5.647,20	3	Rp 21.000,00
10	362	Rp 5.647,20	3	Rp 21.000,00
<b>Biaya lain</b>	LPG	Rp 90.000,00	-	-
<b>Jumlah</b>		<b>Rp 148.812,00</b>		<b>Rp 224.000,00</b>

Dari tabel diatas, dapat kita simpulkan bahwa menggunakan mesin boiler memiliki biaya lebih murah dibandingkan dengan menggunakan sinar matahari, dikarenakan waktu yang lama, mempengaruhi jumlah biaya untuk para pekerja. Efisiensi biaya yang digunakan adalah hasil dari biaya dengan sinar matahari di kurangi dengan biaya menggunakan boiler, dibagi biaya dengan sinar matahari, di kalikan 100 %. Adapun persentase efisiensi biaya di tunjukkan pada formula dibawah ini.

$$\text{Efisiensi biaya} = \frac{\text{Biaya dg konvensional} - \text{Biaya dg boiler}}{\text{Biaya dg konvensional}} \times 100 \% \quad (7)$$

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi biaya} &= \frac{224.000 - 148.812}{224.000} \times 100 \% \quad (8) \\ &= 33.5 \% \end{aligned}$$

## 5. KESIMPULAN

Prototype mesin boiler pengering jagung berjalan dan berfungsi sesuai dengan perintah yang diberikan berdasarkan PLC (*Programmable Logic Control*). Rata-rata penurunan kadar air 1 % dengan menggunakan mesin boiler membutuhkan waktu 1,6 jam sedangkan menggunakan sinar matahari dalam 1 % penurunan kadar air menggunakan waktu 4,6 jam. Penggunaan mesin boiler dalam proses pengeringan jagung lebih efektif daripada menggunakan sinar matahari. Penggunaan daya dengan mesin boiler berbasis PLC lebih hemat di bandingkan tanpa menggunakan PLC. Apabila jagung yang akan dikeringkan dalam jumlah sedikit, disarankan menggunakan sinar matahari, dikarenakan apabila menggunakan boiler membutuhkan listrik dan bahan bakar, sehingga menambah pengeluaran, begitu pula sebaliknya.

## REFERENSI

- [1] S. Kurniawan and A. Widiastuti, "Pengaruh perlakuan uap air panas dengan sistem pemanasan terbuka terhadap kesehatan dan viabilitas benih jagung the effects of open system hot vapor treatment," vol. 14, no. 2, pp. 63–69, 2008.
- [2] I. U. Firmansyah, "Teknologi Pengeringan dan Pemipilan Untuk Perbaikan Mutu Biji Jagung (Studi Kasus di Kabupaten Tanah Laut, Kalimantan Selatan)," *Pros. Semin. Nas. Serealia*, pp. 330–338, 2009.

- [3] F. H. Napitupulu, Y. P. Atmaja, D. T. Mesin, and F. Teknik, “Perancangan Dan Dengan Tipe Cabinet Dryer Untuk Kapasitas 9 Kg Per-Siklus,” no. 8, pp. 32–43, 2011.
- [4] H. Setyawan, D. A. Wicaksono, and M. A. Auliq, “Desain Sistem Pengering Cengkeh Otomatis Berbasis Mikrokontroler ATMega32,” *J. Tek. Elektro dan Komputasi*, vol. 1, no. 2, pp. 55–63, 2019, doi: 10.32528/elkom.v1i2.3088.
- [5] M. Djaeni, A. Agusniar, D. Setyani, and Hargono, “Pengeringan Jagung dengan Metode Mixed-Adsorption Drying,” *Fak. Tek. Univ. Diponegoro*, no. January, pp. 1–7, 2011.
- [6] Luqman and M. Khafid, “RANCANG BANGUN ALAT PENERING HASIL PERTANIAN BERBASIS PLC (STUDI KASUS : PENERING JAGUNG),” vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2018, doi: 10.1017/CBO9781107415324.004.
- [7] S. M. Rambe, “Pembuatan alat pengering biji jagung dengan sistem unggun bergerak dan kondisi optimal dari pengeringan,” *Din. Penelit. BIPA*, vol. 21 Nomor 3, 2010.
- [8] J. Heri and P. T. Mesin, “Analisis perhitungan efisiensi gas air heater di pltu cirebon,” pp. 277–284, 2016.
- [9] I. Setiawan, “PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER dan TEKNIK PERANCANGAN SISTEM KONTROL,” *Penerbit Andi Yogyakarta*, pp. 1–14, 2006, doi: 10.1016/j.cattod.2015.07.023.
- [10] S. Wibawanto, *Panduan Pemrograman PLC Omron Menggunakan CX Programammer V9.0*. Malang: Laboratorium Pengembangan Perangkat Pembelajaran Jurusan Teknik Elektro – Universitas Negeri Malang, 2014.

## BIOGRAFI PENULIS

	<p>Herry Setiawan, NIDN. 0018075801, merupakan dosen tetap program studi studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Jember, Topik penelitiannya berkaitan dengan arus kuat, dapat di hubungi melalui email: herrysetiawan@unmuhjember.ac.id</p>
	<p>Aji Brahma Nugroho, NIDN. 0730018605, merupakan dosen di lingkungan Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Jember. Bidang penelitiannya berkaitan dengan pengembangan sistem elektronika, dapat di hubungi melalui email: ajinugoz@gmail.com</p>
	<p>Sumarsono, lahir di Jember 5 Mei 1982, Penulis menempuh pendidikan sekolah dasar di SDN wringin telu 4 pada tahun 1988 dan lulus pada tahun 1994, kemudian melanjutkan ke sekolah menengah pertama di SMPN Kasiyan Kecamatan Puger kabupaten jember dan lulus tahun 1997, SMK Teknologi Balung pada tahun 1999 jurusan listrik dan lulus dari SMKT pada tahun 2002. Pada tahun 2002 penulis langsung bekerja di PT DELTA GUNA SUKSES yang beralamatkan di Gumuk Mas sebagai teknisi listrik, kemudian penulis kuliah di Universitas Muhammadiyah Jember, jurusan Teknik Elektro, selain sebagai mahasiswa, penulis merupakan Supervisor Engineering di PT. ASIAN HYBRID SEED TECHNOLOGIES INDONESIA.</p>