



## Alat Pemeras Lendir (*Depulper*) dan Pengering Biji Kakao Berbasis *Programmable Logic Controller (PLC)*

Retno Tri Wahyuni<sup>1</sup>, Dodi Saputra<sup>2</sup>, Elva Susianti<sup>3</sup> dan Amirul Huda<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Politeknik Caltex Riau, Departemen, email: [retnotri@pcr.ac.id](mailto:retnotri@pcr.ac.id)

<sup>2</sup>Politeknik Caltex Riau, Departemen, email: [dodi@alumni.pcr.ac.id](mailto:dodi@alumni.pcr.ac.id)

<sup>3</sup>Politeknik Caltex Riau, email: [elva@pcr.ac.id](mailto:elva@pcr.ac.id)

<sup>4</sup>Politeknik Caltex Riau, email: [amirul@pcr.ac.id](mailto:amirul@pcr.ac.id)

### Abstrak

Kualitas biji kakao kering sangat tergantung pada proses pengeringannya. Laju pengeringan biji kakao perlu diatur agar kualitas biji kakao kering tetap terjaga. Laju pengeringan yang terlalu cepat menyebabkan asam asetat terperangkap dalam biji yang mempengaruhi aroma dan rasa. Laju pengeringan yang lambat menyebabkan biji kakao membusuk atau tumbuh tunas. Proses pengeringan biji kakao dapat dilakukan secara konvensional menggunakan panas matahari atau menggunakan mesin pengering. Penggunaan mesin pengering memungkinkan pengeringan kapan saja tanpa dipengaruhi cuaca. Mesin pemeras dan pengering biji kakao merupakan alat yang dirancang dari segi mekanik dan elektronik agar dapat mengeringkan biji kakao dengan baik. Pengujian secara mekanik menunjukkan bahwa mesin cukup stabil untuk mengeringkan kakao sampai dengan berat 5Kg dengan putaran motor maksimal 1000rpm. Sistem elektronik terdiri dari bagian input, kontroller dan output. Bagian input terdiri dari tombol *start stop* dan sensor *thermocouple*, kontroller berupa *programmable logic controller (PLC)* sedangkan output berupa elemen pemanas (*heater*) dan motor AC. Pada mesin pengering biji kakao ini, suhu yang paling sesuai agar laju pengeringan tepat adalah sebesar 50<sup>0</sup> Celcius. Silinder pengering diputar menggunakan motor AC agar energi panas dapat tersebar secara merata. Hasil uji coba menunjukkan bahwa mesin pengering dapat mengontrol suhu silinder stabil disekitar 50<sup>0</sup> Celcius dan dapat mengeringkan biji kakao dalam waktu 3, sampai dengan 5 jam tergantung berat biji yang dikeringkan dan kandungan airnya. Konsumsi daya listrik rata-rata pada mesin adalah sebesar 0,542 KWh.

**Kata kunci:** Biji Kakao, *Thermocouple*, *Programmable Logic Control (PLC)*, *Heater*, Motor AC.

### Abstract

The quality of dry cocoa beans is highly dependent on the drying process. The drying rate of cocoa beans needs to be regulated so that the quality of dry cocoa beans is maintained. The drying rate that is too fast causes the acetic acid to become trapped in the seeds, affecting the smell and taste. The slow drying rate causes the cocoa beans to rot or to sprout. The drying process of cocoa beans can be done conventionally using the sun's heat or using a drying machine. The use of a drying machine allows drying at any time without being affected by the weather. A cocoa bean press and drying machine is a device designed from a mechanical and electronic perspective to properly dry the cocoa beans. Mechanical testing shows that the machine is stable enough to dry cocoa up to 5 kg with a maximum motor rotation of 1000 rpm..

The electronic system consists of input, controller and output parts. The input section consists of a start stop button and a thermocouple sensor, the controller is a programmable logic controller (PLC) while the output is a heating element (heater) and an AC motor. In this cocoa bean drying machine, the most suitable temperature for the proper drying rate is 50<sup>0</sup> Celsius. The drying cylinder is rotated using an AC motor so that heat energy can be distributed evenly. The test results show that the drying machine can control a stable cylinder temperature around 50<sup>0</sup> Celsius and can dry the cocoa beans in 3 to 5 hours depending on the weight of the beans being dried and their water content. The average electric power consumption for the machine is 0.542 KWh.

**Keywords:** *Cocoa Beans, Thermocouple, Programmable Logic Control (PLC), Heater, AC Motor,*

## 1. Pendahuluan

Coklat yang biasa kita makan berasal dari biji buah kakao atau dalam bahasa latinnya *Theobroma cacao*. Tanaman kakao secara garis besar dibagi menjadi tiga kelompok besar yaitu criollo, forastero, dan trinitario. Criollo menghasilkan biji kakao dengan aroma yang sangat kuat tanpa rasa pahit, tetapi sensitif terhadap perubahan iklim dan serangan hama penyakit dengan jumlah produksi relatif rendah. Berbeda dengan criollo, forastero lebih tahan perubahan iklim dan serangan hama, jumlah produksinya relatif besar tetapi bijinya memiliki aroma yang lemah dengan rasa yang pahit. Biji kakao Indonesia sendiri sebagian besar masuk dalam jenis Trinitario yang merupakan hasil persilangan dari criollo dan forastero dengan sifat yang mirip dengan criollo (Mubarak, 2017). Buah kakao berbentuk bulat panjang (panjang sekitar 15-25 cm dan lebar 7-10 cm) dengan kulit yang relatif tebal (10-15 mm). Warnanya yang hijau pada saat masih muda berganti menjadi kuning, oranye, merah atau ungu ketika masak, walaupun pada beberapa varietas warnanya tetap hijau ketika buah masak. Pulp atau daging buah menutupi 20-40 buah biji kakao. Pada buah yang masak, pulp memiliki konsistensi lunak dan berlendir dengan rasa yang manis dan warna putih seperti susu. Biji kakao sendiri berbentuk oval pipih. Panjang biji sekitar 2 cm dengan lebar sekitar 1 cm dan berat  $\pm 1$  gram jika dikeringkan.

Produksi biji kakao di Indonesia secara signifikan terus meningkat, namun mutu yang dihasilkan sangat rendah dan beragam, antara lain kurang terfermentasi, tidak cukup kering, ukuran biji tidak seragam, kadar kulit tinggi, keasaman tinggi, cita rasa sangat beragam dan tidak konsisten (Nurhidayah, 2011). Untuk memperoleh biji kakao yang bermutu baik harus diperhatikan penanganan pasca panen dengan baik. Salah satu tahap proses yang perlu diperhatikan dalam pengolahan biji kakao adalah proses pengeringan. Pada dasarnya untuk mengeringkan biji kakao yang telah dipanen ialah dengan cara menjemur biji kakao di bawah sinar matahari secara langsung selama 5-7 hari tergantung pada cuaca. Namun saat musim hujan, biji kakao tidak dapat dijemur sehingga biji kakao akan bertunas, menghitam dan membusuk.

Dalam proses pengeringan biji kakao, parameter penting yang perlu dikendalikan selama pengeringan adalah laju pengeringan. Laju pengeringan ekstrim harus dicegah karena cenderung memberikan dampak negatif pada biji. Jika pengeringan terlalu lambat, menyebabkan berkembangnya jamur sehingga ini sebagai pemacu timbulnya aroma kurang sedap yang tidak disukai. Jika pengeringan berlangsung sangat cepat, maka oksidasi asam asetat menjadi terhalang dan ini menyebabkan asam tersebut terperangkap di dalam biji. Kandungan asam yang berlebih pada akhirnya mempengaruhi aroma atau rasa biji (Dina *et al.*, 2018).

Pengeringan merupakan proses mengurangi kadar air pada suatu bahan sampai pada batas tertentu dengan menggunakan energi panas. Prinsip dasar proses pengeringan adalah proses penguapan kandungan air pada bahan ke udara yang memiliki kandungan air lebih sedikit dari bahan. Pada proses pengeringan terjadi perpindahan panas dari lingkungan ke bahan dan perpindahan massa ke lingkungan. Proses perpindahan panas dipengaruhi oleh perubahan temperatur pengering dan proses perpindahan massa air dipengaruhi oleh transfer panas dan

transfer momentum. Perpindahan massa air ditandai dengan pengurangan massa bahan dan perubahan bentuk fisik (tekstur, warna dan fasa) (Novrinaldi *et al*, 2019).

Proses pengeringan dapat dilakukan secara konvensional maupun secara mekanis menggunakan alat pengering. Pengeringan metode konvensional sangat mudah dan murah untuk dilakukan namun sangat tergantung pada cuaca. Kelemahan lain pengeringan konvensional adalah dibutuhkan lahan yang luas serta kemungkinan kontaminasi dengan benda asing yang cukup tinggi sehingga mengurangi tingkat higienitas. Proses pengeringan secara konvensional biasanya juga memakan waktu lebih lama. Sedangkan pengeringan menggunakan alat pengering dapat dilakukan kapan saja dengan kapasitas sesuai kebutuhan. Kelemahan pengeringan secara mekanis ini adalah membutuhkan biaya tambahan karena membutuhkan sumber energi untuk pengeringan. Namun pengeringan secara mekanis ini sering kali dipilih dengan pertimbangan kecepatan proses pengeringan, cuaca, higienitas dan keterbatasan tempat. Sumber pengeringan mekanis dapat berasal dari energi panas yang berasal dari api, uap panas maupun menggunakan pemanas listrik.

Penelitian mengenai mesin pengering telah banyak dilakukan, salah satunya untuk pengeringan biji kakao. Dina *et al* dalam penelitiannya melakukan kajian pada berbagai metode pengeringan biji kakao. Hasil dari kajian menunjukkan bahwa pengeringan dengan menggunakan metode konvensional merupakan metode terbaik untuk menghasilkan biji kakao dengan kualitas terbaik asalkan dilakukan dengan metode yang benar. Penelitian tersebut selanjutnya mengkaji lebih jauh bagaimana efektifitas metode pengeringan dengan menggunakan mesin pengering tenaga surya. Proses pengeringan dengan menggunakan tenaga surya tersebut dilakukan selama 3 hari. Dari penelitian tersebut disimpulkan bahwa metode yang digunakan hanya mampu beroperasi pada suhu 31-48°C sedangkan suhu optimal pengeringan adalah 55-65°C (Dina *et al*, 2013).

Penelitian lain dilakukan oleh Ahmad *et al* mengenai perancangan ulang alat pengering biji kakao tipe *rotary* sederhana. Dalam penelitian tersebut dilakukan perancangan mesin pengering dengan melakukan optimasi pada dimensi mesin dan desain agar distribusi panas lebih merata. Mesin yang dirancang berbentuk silinder dan memiliki kapasitas besar yaitu 200Kg serta memanfaatkan panas yang diperoleh dari kayu yang dibakar. Dalam penelitian tersebut disajikan beberapa desain mesin menggunakan software simulasi. Hasil dari desain simulasi menunjukkan bahwa suhu rata-rata mesin pengering adalah sebesar 65,3°C dengan penyesuaian desain pada ukuran dan desain pipa logam (Ahmad *et al*, 2017).

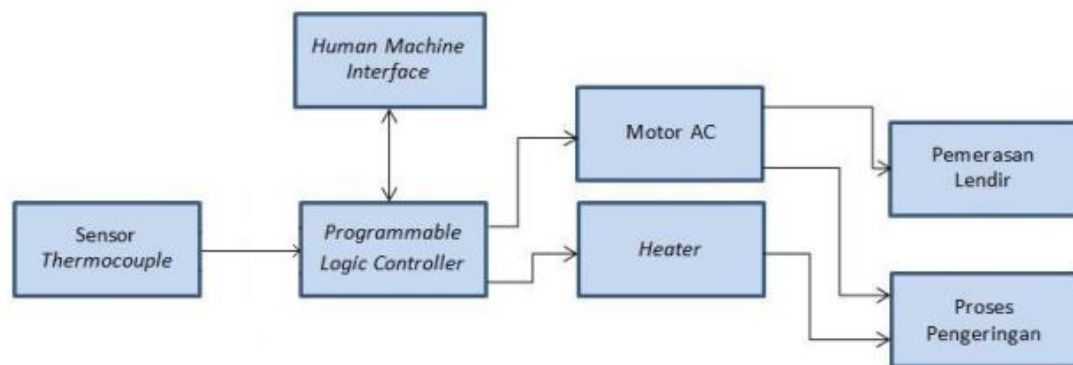
Mesin pengering biji kakao juga telah banyak dijual di pasaran, namun rata-rata memiliki kapasitas besar dan membutuhkan energi listrik dengan daya yang besar. Keberadaan mesin tersebut cocok untuk petani skala besar. Namun kebutuhan akan mesin pengering ini juga dirasakan oleh petani skala kecil. Keberadaan mesin pengering skala kecil yang simple dengan daya listrik kecil dan mudah dalam pengoperasiannya adalah solusinya. Permasalahan tersebut yang menjadi latar belakang perancangan mesin pengering kakao yang akan disajikan pada paper ini.

Dalam paper ini akan dibahas mengenai mesin pengering biji kakao yang memanfaatkan energi listrik untuk menghasilkan energi panas. Pertimbangan pemilihan energi listrik adalah karena kebersihan dan level kemudahan dan keamanan dalam pengoperasiannya. Mesin pengering dirancang untuk kapasitas petani skala kecil. Parameter yang akan dikontrol adalah temperatur dan belum melibatkan parameter kelembaban udara. Alat yang dibangun merupakan alat untuk pemeras lendir (*depulper*) dan pengering biji kakao dengan *controller* menggunakan *Programmable Logic Controller (PLC)*. Pengontrolan PLC banyak digunakan untuk mesin-mesin produksi dengan pertimbangan kehandalan. Pengontrolan menggunakan PLC juga digunakan pada mesin pengering gabah (Leo *et al*, 2019). Pada mesin pengering kakao ini, proses pengeringan dilakukan pada tabung silinder. Mekanisme pemeras lendir dan pengeringan dilakukan dengan memberikan gerak berputar, menggesekkan dengan permukaan kasar dan

memberikan pemanasan pada biji kakao basah pada suhu tertentu. Suhu pada tabung silinder dapat diatur sesuai dengan keinginan yang diinput melalui perangkat *Human Machine Interface (HMI)*. Metode pengaturan suhu menggunakan prinsip *close loop system* menggunakan metode kontrol *on-off*.

## 2. Metode

Penelitian ini melalui beberapa tahapan yaitu berupa perancangan sistem mekanik, perancangan sistem elektronik, integrasi sistem mekanik dan elektronik, pengujian dan evaluasi. Untuk mempermudah memahami sistem maka perancangan sistem disajikan dalam diagram blok berikut.



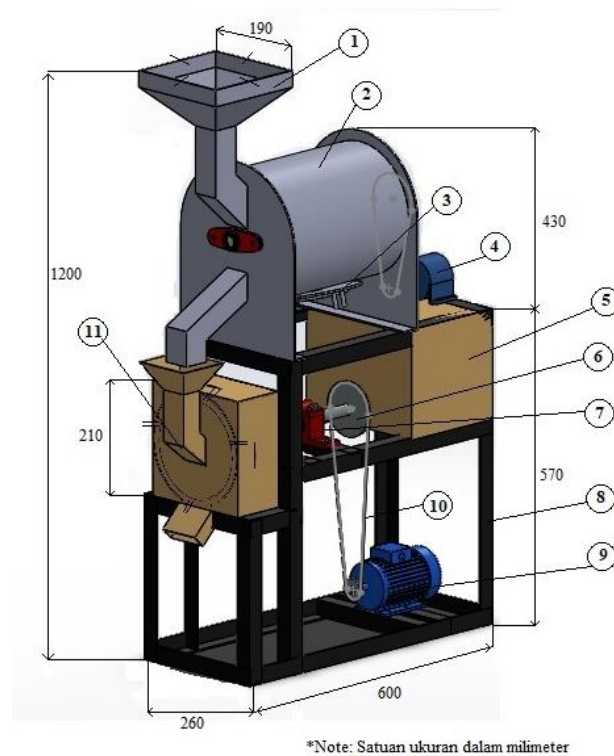
Gambar 1. Diagram Blok Sistem

Dari diagram blok di atas dapat dijelaskan sebagai berikut.

- Biji kakao yang telah dipanen dan dipisahkan bijinya dimasukkan kedalam tabung pengering, tabung pengering ini memiliki 2 buah fungsi yaitu sebagai proses pemerasan lendir kakao dan juga sebagai tempat pengeringan biji kakao.
- Pada proses pemerasan lendir kakao, motor akan memutar tabung ini dengan kecepatan yang dapat diatur sehingga lendir yang terdapat pada biji kakao akan terpisah.
- Setelah proses pemerasan lendir kakao selesai (pengaturan waktu 2 menit), elemen pemanas akan aktif dan motor akan tetap berputar dengan kecepatan yang dikurangi oleh rangkaian *dimmer*. Sehingga proses yang aktif adalah proses pengeringan dengan suhu  $\pm 50^{\circ}$  Celcius.
- Proses pengadukan biji selama pengeringan bertujuan agar biji kakao dapat kering secara merata.
- Setelah proses pengeringan selesai, maka semua sistem akan mati.
- HMI akan digunakan sebagai *interface* pada proses depulper dan proses pengeringan biji kakao.

## Perancangan Mekanik

Alat pemerasan lendir (*depulper*) dan pengering biji kakao terdiri dari bagian mekanik dan elektronik. Pada bagian mekanik dirancang agar dapat mengeringkan dengan merata. Agar pengeringan terjadi secara merata maka mekanik didesain agar biji kakao tidak dipanaskan pada posisi statis sehingga biji kakao harus dibolak-balik atau digerakkan. Pada bagian silinder terdapat bagian yang dapat berputar yang digerakkan oleh motor. Silinder yang berputar dikopel dengan motor dengan menggunakan *v-belt*. Bagian silinder yang bergerak dilindungi oleh bagian luar silinder yang berfungsi sebagai pelindung dan penahan panas. Berikut merupakan rancangan mekanik dari alat.



**Gambar 2. Desain Mekanik Mesin**

Keterangan gambar:

- |   |                                      |
|---|--------------------------------------|
| 1) Corong untuk Memasukkan biji kakao basah         | 5) Kotak Panel Rangkaian Elektronika |
| 2) Silinder pemeras lendir dan pengering biji kakao | 6) Bearing                           |
| 3) Tempat keluarnya air perasan biji kakao          | 7) Dudukan Bearing                   |
| 4) Pulley   | 8) Rangka Penyangga                  |
|   | 9) Motor AC                          |
|   | 10) V-Belt                           |

Pada perancangan mekanik tersebut terdapat bagian 3 bagian utama yaitu bagian rangka, bagian pemeras lendir dan bagian penggerak. Secara keseluruhan mesin memiliki dimensi panjang 75cm, lebar 46cm dan tinggi 87cm. Bagian rangka dibuat dari besi siku ukuran 3/3cm dan dinding plat besi ukuran 1,4mm. Tabung bagian luar terbuat dari plat stainless. Pada bagian pemeras lendir dilakukan desain khusus agar dapat melakukan pemerasan lendir dengan baik serta dapat membantu pendistribusian panas dengan baik. Pada silinder bagian dalam didesain dengan permukaan kasar dan diberi celah pembuangan air sehingga kandungan air dapat terlepas dari biji kakao. Selain itu pemberian celah bertujuan agar sirkulasi panas yang diterima biji kakao juga lebih lancar. Berikut merupakan desain tabung bagian dalam pada mesin pengering kakao.

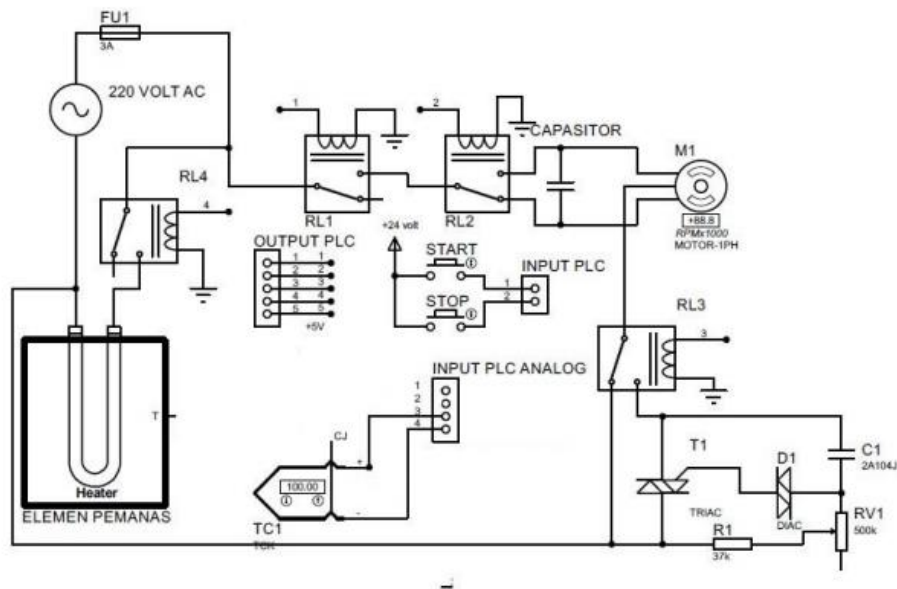


Gambar 3. Desain Tabung Bagian Dalam

Pada bagian penggerak mekanik, diperlukan sistem transmisi untuk meneruskan sumber daya berupa putaran motor listrik ke sumber daya yang lain yaitu tabung bagian dalam mesin pengering agar dapat berputar sesuai yang diharapkan. Pada perancangan mekanik digunakan sistem transmisi menggunakan *v-belt*. Pemilihan sistem transmisi *v-belt* dengan pertimbangan tata letak dan kemudahan dalam desain. Bagian mekanik pada sistem transmisi penggerak mekanik antara lain berupa *v-belt*, *pulley*, *bearing* danudukan *bearing* seperti terlihat pada Gambar 2.

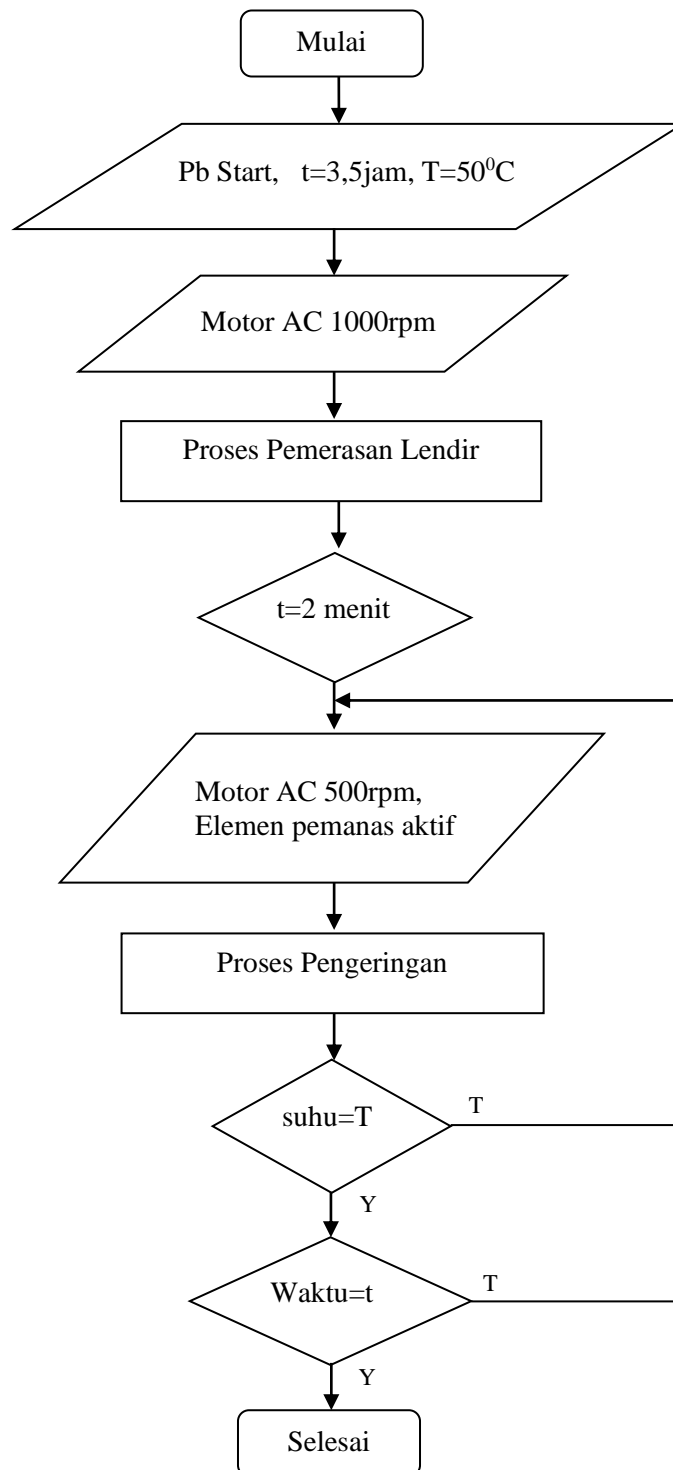
### Perancangan Elektronik

Rancangan elektronik terdiri dari bagian input, kontroller dan output. Berikut merupakan rancangan elektronik dari sistem.



Gambar 4. Rancangan Rangkaian Elektronika

Pada rancangan elektronik diatas dapat dilihat bahwa pada PLC terdapat dua jenis input yaitu input PLC yang merupakan input digital yaitu *push button start* dan *stop*. Selain itu terdapat input analog yaitu sensor *thermocouple*. Sedangkan pada bagian output terhubung dengan 4 buah *relay*, yaitu 2 *relay* untuk mengatur penyalan elemen pemanas dan 2 *relay* untuk mengatur penyalan motor AC. Selain itu PLC juga terhubung dengan perangkat HMI. Sinyal input dan output pada PLC diatur oleh PLC yang bertindak sebagai *controller*. PLC merupakan perangkat untuk mengontrol sinyal agar proses sesuai dengan yang diharapkan dengan cara diprogram. Salah satu bahasa pemrograman pada PLC yang sering digunakan pada PLC adalah *ladder diagram*. Berikut merupakan *flow chart* program pada PLC.

**Gambar 5. Flow Chart Program PLC**

Pada *flow chart* diatas nilai t merupakan nilai *setting* waktu sedangkan T adalah *setting* suhu. Kedua nilai tersebut dapat diinputkan melalui HMI. Nilai *setting* dapat diatur sesuai dengan yang diinginkan. Pada *flow chart* diatas nilai t diset pada 3,5 jam dan T pada nilai 50°C. Nilai waktu pada *flow chart* diatas merupakan nilai pembacaan dari *real time clock (RTC)* dari PLC sedangkan nilai suhu merupakan hasil pembacaan dari sensor *thermocouple*. Suhu dijaga agar tetap 50°C dengan mengatur aktif dan tidaknya elemen pemanas. Pemeilihan suhu 50°C

dilakukan dengan metode eksperimen dengan dimulai pada kisaran suhu yang terdapat pada penelitian (Dina *et al*, 2013). Berdasarkan metode eksperimen dengan menyesuaikan desain mesin yang dibuat, suhu yang menghasilkan biji kakao kering terbaik adalah sebesar 50°C.

### Metode Pengujian

Pengujian mesin pemeras lendir dan pengering biji kakao dilakukan dengan menguji kinerja sistem mekanik dan elektronik. Pengujian mekanik dilihat dari kesetabilan putaran tabung bagian dalam dan kestabilan rangka (rangka tidak goyang). Sedangkan pengujian sistem elektronik meliputi pengujian kinerja sensor, pengujian putaran motor, dan pengujian kinerja pengontrolan suhu. Secara keseluruhan pengujian alat dilakukan dengan menguji alat dengan melakukan pengeringan terhadap berat kakao yang bervariasi.

## 3. Hasil dan Analisis

### Kinerja Sistem Mekanik

Kinerja sistem mekanik dalam penelitian diuji dengan melihat kondisi mesin terhadap kerja sistem penggerak. Sistem penggerak pada mesin pemeras lendir dan pengering biji kakao merupakan bagian penting karena pergerakan tabung bagian dalam mesin menentukan tingkat keberhasilan proses pemerasan lendir dan pengeringan. Sistem penggerak ini dipengaruhi oleh desain mekanik dan juga sistem elektronik. Desain mekanik yang tidak baik akan menyebabkan mesin akan bergetar hebat sehingga mesin akan goyang jika diberi kecepatan tinggi. Selain itu pemberian beban yang beragam juga mempengaruhi getaran pada mesin. Pada pengujian sistem penggerak ini dilakukan pengujian dengan memberikan tegangan yang bervariasi pada motor AC sehingga motor berputar dengan kecepatan beragam. Berdasarkan data sheet motor AC yang digunakan menunjukkan bahwa kecepatan maksimum motor adalah sebesar 1500rpm.

**Tabel 1. Hasil Pengujian Kondisi Mesin Terhadap Kerja Sistem Penggerak**

| <b>Kecepatan Motor</b> | <b>Berat Biji Kakao</b> | <b>Kondisi Mesin</b>    |
|------------------------|-------------------------|-------------------------|
| >1000rpm sd 1500 rpm   | Tanpa biji kakao        | Tidak Bergetar          |
|                        | 400 gram                | Tidak Bergetar          |
|                        | 1Kg                     | Getaran Ringan          |
|                        | 2Kg                     | Bergetar Hebat (goyang) |
|                        | 3 Kg                    | Bergetar Hebat (goyang) |
|                        | 4 Kg                    | Bergetar Hebat (goyang) |
|                        | 5 Kg                    | Bergetar Hebat (goyang) |
| <= 1000 rpm            | Tanpa biji kakao        | Tidak Bergetar          |
|                        | 400 gram                | Tidak Bergetar          |
|                        | 1Kg                     | Tidak Bergetar          |
|                        | 2Kg                     | Tidak Bergetar          |
|                        | 3 Kg                    | Tidak Bergetar          |
|                        | 4 Kg                    | Tidak Bergetar          |
|                        | 5 Kg                    | Tidak Bergetar          |

Hasil pengujian menunjukkan bahwa rangka pada desain mekanik mampu menopang beban dalam kondisi diam maupun dalam kondisi tabung bergerak dengan kecepatan maksimum 1000rpm baik dalam kondisi tanpa maupun dengan beban maksimum sebesar 5Kg. Pada saat diberi kecepatan lebih besar dari 1000rpm maka mesin akan mulai bergetar hebat saat diberi beban lebih besar sama dengan 2Kg. Dapat disimpulkan bahwa desain mekanik mesin sudah mampu menjawab kebutuhan sistem mengingat spesifikasi mesin yang diharapkan adalah mesin dengan kapasitas maksimal 5Kg dengan kecepatan putaran tabung saat pemerasan adalah 1000rpm.



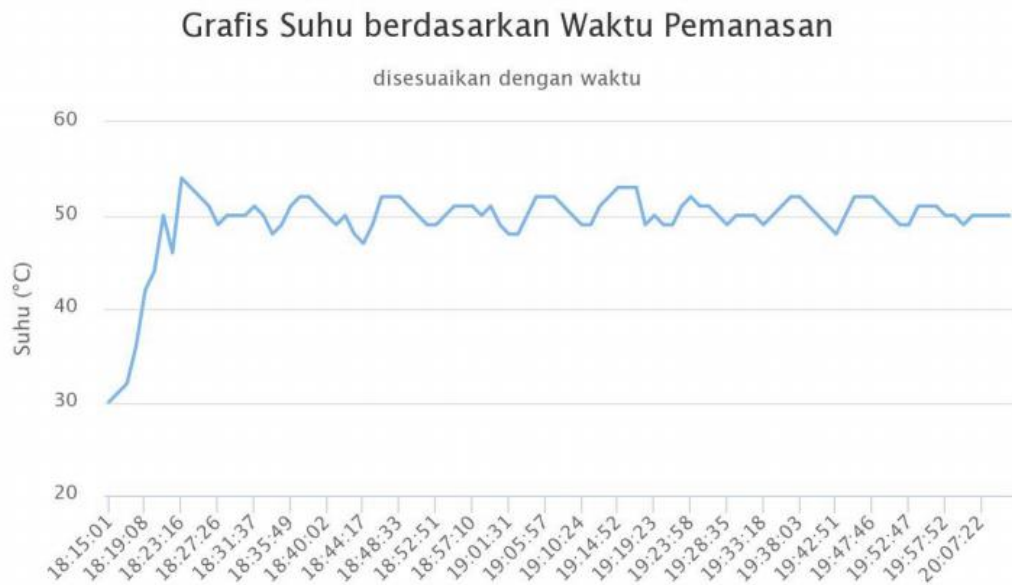
### Suhu pada Proses Pengeringan dan Kinerja Pengontrolan Suhu

Pada pengujian ini dilakukan pemantauan suhu silinder pengering pada saat kosong dan saat diisi biji kakao. Pada proses pengeringan nilai set poin suhu yang diberikan pada silinder pengering adalah sebesar  $50^{\circ}\text{C}$ . Saat sistem dinyalakan suhu silinder makin meningkat hingga mencapai suhu  $50^{\circ}\text{C}$  dan kemudian pemanas dimatikan. Saat pemanas dimatikan suhu masih terus meningkat hingga  $56^{\circ}\text{C}$  karena udara terkungkung dalam silinder dan tidak terjadi perpindahan panas pada biji kakao karena silinder kosong. Suhu kemudian berangsur turun dan saat suhu mencapai  $49^{\circ}\text{C}$  pemanas akan diaktifkan kembali. Berikut grafik performansi suhu silinder saat dipanaskan dalam keadaan kosong.



**Gambar 6. Suhu di tabung saat tanpa biji kakao**

Pengujian selanjutnya dilakukan dengan mengisi silinder dengan biji kakao seberat 400gram. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada tabung pengering suhu naik dengan waktu yang lebih lama dari percobaan tanpa biji kakao. Pada pengujian tanpa biji kakao, dibutuhkan waktu kurang lebih 6 menit untuk mencapai suhu  $50^{\circ}\text{C}$ , sedangkan pada saat diisi kakao seberat 400gram dibutuhkan waktu selama sekitar 8 menit. Waktu untuk mencapai suhu tersebut akan semakin lama sesuai dengan bertambahnya jumlah kakao yang ada dalam silinder pengering. Seperti pada pengujian tanpa biji kakao, kondisi suhu pada tabung silinder saat diberi biji kakao seberat 400gram juga cukup stabil berada pada kisaran  $50^{\circ}\text{C}$ . Hal ini menunjukkan bahwa pengontrolan suhu dengan menggunakan metode kontrol *on-off* cukup baik dalam merespon perubahan suhu sehingga suhu tabung silinder tetap berada disekitar  $50^{\circ}\text{C}$ . Berikut merupakan tampilan grafik kenaikan suhu pada pengujian dengan berat biji kakao 400gram.



**Gambar 7. Suhu di tabung saat proses pemanasan biji kakao seberat 200gram**

### Waktu Proses Pengeringan

Pengujian selanjutnya adalah untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan mesin dalam melakukan proses pengeringan biji kakao dengan berat biji kakao yang beragam. Pada pengujian ini dilakukan pengecekan terhadap kondisi biji setiap 30 menit. Tabel 2 menunjukkan rangkuman hasil pengujian lama waktu pengeringan. Dari data pengujian tersebut dapat disimpulkan bahwa mesin pengering dapat mengeringkan biji kakao dari berat 100 gram sampai dengan 5Kg dengan kisaran waktu 3-5 jam sesuai dengan berat dan kandungan air.

**Tabel 2. Perbandingan Waktu Hasil Pengeringan**

| Berat Biji (gr)  | Lama Pengeringan | Hasil        |        |
|------------------|------------------|--------------|--------|
|                  |                  | Tidak Kering | Kering |
| 100, 200 dan 300 | 60               | V            |        |
|                  | 120              | V            |        |
|                  | 180              |              | V      |
| 400 dan 500      | 60               | V            |        |
|                  | 120              | V            |        |
|                  | 180              | V            |        |
|                  | 210              |              | V      |
| 1000 dan 2000    | 60               | V            |        |
|                  | 120              | V            |        |
|                  | 180              | V            |        |
|                  | 210              | V            |        |
|                  | 240              |              | V      |

| Berat Biji (gr) | Lama Pengeringan | Hasil        |        |
|-----------------|------------------|--------------|--------|
|                 |                  | Tidak Kering | Kering |
| 3000 dan 4000   | 60               | V            |        |
|                 | 120              | V            |        |
|                 | 180              | V            |        |
|                 | 210              | V            |        |
|                 | 240              | V            |        |
|                 | 270              |              | V      |
| 5000            | 60               | V            |        |
|                 | 120              | V            |        |
|                 | 180              | V            |        |
|                 | 210              | V            |        |
|                 | 240              | V            |        |
|                 | 270              | V            |        |
|                 | 300              |              | V      |

### Tampilan Hasil Pengeringan

Berikut merupakan hasil pemerasan lendir dan pengeringan biji kakao. Dari tampilan biji kakao yang dihasilkan sudah baik dilihat dari segi warna maupun kandungan airnya.



Gambar 8. Hasil Pengeringan Biji Kakao.

### Kebutuhan Daya Listrik

Kebutuhan daya listrik untuk menjealankan mesin adalah sebesar 680W. Konsumsi daya listrik, alat ini cukup hemat. Pengujian terhadap penggunaan listrik telah dilakukan dengan menggunakan alat *Digital panel power watt meter* monitoring KWh. Berikut merupakan konsumsi daya mesin pengering yang dipantau tiap jam. Pengujian dilakukan dengan beban biji kakao seberat 1Kg.

| Waktu                              | Konsumsi Daya | Konsumsi Daya/Jam |
|------------------------------------|---------------|-------------------|
| 1 jam                              | 0,65 KWh      | 0,65 KWh          |
| 2 jam                              | 1,12 KWh      | 0,56 KWh          |
| 3 jam                              | 1,52 KWh      | 0,51 KWh          |
| 4 jam                              | 2,00 KWh      | 0,5 KWh           |
| 5 jam                              | 2,45 KWh      | 0,49 KWh          |
| <b>Konsumsi Daya Rata-rata/jam</b> |               | 0,542 KWh         |

Dari hasil percobaan dapat disimpulkan bahwa rata-rata konsumsi daya perjam adalah sekitar 0,542KWh. Untuk kondisi operasi mesin selama 5 jam pengeringan mengkonsumsi daya sebesar 2,45Kwh dengan biaya tarif dasar listrik per Kwh adalah sebesar Rp. 1.444,7 maka biaya yang dibutuhkan adalah sebesar Rp. 3.539,6. Sehingga biaya rata-rata untuk pengeringan adalah sebesar Rp. 707,9/Kg. Dapat disimpulkan bahwa adanya tambahan biaya tersebut tidak terlalu signifikan.

#### 4. Kesimpulan

Setelah melakukan serangkaian pengujian dan analisa terhadap maka dapat disimpulkan bahwa:

- 1) Mesin pemeras lendir dan pengering biji kakao didesain dari segi mekanik dan elektronik sehingga dapat memeras lendir dan mengeringkan biji kakao dengan baik.
- 2) Pengujian mekanik menunjukkan bahwa desain mekanik cukup kokoh untuk beban maksimal 5Kg dan putaran maksimum motor sebesar 1000rpm.
- 3) Suhu pengeringan pada tabung dijaga pada level 50°C agar tidak terjadi panas berlebih. Laju pengeringan ekstrim harus dicegah karena cenderung memberikan dampak negatif pada biji seperti biji menghitam dan asam asetat terperangkap pada biji yang akan mempengaruhi aroma dan rasa.
- 4) Proses pengontrolan suhu dengan metode *on off* pada silinder pengering berjalan dengan baik, hal ini dapat dilihat dari range suhu silinder tetap terjaga sekitar nilai 50°C selama proses pengeringan.
- 5) Proses pengeringan rata-rata berlangsung dalam waktu 3 sampai dengan 5 jam tergantung pada jumlah biji kakao yang ada pada silinder dan kandungan air pada biji kakao tersebut.
- 6) Daya listrik yang dibutuhkan untuk mengoperasikan alat adalah sebesar 680W dengan konsumsi daya listrik rata-rata adalah 0,542 KWh.

#### Daftar Pustaka

- [1] Mubarok, Z. (2017, October 20). Proses Pengolahan Coklat. Retrieved February 11, 2018, from Chocofaza: <http://chocofaza.net/proses-pengolahan-coklat/>
- [2] Nurhidayah. (2011). Pasca Panen Tanaman Kakao. Retrieved March 15, 2018, from Petani Hebat: <https://www.petanihebat.com/2014/09/pasca-panentanaman-kakao.html>
- [3] Dina, F.S, Rambe, S.M, Sipahutar, E.H, 2017, 'Rancang Bangun dan Performa Pengering Surya Dibantu Poma Kalor untuk Pengeringan Biji Kakao', *Jurnal Teknik dan Teknologi*, Vo. 12 No. 23, Hal. 1-9.

- [4] Novrinaldi, Putra, A.A, 2019, 'Pengaruh Kapasitas Pengeringan Terhadap Karakteristik Gabah Menggunakan Swirling Fluidized Bed Dryer (SFBD)', *Jurnal Riset Teknologi Industri*, Vol. 13 No.2, Hal. 111-124.
- [5] Dina, F.S, Napitupulu, F.H, Ambarita, H, 2013, 'Kajian Berbagai Metode Pengeringan Untuk Peningkatan Mutu Biji Kakao Indonesia', *Jurnal Riset Industri*, Vol. 7 No.1, Hal. 35-52.
- [6] Risano, A.Y.E.R, Tanti, N, Efendi, M, 2017, 'Perancangan Ulang Alat Pengering Biji Kakao Tipe Rotari Sederhana Pada Usaha Mandiri DI Desa Wiyono Kabupaten Pesawaran', *Jurnal Teknik Mesin Univ. Muhammadiyah Metro*, Vol. 6 No.2, Hal. 150-158.
- [7] Hermansyah, L, Kharis, H & Slamet, P, 2019, 'Perancangan Alat Pengering Gabah Berbasis PLC', *El Sains : Jurnal Elektro*, Vol. 1, No 1, Hal. 39-46.