

SAIFUDDIN MUHAMMAD JALIL

MIKROKONTROLER

**KOPI**



Saifuddin Muhammad Jalil

# **MIKROKONTROLER DAN KOPI**



**CV. SEFA BUMI PERSADA - ACEH  
2020**

# MIKROKONTROLER DAN KOPI

**Penulis : Saifuddin Muhammad Jalil**

Hak Cipta © 2020 pada Penulis

*Hak Cipta dilindungi undang-undang. Dilarang memperbanyak atau memindahkan sebagian atau seluruh isi buku ini dalam bentuk apapun, baik secara elektronik maupun mekanis, termasuk memfotokopi, merekam atau dengan sistem penyimpanan lainnya, tanpa izin tertulis dari Penulis dan Penerbit*

Penerbit:

**SEFA BUMI PERSADA**

**Anggota Ikapi Aceh N0.021/DIA/2018**

Jl. Malikussaleh No. 3 Bayu Aceh Utara - Lhokseumawe

email: [www.sefabumipersada.com](http://www.sefabumipersada.com)

Telp. 085260363550

Cetakan I : Mei 2020– Lhokseumawe

**ISBN: 978-623-7648-53-6**

Halaman. 78

Ukuran 16,8 x 23 cm

## KATA PENGANTAR

Puji syukur hanya bagi Allah SWT. karena kuasa-Nya pula karya buku ini dapat selesai sesuai dengan waktu yang telah ditetapkan. Shalawat serta salam semoga terlimpah kepada teladan kita Nabi Muhammad SAW., juga kepada keluarganya, sahabatnya, dan para pengikutnya sampai akhir zaman.

Dalam kesempatan ini, untuk meningkatkan kualitas dosen, dan penguasaan materi yang dipelajari, penulis tertarik dalam meneliti teknik penggunaan energi terbarukan pada aplikasi terapan.

Sebagai manusia, tentunya tidak pernah lepas dari salah dan khilaf. Begitu juga buku yang ditulis pada karya tulis ini, di dalamnya terdapat kesalahan baik yang disengaja maupun tidak disengaja. Oleh karena itu, penulis terbuka terhadap saran dan kritik yang membangun dari siapapun, yang akan menjadi catatan dan perhatian untuk memperbaiki dan mengembangkannya agar mendekati kesempurnaan.

Diharapkan buku ini dapat bermanfaat bagi penulis sendiri, berguna bagi jurusan teknik elektro Universitas Malikussaleh, berguna bagi mahasiswa dan masyarakat.

Pada lembaran ini, penulis ingin menyampaikan rasa terimakasih dan penghargaan dari palung hati terdalam kepada:

1. Kedua orang tuaku yang tercinta Almarhum bapak M.Jalil Bin Ali dan Almarhumah Ibu Rosni Binti A. Gani yang selalu menjadi motivator utama dan selalu memberikan do'a dan restunya pada penulis.
2. Yeni Sari Binti Zainal Abidin yang selalu setia mendampingiku selama membuat buku ini.
3. Semua pihak yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu, yang telah memberikan bantuan moral dan materi yang tidak sempat disebutkan satu persatu atau karena

kekhilafan semata, dimanapun mereka berada. Semoga Allah mengganti dengan yang lebih baik dan berlipat ganda, amin. Jazakumulloh khairan katsiira.

Lhokseumawe, 27 Mei 2020

Penulis

# DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>Kata Pengantar</b> .....	<b>i</b>
<b>Daftar Isi</b> .....	<b>ii</b>
<b>Daftar</b> .....	<b>iii</b>
<b>Daftar Tabel</b> .....	<b>v</b>
<b>Bab I Pendahuluan</b>	
A. Latar Belakang.....	1
B. Permasalahan Yang Akan Di Teliti.....	3
C. Tujuan Khusus Penelitian.....	3
D. Keutamaan Penelitian.....	4
E. Temuan/ Inovasi Yang Di Targetkan .....	4
<b>Bab II Tinjauan Pustaka</b>	
A. Matahari Sebagai Sumber Energi Pada Pengeringan Biji Kopi.....	6
B. Tanaman Kopi.....	32
C. Prinsip Kerja Sel Surya .....	39
D. Modul Surya.....	41
E. Motor Steper Sebagai Penggerak Solar Panel dan Colektor .....	42
F. Mikrokontroler dan Prinsip Kerja Mikrokontroler .....	43
G. Sensor LDR.....	46
H. Resistansi Beban.....	47
I. Suhu Solar Cell Panel.....	47
J. Kolektor.....	48
K. Studi Pendahuluan Yang Telah Dilaksanakan Dan Hasil Yang Telah Dicapai .....	48
<b>Bab III Tujuan Dan Manfaat Penelitian</b>	
A. Tujuan Penelitian.....	50
B. Manfaat Penelitian .....	50

<b>Bab IV Metode Penelitian</b>	
A. Tahapan Penelitian .....	51
B. Studi Literatur.....	52
C. Metode Perancangan.....	52
D. Perakitan Alat.....	53
E. Pengumpulan Data .....	54
F. Analisa Data .....	54
<b>Bab V Hasil Dan Luaran Yang Dicapai</b>	
A. Gambaran umum lokasi penelitian.....	55
B. Realisasi Sistem .....	62
C. Perbandingan Data Pengeringan Biji Kopi.....	70
<b>Bab VI Kesimpulan Dan Saran</b>	
A. Kesimpulan.....	77
B. Saran .....	78
<b>Daftar Pustaka .....</b>	<b>79</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Jenis Pengering Kopi .....	11
Gambar 2.2 Pengeringan Kombinasi.....	25
Gambar 2.3 Drying Bed Parabolik.....	26
Gambar 2.4 Pulping.....	31
Gambar 2.5 Hulling .....	31
Gambar 2.6 Buah Kopi Matang .....	35
Gambar 2.7 Sortasi Buah Kopi .....	37
Gambar 2.8 Kulit Buah Kopi .....	37
Gambar 2.9 Mesin Pengupas Kopi.....	39
Gambar 4.10 Flow Chart Penelitian.....	51
Gambar 4.11 Rencana Desain .....	53
Gambar 5.12 Simulasi Solar Cell Traker .....	58
Gambar 5.13 Servo vertikal dan servo horizontal .....	59
Gambar 5.14 Virtual terminal .....	60
Gambar 5.15 Liquid Crystal Disc.....	60
Gambar 5.16 Arduino .....	61
Gambar 5.17 Bentuk Fisik Alat.....	62
Gambar 5.18 Pengukuran Tegangan yang dihasilkan Panel Surya 100 wp.....	62
Gambar 5.19 Pengukuran Suhu.....	62
Gambar 5.20 Pengukuran Tegangan Charging Baterai dan Masukan ke Baterai.....	64
Gambar 5.21 Pengukuran Tegangan Keluaran Baterai & Masukkan ke inverter .....	65
Gambar 5.22 Tegangan Keluaran pada Inverter .....	66
Gambar 5.23 Pengukuran Tegangan yang di Hasilkan Panel Surya dengan Adanya Beban.....	67
Gambar 5.24 Pengukuran Suhu.....	67
Gambar 5.25 Pengukuran Tegangan Masukan Charging Baterai.....	68
Gambar 5.26 Pengukuran Tegangan Keluaran Charging Baterai & Masukkan ke Inverter .....	69



Gambar 5.27 Tegangan Keluaran pada Inverter.....	70
Gambar 5.28 suhu pengeringan .....	72
Gambar 5.29 Suhu Pengeringan.....	75

## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Karakteristik Pengeringan Biji Kopi .....	54
Tabel 5.2 Pemanfaatan Lahan.....	55
Tabel 5.3 Pengeringan Biji Kopi Dengan Menggunakan Alat Pengering Biji Kopi Bertenaga Surya .....	71
Tabel 5.4 Pengeringan Biji Kopi Dengan Penjemuran Secara Manual.....	73

# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Pengeringan adalah proses penting dalam pelestarian tanaman pertanian dan industri, seperti produksi tekstil, pengolahan susu, pengolahan biji-bijian dan sebagainya. Kebutuhan energi untuk pengeringan dapat dipasok dari berbagai sumber, yaitu, listrik, gas alam, dan matahari. Meskipun penggunaan radiasi matahari untuk pengeringan telah ada sejak jaman dahulu, itu belum bernilai ekonomis dan dikomersialkan secara luas, terutama di sektor petani kopi dan industri rumahan pengolah kopi.

Mempertimbangkan penipisan sumber daya bahan bakar alami yang cepat habis karena meningkatnya biaya bahan bakar fosil, pengeringan dengan matahari diharapkan dapat menjadi alternatif utama di masa depan dalam proses pengeringan biji kopi dengan menggunakan panel surya. Selain itu, pertimbangan lingkungan dan kerusakan yang disebabkan oleh manusia karena meningkatnya konsumsi bahan bakar fosil mendorong para petani kopi dan industri kopi untuk menggunakan energi terbarukan sebagai sumber daya yang bersih dan berkelanjutan, sehingga penggunaan energi matahari untuk pengeringan akan terus berlanjut.

Pengeringan dengan menggunakan matahari diklasifikasikan menjadi beberapa kategori utama, salah satunya yaitu sektor pertanian dan industri pengolahan biji kopi, banyak yang dapat dimanfaatkan dari energi matahari sebagai bahan utama untuk proses pengeringan, salah satunya proses pengeringan biji kopi dengan pemanfaatan panel surya (solar panel) sebagai media penyerap panas sinar matahari dan kemudian dikonversi dalam satuan watt yang dihasilkan dan dikirek ke baterai dan beberapa komponen pendukung lainnya

untuk memaksimalkan pemanasan sehingga waktu yang di butuhkan akan lebih cepat dalam proses pengeringan biji kopi dibandingkan dengan yang dilakukan oleh petani kopi tradisional atau industri kopi seperti sekarang ini yang melakukan pengeringan biji kopi dengan cara konvensional yaitu dengan cara di jemur dibawah sinar matahari.

Masalah utama pada penelitian ini yaitu kebutuhan energi pada sektor hasil perkebunan sangatlah kurang terpenuhi, sehingga peneliti melakukan beberapa tahapan inovasi pada penggunaan panel solar dan kolektor surya untuk meningkatkan produktivitas hasil komoditi perkebunan dalam aplikasi proses pengeringan hasil produk perkebunan biji kopi untuk dapat meningkatkan hasil perekonomian masyarakat khususnya para petani kopi Aceh Tengah.

Berlatar belakang pada kebutuhan energi yang kontinyu, pengembangan teknologi tepat guna yang memanfaatkan sinar matahari sebagai energi terbarukan sangat sesuai aplikasinya pada alat pengering tenaga surya yang menggunakan sinar matahari untuk memanaskan udara pengering. Pemanfaatan energi sinar matahari dapat digunakan pada alat pengering biji kopi untuk mengurangi pemakaian energi berbasis fosil yang akan menyebabkan pemanasan global.

Pengolahan paska panen hasil komoditi perkebunan kopi mempunyai peranan penting dalam kehidupan masyarakat Indonesia, juga merupakan sumber pemasukan devisa negara yang cukup besar. Dengan adanya sistem penggunaan energi sinar matahari pada teknologi ini, diharapkan mampu mempercepat proses pengeringan, kuantitas serta kualitas produk paska panen. Sistem ini tidak terganggu dengan adanya musim hujan ataupun cuaca mendung.

## **B. Permasalahan Yang Akan Di Teliti**

Permasalahan utama yang diteliti pada penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana memodelkan dan mensimulasikan pembuatan dan pengembangan inovasi prototipe solar panel tracking using microcontroller ATmega dalam mengendalikan panel surya dan kolektor surya sebagai alat pengoptimalisasi kinerja prototipe sehingga menghasilkan tegangan, arus listrik dan serapan panas yang maksimum.
2. Melakukan pengujian pada alat tersebut sebagai hasil rancangan model hasil simulasi proteus untuk mengetahui nilai tegangan, arus dan panas yang dikeluarkan dari panel surya serta kolektor yang dikendalikan secara otomatis oleh mikrokontroler AT89S52.
3. Elemen utama dan elemen pendukung apa yang mengendalikan sistem solar tracking sehingga mampu menggerakkan tracking untuk mengikuti jejak sinar matahari secara otomatis.
4. Menganalisa berapa persentase serapan panas pada kolektor surya dan efisiensi dari peranti sel surya.
5. Bagaimana menjalankan perintah program mikrokontroler AT mega AT89S52 agar dapat mendeteksi titik cahaya matahari dalam mendapatkan perintah dari sensor pendeteksi secara otomatis.

## **C. Tujuan Khusus Penelitian**

Tujuan khusus penelitian ini yaitu untuk mensimulasikan dengan software proteus dan merancang prototipe tracking arah matahari secara otomatis untuk optimalisasi kerja solar panel dan kolektor surya berbasis mikrokontroler AT89S52 untuk pengeringan biji kopi. Tujuan khusus berikutnya untuk membangun prototipe sistem

tersebut dan menguji tingkat keberhasilan, efisiensi serta ekonomisnya dari prototipe yang dijalankan dengan perintah program mikrokontroler AT89S52 agar dapat mendeteksi titik cahaya matahari dari sensor pendeteksi secara otomatis dengan alat solar panel tracking using microcontroller yang telah di hasilkan. Beberapa pengukuran variabel tegangan dilakukan untuk mendapatkan titik maksimum optimalisasi pada panel surya.

#### **D. Keutamaan Penelitian**

Keutamaan pelaksanaan penelitian ini untuk:

1. Mendapatkan hasil optimalisasi sel surya untuk mendapatkan energi listrik tenaga surya secara maksimum dan ekonomis serta memaksimalkan kerja kolektor surya secara otomatis menggunakan sistem kendali cerdas.
2. Dapat mengetahui fungsi dan kerja peralatan hasil model rancangan sebagai bentuk keutamaan penelitian produk terapan.
3. Memberikan penilaian dan saran tindak lanjut kepada pemerintah pusat dan daerah tentang penggunaan energi listrik tenaga matahari dalam aplikasi hasil perkebunan di Desa Teritit Aceh Tengah.
4. Terbangunnya masterpland kerjasama antara Universitas Malikussaleh dan Pemerintah Daerah Kabupaten Aceh Tengah dalam penerapan energi sel surya dan kolektor surya.

#### **E. Temuan/ Inovasi Yang Di Targetkan**

Dalam penelitian ini inovasi yang ditargetkan adalah menemukan simulasi inovasi model rancang bangun kontrol posisi pada solar panel untuk optimalisasi daya serap matahari pada aplikasi pengeringan biji kopi. Hasil prototipe ini ditargetkan mempunyai tingkat efisiensi dan optimalisasi

maksimum untuk dapat digunakan dalam kehidupan masyarakat petani kopi, industri kopi, dan juga dapat digunakan sebagai tambahan perbendaharaan reverensi ilmu pengetahuan teknologi dalam bentuk jurnal baik secara lokal maupun internasional serta bentuk penemuan inovasi baru *solar panel tracking using microcontroler and colector solar*.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Matahari Sebagai Sumber Energi Pada Pengeringan Biji Kopi**

Pada umumnya, sel surya merupakan sebuah hamparan semi konduktor yang dapat menyerap photon dari sinar matahari dan mengubahnya menjadi listrik. Sinar matahari yang mampu diserap oleh sel surya berkisar antara 30% hingga 50%. Setiap jenis semikonduktor yang berbeda hanya dapat menyerap photons pada tingkat energi tertentu saja yang dikenal dengan istilah bandgap. Matahari adalah bintang yang paling dekat dengan bumi, sehingga penelitian tentang bintang ini lebih mudah dari pada bintang lainnya.

Matahari memiliki jarak 150 juta kilometer dari bumi, dan dia menyediakan energi yang dibutuhkan oleh kehidupan di bumi ini secara terus-menerus. Energi yang dibebaskan oleh matahari setiap detiknya menurut perhitungan para ahli, adalah ekuivalen dengan konversi massa hidrogen yang besarnya adalah  $4 \times 10^6$  ton/detik, yang ekuivalen dengan  $1,2 \times 10^6$  KW.

Sel surya merupakan suatu panel yang terdiri dari beberapa sel dan beragam jenis. Penggunaan sel surya ini telah banyak digunakan di negara-negara berkembang dan negara maju dimana pemanfaatannya tidak hanya pada lingkup kecil tetapi sudah banyak digunakan untuk keperluan industri sehingga energi matahari dapat dijadikan sebagai sumber energi alternatif.

Energi matahari mempunyai banyak keuntungan dibandingkan dengan energi lain. Keuntungan yang dapat diperoleh adalah jumlahnya cukup besar tidak menimbulkan polusi terdapat dimana-mana dan tidak ada biaya penggunaan, sel surya ini juga sangat cocok digunakan di pedesaan dimana



didaerah terpencil yang belum terjangkau arus listrik maupun dimanfaatkan untuk alat dengan konsumsi listrik skala kecil sehingga dapat membantu masyarakat yang membutuhkan.

Kopi merupakan salah satu komoditas penting di dalam perdagangan dunia yang melibatkan beberapa negara konsumen dan banyak negara produsen salah satunya adalah Indonesia. Indonesia sebagai salah satu negara penghasil kopi di dunia menjadikan produksi kopi tersebut sebagai sumber devisa, pendapatan petani dan penghasil bahan baku industri. Usaha perkebunan kopi di Indonesia dilakukan oleh perkebunan besar seperti PTPN maupun swasta dan juga dari perkebunan rakyat.

Pada tahun 2011 luas areal kopi di Indonesia diperkirakan sebesar 1.254.921 hektar, dimana umumnya diusahakan oleh perkebunan rakyat (95.94%), dan sisanya perkebunan negara (1.77%), serta perkebunan swasta (2.29%). Ditinjau dari produksi, Indonesia menempati urutan ketiga setelah Brazil dan Vietnam [Hanani, 2011]. Keadaan ini terjadi karena produktivitas kopi Indonesia jauh lebih rendah dibandingkan dengan Vietnam. Rendahnya produktivitas kopi Indonesia karena sebagian besar diusahakan oleh perkebunan rakyat, yang terkendala dengan keterbatasan modal dan akses terhadap teknologi yang menghasilkan produk kopi dengan kualitas yang kurang baik.

Penyebab rendahnya kualitas kopi salah satunya adalah pemetikan buah kopi yang terlalu dini (petik hijau) dan penanganan pasca panen yang tidak baik, seperti pada proses penjemuran kopi yang dilakukan pada tempat-tempat yang minim sanitasi sehingga mudah terkontaminasi berbagai kotoran. Di samping itu, penjemuran kopi pasca panen tidak dapat mencapai kadar air maksimum yang diizinkan yakni sebesar 12,5%, mengakibatkan biji kopi sering berjamur.

Proses pengeringan menjadi salah satu tahapan terpenting dalam pengolahan biji kopi. Pengeringan sangat

menentukan mutu fisik dan cita rasa seduhan akhir kopi. Kadar air biji kopi setelah pencucian dan penirisan berkisar antara 50%–55%. Untuk memenuhi standar perdagangan, kadar air itu harus diturunkan sampai 12%–13%. Penurunan kandungan air dari biji kopi biasanya dilakukan dengan cara pemanasan. Sumber panas dapat diperoleh dari penjemuran, pengeringan mekanis, serta proses pengeringana nonmekanis.

Salah satu teknologi pengeringan biji kopi yang cukup efisien dan bisa dilakukan petani kopi dimana pun adalah pengeringan dengan tenaga matahari. Teknologi ini selain relatif murah juga bisa menjadi solusi dari keterbatasan faktor cuaca pada pengeringan dengan cara penjemuran di lantai jemur.

Pemanfaatan kolektor tenaga matahari dan aliran udara secara paksa mampu meningkatkan efisiensi konversi radiasi matahari sebesar 40–50 % dari yang semula hanya 10–15 % pada cara penjemuran. Waktu pengeringan biji kopi menjadi lebih singkat, yaitu antara 4-5 hari.

Pusat Penelitian Kopi dan Kakao beberapa tahun terakhir ini secara intensif sudah mengembangkan model unit pengering kopi mekanis skala 9–10 ton biji kopi basah. Model ini berbentuk gedung yang atapnya difungsikan sebagai kolektor tenaga matahari. Luas atap adalah 144 m<sup>2</sup>. Ruang pengering menggunakan tipe palung (flat multi plenum) yang masing-masing dilengkapi dengan kipas listrik hemat energi. Untuk menghindari ketergantungan operasional pada cuaca, model ini dilengkapi dengan sumber panas tambahan dari pembakaran kayu di dalam sebuah tungku mekanis tipe julur api arah bawah (down draft combustion). Tungku dilengkapi dengan pipa pemindah panas untuk menghindari kontaminasi asap ke dalam biji kopi.

Operasi pembakaran diatur secara terkendali dengan jumlah udara pembakaran yang masuk tungku dari sebuah kipas sentrifugal. Laju aliran udara pembakaran optimum

adalah 100 ml/jam untuk menghasilkan suhu asap 800° C dan suhu udara pengering maksimum 80° C. Keluaran panas pembakaran berkisar antara 50–100 kw.

Konsumsi kayu bakar per ton biji kopi kering antara 2-3 m<sup>2</sup>. Kombinasi kedua sumber panas tersebut secara serial maupun paralel mampu menghasilkan udara panas antara suhu 70–90° C, dan mempersingkat waktu pengeringan biji kopi menjadi hanya 40–50 jam. Pengering dengan sumber energi ganda seperti ini, kolektor tenaga matahari dan tungku mekanis, lebih ekonomis dari aspek konsumsi energi, bersih dan berwawasan lingkungan.

Ada juga model pengering biji kopi yang disebut dengan model ICDC. Model ini juga menggabungkan antara pengeringan tenaga sinar matahari dengan biomassa sehingga pengeringan kopi dapat dilakukan di musim hujan sekalipun dan hasil yang didapatkan juga bebas dari kotoran.

Ukuran standar lebar 1,2 m, panjang 1,5 m dan tinggi 1,75 m, dilengkapi dengan motor listrik, blower, tungku biomasa, dan kipas voreks. Model ini juga dilengkapi dengan drum yang dilubangi dengan diameter 50 cm dan panjang 80 cm sebagai wadah biji kopi yang akan dikeringkan.

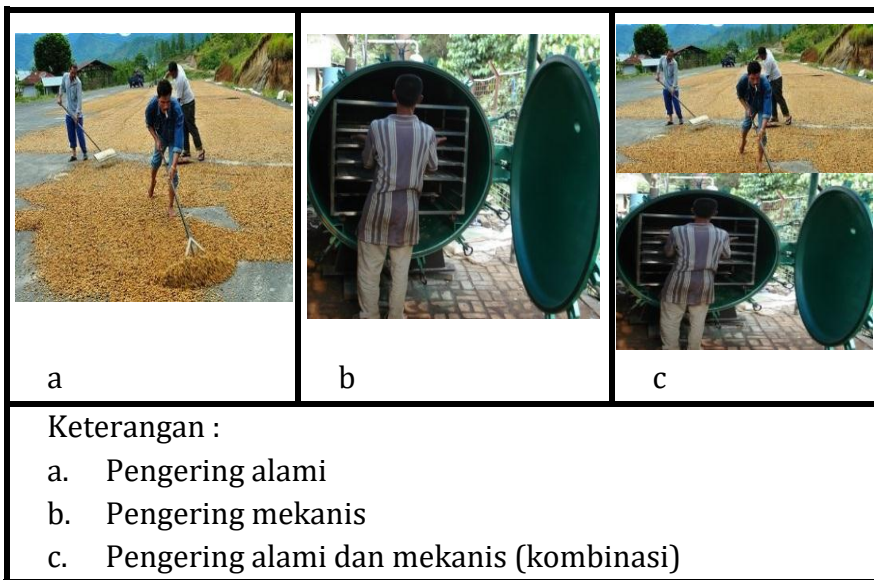
Cara kerja alat pengering ini cukup mudah. Masukkan biji kopi yang telah dikupas kulitnya ke dalam drum sesuai dengan takarannya. Hidupkan motor dan sesuaikan putaran drum dengan mengatur putaran motor. Jika sinar matahari tidak terlalu panas, hidupkan tungku biomassa. Tungku ini bisa menggunakan bahan bakar kayu, arang, batok kelapa dan lainnya. Hidupkan blower untuk mentransfer panas ke dalam ruangan dan jaga api tungku tetap menyala dengan mengatur katub. Efisien dan sangat mudah mengoperasikannya.

Tanaman kopi ditemukan hampir diseluruh propinsi di Indonesia, sebagian besar (95%) dimiliki dan di kelola oleh petani. Kopi termasuk salah satu komoditi ekspor dan besar snmbangalllya bagi penerimaan devisa maupun bagi

penghidupan masyarakat. Hasil kopi dari kebun rakyat sebagian besar mempunyai mutu yang rendah dengan keragaman tinggi serta tidak konsisten. Hal tersebut memberikan dampak ekonomis yang mengikis antara lain tingkat harga dan daya saing yang rendah.

Pengering yang dikembangkan mempunyai beberapa bagian komponen yang terdiri dari : bangunan, kolektor, ruang pengering dan tungku. Suhu udara pada siang hari dipengaruhi oleh intensitas radiasi matahari. Pada siang hari udara yang telah dipanaskan oleh kolektor dipanaskan lagi oleh tungku kayu. Sehingga suhu udara pengering pada siang hari lebih tinggi dibandingkan pada malam hari. Suhu udara di plenum pada siang hari berkisar 55 s.d 60°C. Sedang suhu udara pengering pada malam hari berkisar antara 45 s.d 50°C. Meskipun demikian suhu udara hasil pemansan tungku relatif mudah dikendalikan.

Pengeringan merupakan hal yang sangat penting dalam proses penentuan kualitas kopi yang dihasilkan untuk dipasarkan kepada konsumen. Proses pengeringan bertujuan mengurangi kadar air biji kopi yang semula berkisar 60-65 % menjadi sekitar 12,5 %. Pada kadar air ini, biji kopi relatif aman untuk dikemas dalam karung dan disimpan di dalam gudang pada kondisi lingkungan tropis. Proses pengeringan kopi dapat dilakukan dengan cara alami, mekanis dan kombinasi keduanya.



Gambar 2.1 Jenis Pengering Kopi.

Keterangan :

- a. Pengering alami
- b. Pengering mekanis
- c. Pengering alami dan mekanis (kombinasi)

Dalam pengeringan yang menggunakan penjemuran secara alami, sumber panas yang digunakan adalah panas dari matahari. Pengeringan dengan metode alami ini dinilai kurang efektif karena kemungkinan cuaca yang tidak dapat dikontrol. Pada cuaca yang tidak terkontrol tersebut pengeringan kopi menjadi kurang baik dan berpengaruh pada waktu pengeringan serta penurunan kualitas kopi yang dihasilkan. Penurunan kualitas kopi disebabkan oleh pengeringan yang tidak higienis pada tempat yang seadanya, juga besar kadar air yang tidak terkontrol.

Untuk mengatasi kekurangan pengering alami dibuatkanlah pengering secara mekanis, salah satunya adalah pengering kopi dengan memanfaatkan energi panas bumi (geothermal). Biji dalam proses ini masih di dalam kulit parchment (endocarp). Bisa dengan dikeringkan dengan sinar matahari, dengan cara menyebarkan biji-biji dimeja pengeringan atau di lantai yang sudah diberi alas, dimana biji-biji akan berubah secara alami. Pengeringan biji kopi dikenal sebagai parchment coffee.

## 1. Konsep Dasar Pengeringan

Pengeringan adalah proses pengeluaran air dari suatu bahan pertanian menuju kadar air kesetimbangan dengan udara sekeliling atau pada tingkat kadar air dimana mutu bahan pertanian dapat dicegah dari serangan jamur, enzim dan aktifitas serangga (Hederson and Perry, 1976).

Sedangkan menurut Hall (1957) dan Brooker et al, (1974), proses pengeringan adalah proses pengambilan atau penurunan kadar air sampai batas tertentu sehingga dapat memperlambat laju kerusakan bahan pertanian akibat aktivitas biologis dan kimia sebelum bahan diolah atau dimanfaatkan. Pengeringan adalah proses pemindahan panas untuk menguapkan kandungan air yang dipindahkan dari permukaan bahan yang dikeringkan oleh media pengeringan yang biasanya berupa panas.

Tujuan pengeringan adalah mengurangi kadar air bahan sampai dimana perkembangan mikroorganisme dan kegiatan enzim yang dapat menyebabkan pembusukan terhambat atau terhenti. Dengan demikian bahan yang dikeringkan dapat mempunyai waktu simpan yang lebih lama (Anonim, 2012).

Pengeringan merupakan salah satu cara dalam teknologi pangan yang dilakukan dengan tujuan pengawetan. Manfaat lain dari pengeringan adalah memperkecil volume dan berat bahan dibanding kondisi awal sebelum pengeringan, sehingga akan menghemat ruang (Rahman dan Yuyun, 2005).

Dalam pengeringan, keseimbangan kadar air menentukan batas akhir dari proses pengeringan. Kelembapan udara nisbi serta suhu udara pada bahan kering biasanya mempengaruhi keseimbangan kadar air. Pada saat kadar air seimbang, penguapan air pada bahan akan terhenti dan jumlah molekul-molekul air yang akan diuapkan sama dengan jumlah molekul air yang diserap oleh permukaan bahan. Laju pengeringan amat bergantung pada perbedaan antara kadar air bahan dengan kadar air keseimbangan (Siswanto, 2004).

Semakin besar perbedaan suhu antara medium pemanas dengan bahan pangan semakin cepat pindah panas ke bahan pangan dan semakin cepat pula penguapan air dari bahan pangan. Pada proses pengeringan, air dikeluarkan dari bahan pangan dapat berupa uap air. Uap air tersebut harus segera dikeluarkan dari atmosfer di sekitar bahan pangan yang dikeringkan. Jika tidak segera keluar, udara di sekitar bahan pangan akan menjadi jenuh oleh uap air sehingga memperlambat penguapan air dari bahan pangan yang memperlambat proses pengeringan (Estiasih, 2009).

2. Tujuan pengeringan, antara lain:

- a. Mengurangi risiko kerusakan karena kegiatan mikroba. Mikroba memerlukan air untuk pertumbuhannya. Bila kadar air bahan berkurang, maka aktivitas mikroba dihambat atau dimatikan.
- b. Menghemat ruang penyimpanan atau pengangkutan. Umumnya bahan pangan mengandung air dalam jumlah yang tinggi, maka hilangnya air akan sangat mengurangi berat dan volume bahan tersebut.
- c. Untuk mendapatkan produk yang lebih sesuai dengan penggunaannya. Misalnya kopi instant.
- d. Untuk mempertahankan nutrisi yang berguna yang terkandung dalam bahan pangan, misalnya mineral, vitamin, dan sebagainya.

3. Jenis-Jenis Pengeringan

a. Penjemuran (*sun drying*)

Metode dengan menggunakan radiasi sinar matahari. Penjemuran merupakan proses pengeringan yang lambat dan tidak cocok untuk produk dengan mutu baik. Paparan terhadap sinar matahari dan panas menyebabkan penurunan nilai gizi dan komponen penting lainnya. Pengeringan vakum dan beku merupakan alternatif proses untuk menggantikan penjemuran

bagi bahan yang sensitif terhadap panas. kelemahan kedua metode ini:

1. Biaya investasi alat yang tinggi
2. Perlu tenaga kerja yang banyak
3. proses pengeringan yang lama.

b. Pengeringan matahari (*solar drying*)

Metode menggunakan energi matahari yang biasanya dikombinasikan dengan sumber energi yang lain. cara untuk mempercepat pengeringan yaitu menggunakan nampan (*tray*) yang disusun dengan energi panas matahari yang dikumpulkan dalam suatu alat disebut surya collector. Pengeringan dengan metode ini dapat menghasilkan bahan dengan kepekatan yang tinggi dan kualitas yang lebih tahan. didasarkan atas biaya, metode ini lebih menguntungkan tetapi tidak dapat dipraktikkan secara luas karena beberapa daerah yang sesuai untuk pemukiman dan mengusahakan pertanian memiliki kondisi cuaca yang tidak baik.

c. Pengeringan udara panas (*hot air drying*)

Metode menggunakan udara panas yang dihembuskan. peralatan pengering udara panas terdiri dari pembakar gas yang menghasilkan udara panas. Udara tersebut dialirkan ke bagian atas alat.

d. Pengeringan kabinet (*cabinet drying*)

Metode menggunakan alat pengering untuk sistem batch dengan proses pengeringan dilakukan pada suhu konstan. Alat pengering ini biasanya digunakan untuk pengembangan produk baru sebelum diproduksi skala besar. Pengering kabinet merupakan pengering paling murah pembuatannya, mudah pemeliharaannya, dan sangat luwes penggunaannya. umumnya digunakan untuk penelitian dehidrasi sayuran dan



buah-buahan di dalam laboratorium dan dalam skala kecil serta digunakan secara komersial yang bersifat musiman.

e. Pengerian terowongan (*tunnel drying*)

Peralatan ini mirip dengan pengering kabinet, tetapi pengoperasiannya bersifat kontinu. pengering terowongan mengeringkan produk secara cepat, produk yang dihasilkan seragam, tanpa menyebabkan kerusakan produk sehingga cocok untuk mengeringkan buah-buahan. Dalam menggunakan pengering ini, kondisi pengeringannya tidak tetap. Beberapa terowongan sebagai pengganti kereta dan riggen pengering digunakan suatu konveyor yang bergerak. Keuntungannya yaitu untuk pengurangan biaya buruh, dan memberikan kondisi pengeringan yang lebih seragam, tetapi diperlukan suatu instalasi dan investasi yang besar.

f. Pengeringan ban berjalan (*conveyor drying*)

Pengeringan kontinu yang dilengkapi oleh ban berjalan yang membawa produk melalui terowongan pengering dengan udara panas yang bersirkulasi. proses pengoperasian bersifat otomatis sehingga menguntungkan. Metode pengering ini sangat sesuai untuk mengeringkan bahan pangan dalam jumlah besar, tetapi tidak cocok untuk mengeringkan bahan dengan kondisi pengeringan yang harus diubah secara berkala.

g. Pengeringan semprot (*spray drying*)

Proses ini banyak digunakan untuk menghasilkan susu bubuk dan bubuk buah. ada 2 tipe pengering semprot yaitu tipe horizontal dan vertikal. keuntungan cara ini yaitu waktu pengeringannya sangat singkat, sebagian besar cita rasa, warna, dan nilai gizi bahan pangan dapat dipertahankan.

h. Pengeringan drum (*drum drying*)

Metode pengeringan yang murah tetapi aplikasinya di industri pangan dibatasi oleh jenis pangan bahan yang dapat dikeringkan. bahan yang dikeringkan harus dalam bentuk cairan, bubur (sluri) atau puree. bahan yang sensitive terhadap panas tidak dapat dikeringkan dengan metode ini. Factor lainnya yaitu untuk produk dengan kadar gula tinggi yang sering lengket pada permukaan drum sehingga sulit untuk diambil.

i. Pengeringan vakum (*vacuum drying*)

Pengeringan vakum digunakan untuk mengeringkan berbagai produk pangan yang peka terhadap panas dan proses oksidasi. pada kondisi vakum, air menguap pada suhu yang lebih rendah. keuntungan penggunaan suhu yang lebih rendah yaitu kerusakan akibat panas dapat diminimumkan dan proses oksidasi terhadap bahan selama pengeringan dapat dihindari. bahan yang dikeringkan harus dalam bentuk cairan, pasta, serpihan, partikel diskret.

j. Pengeringan beku (*freeze drying*)

Metode ini digunakan untuk berbagai produk yang memerlukan bentuk yang utuh/ tidak berubah setelah pengeringan. juga dipakai untuk produk kering di mana cita rasa asal tetap dapat dipertahankan. hal yang harus diperhatikan untuk produk kering beku ini yaitu karena sifatnya yang porous dan mudah menyerap air, kondisi pengemasan harus khusus yang memungkinkan transmisi uap air lewat bahan pengemas pada tingkat yang serendah mungkin dan pengemasannya dalam kondisi vakum.

k. Penjemuran

Penjemuran merupakan cara pengeringan terbaik untuk citarasa terbaik, selama cuaca memungkinkan dan fasilitas mencukupi. Penjemuran dapat dilakukan dalam dua cara, yaitu

di lantai jemur dari semen atau dengan meja pengering. Permukaan semen mempunyai sifat menyerap dan menyimpan energi matahari yang jatuh dipermukaanya. Kemampuan tersebut semakin meningkat jika lantai semen dicat dengan warna gelap (hitam).

Pada pengeringan hari pertama, biji kopi dihamparkan di atas lantai semen dengan ketebalan antara 2-5 cm. Mekanisme pengeringan akan dimulai dari kulit tanduk dan diakhiri di dalam biji (kernel). Jika pembalikan dilakukan secara intensif sekali setiap  $\frac{1}{2}$ -1 jam, pada ketebalan tersebut maka kulit tanduk dapat kering dalam satu hari. Pada hari kedua, tebal lapisan biji dapat ditingkatkan tanpa ada resiko pertumbuhan jamur.

Waktu pengeringan biji kopi di lantai jemur sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain tebal lapisan, frekuensi pembalikan dan kondisi cuaca. Pada cuaca cerah, waktu pengeringan terpendek antara 7-9 hari. Jika penjemuran melebihi 2 minggu, maka cita-rasa dan aroma biji kopi akan turun.

Penjemuran biji kopi dapat dilakukan pada meja pengering. Mekanisme pengeringan biji kopi pada meja pengering tidak berbeda dan lantai jemur, namun mempunyai beberapa keuntungan yaitu :

1. Penirisan air permukaan dari kulit tanduk berjalan lebih sempurna. Pada lantai jemur air permukaan tidak dapat menetes tetapi terakumulasi di dasar lantai.
2. Proses pengeringan dipercepat dengan adanya aliran udara lingkungan di bagian bawah meja.
3. Tidak terjadi rambatan (difusi) air tanah ke dalam tumpukan biji nol kontaminasi bahan-bahan non-kopi dapat diperkecil.

#### 1. Pengeringan mekanis dengan panas pembakaran

Pengeringan buatan dilakukan jika penjemuran tidak memungkinkan. Untuk hasil yang terbaik, maka pengeringan dengan panas pembakaran harus semirip mungkin dengan penjemuran pada cuaca baik. Panas untuk pengeringan dibangkitkan dari pembakaran kayu atau minyak bakar (jenis minyak solar atau IDO). Beberapa keuntungan penggunaan sumber panas buatan adalah:

1. Panas dapat diatur.
2. Efisiensi pemanasan tinggi.
3. Waktu pengeringan pendek.
4. Kebutuhan lahan dan tenaga kerja kecil.
5. Tidak tergantung cuaca.

Pembakaran kayu atau minyak dilakukan di dalam tungku. Intensitas pembakaran dapat diatur dengan pengaturan jumlah udara pembakaran atau jumlah bahan bakar. Gas hasil pembakaran dilewatkan dalam pipa, sedang udara pengering dilewatkan di luar pipa sehingga terjadi perpindahan panas tetapi tidak terjadi perpindahan sisa pembakaran. Suhu udara pengeringan biji kopi sebaiknya tidak lebih dari 60°C.

Berdasarkan aliran udara panas, pengering dengan sumber panas buatan dibagi menjadi dua tipe, yaitu non-mekanis, mekanis, dan pengeringan energi surya.

#### m. Pengering non-mekanis

Pengering non-mekanis ini dikenal di kalangan praktisi dengan VIS Dryer. Model pengering ini relatif tua dan tidak efisien dari aspek efisiensi panas, kemudahan pengoperasian, tenaga kerja dan mutu hasil. Mekanisme pemanasan udara pengering berlangsung secara alamiah alias dasar beda suhu. Bangunan pengering mirip dengan gedung berlantai dua. Lantai pertama untuk instalasi tungku dan pipa-pipa pemindah panas, sedang lantai kedua untuk ruang pengering yang dibuat dari

pelat besi berlubang (perforated plate). Bahan bakar yang dipakai adalah kayu.

Gas hasil pembakaran disalurkan lewat pipa-pipa di lantai pertama, sehingga udara di dalam ruangan tersebut menjadi panas dan berat jenisnya turun. Udara panas bergerak ke atas lewat lantai kedua menembus hamparan biji kopi. Efektifitas pengeringan sangat dipengaruhi oleh suhu udara pengering, tebal lapisan biji kopi dan frekuensi pembalikan biji.

#### n. Pengering mekanis

Perbedaan pengering mekanis dengan non-mekanis terletak pada mekanisme pemanasan udara pengering di dalam pemindah panas dan pemanasan biji kopi. Pada pengering mekanis, udara pengering dihembuskan dengan kipas dengan laju aliran tertentu melewati pipa-pipa pindah panas. Dengan demikian mekanisme perpindahan panas lebih sempurna dan suhu udara yang dihasilkan lebih stabil. Udara panas yang dihasilkan kemudian lewat ke dalam lapisan biji kopi. Jenis pengering mekanis yang populer digunakan di perkebunan kopi adalah Mason/ Guardiola dan ADS (American Drying System).

Pengering Mason/Guardiola berbentuk silinder ko-aksial. Dinding masing-masing silinder dibuat dari pelat besi yang berlubang-lubang. Biji kopi dimasukkan pada ruangan di antara silinder dalam dan silinder luar. Udara panas dihembuskan lewat dinding silinder dalam dan menembus biji kopi. Uap air yang terbentuk bersama udara panas keluar dari dinding silinder sebelah luar. Selama pengeringan, silinder diputar pada kecepatan 4-6 rpm. Pengering ini dapat juga digunakan untuk buah kopi seyar. Pengeringan biji kopi dengan pengering Mason/ Guardiola umumnya dilakukan dalam dua tahapan.

Biji kopi basah (kadar air 50-55 %) dikeringkan pada suhu 90-100°C sampai kadar airnya menjadi 25-30 %, kemudian diikuti dengan suhu 60 °C hingga kering. Lama pengeringan

untuk menghasilkan biji kopi kering berkadar air 12-13 % sekitar 20-24 jam. Konsumsi kayu bakar antara 2-3 m<sup>3</sup> per ton biji kopi kering. Kebutuhan daya listrik untuk kipas dan mesin penggerak silinder masing-masing 7,5 PK. Kapasitas pengeringan lebih kurang 10 ton biji kopi basah atau 4 ton biji kopi kering.

Pengering jenis ADS mempunyai rancangan lebih baru dibanding pengering Mason. Ruang pengering mempunyai bentuk seperti menara (tower). Ruang pengering dirancang bersekat-sekat dan berdinding ganda. Biji kopi dimasukkan dari ruang pengering bagian atas dan bergerak turun secara gravitasi di antara dinding dalam dan dinding luar. Dinding dalam dibuat sekat-sekat agar aliran biji kopi tidak terlalu cepat dan berpola zig-zag. Udara panas dihembuskan dengan kipas lewat dinding bagian dalam dan bergerak ke atas berlawanan dengan arah gerak biji kopi (counter current). Udara panas menembus lubang-lubang di dinding bagian dalam dan menerobos ke aliran biji kopi untuk penguapan air.

Pengering ADS dilengkapi tungku dengan bahan bakar minyak dan burner. Pengering ADS yang sudah operasional umumnya tidak dilengkapi dengan pipa pemindah panas. Pengaturan pembakaran minyak di dalam burner harus tepat karena gas hasil pembakaran langsung dimanfaatkan sebagai udara pengering. Kapasitas pengering ADS sekitar 8-10 ton biji kopi kering. Konsumsi minyak bakar 0,17-0,20 liter per kg biji kopi kering. Pengering digerakkan dengan motor listrik 17-20 PK. Waktu pengeringan antara 15-20 jam dengan mekanisme pengoperasian seperti pada pengering Mason.

o. Pengering energi surya

Radiasi matahari di daerah perkebunan kopi berkisar antara 3.000-4.500 Watt-jam/ m<sup>2</sup>. Secara teknis efisiensi pemanfaatan sinar matahari dapat ditingkatkan secara nyata dengan cara mengadopsi teknologi pengering tenaga matahari. Pemanfaatan

kolektor tenaga matahari dan aliran udara secara paksa mampu meningkatkan efisiensi konversi radiasi matahari sebesar 40-50 % dari yang semula hanya 10-15 % pada cara penjemuran. Waktu pengeringan biji kopi HS atau buah kopi menjadi lebih singkat, yaitu masing-masing antara 4-5 hari dan 7-8 hari.

Pusat Penelitian Kopi dan Kakao sejak empat tahun terakhir ini secara intensif sudah mengembangkan sebuah model unit pengering kopi mekanis skala 9-10 ton biji kopi HS basah batch (50 jam). Model berbentuk gedung yang atapnya difungsikan sebagai kolektor tenaga matahari. Luas atap adalah 144 m'. Ruang pengering menggunakan tipe palung (flat bec~ multi plenum yang masing-masing dilengkapi dengan kipas aksial hemat energi listrik.

Untuk menghindari ketergantungan operasional pada cuaca, model tersebut dilengkapi dengan sumber panas tambahan dari pembakaran kayu di dalam sebuah tungku mekanis tipe julur api arah bawah (down draft'combustion). Tungku dilengkapi dengan pipa pemindah panas untuk menghindari kontaminasi asap ke dalam biji kopi. Operasi pembakaran diatur secara terkendali dengan jumlah udara pembakaran yang masuk tungku dari sebuah kipas sentrifugal. Laju aliran udara pembakaran optimum adalah 100 ml/ jam untuk menghasilkan suhu asap 800 °C dan suhu udara pengering maksimum 80 °C. Keluaran panas pembakaran berkisar antara 50-100 kW. Konsumsi kayu bakar per ton biji kopi HS kering antara 2-3 m'.

Kombinasi kedua sumber panas tersebut secara serial maupun paralel mampu menghasilkan udara panas antara suhu 70-90 oC, dan mempersingkat waktu pengeringan biji kopi menjadi hanya 40-50 jam. Pengering dengan sumber energi ganda seperti ini, kolektor tenaga matahari dan tungku mekanis, lebih ekonomis dari aspek konsumsi energi, bersih dan berwawasan lingkungan.

#### 4. Pengeringan Biji Kopi

Pengeringan biji kopi relatif lebih mudah dan lebih cepat daripada pengeringan buah kopi, karena jumlah air yang harus diuapkan lebih sedikit, dan biji kopi hanya dilapisi oleh kulit tanduk saja, sehingga hambatan proses penguapan lebih kecil. Dengan demikian, sarana pengeringan untuk buah kopi secara teknis dapat dimanfaatkan untuk pengeringan biji kopi. Pengeringan sangat menentukan mutu fisik dan citarasa seduhan akhir kopi.

Kadar air biji kopi setelah pencucian dan penuritan (*dripping*) berkisar antara 50-55 %. Untuk memenuhi syarat standar perdagangan, kadar air tersebut harus diturunkan sampai 12-13%. Nilai ini merupakan kadar air keseimbangan biji kopi beras di lingkungan ruang simpan di daerah tropis. Penurunan kandungan air dari biji kopi umumnya dilakukan dengan cara pemanasan. Seperti pada proses pengolahan kering, sumber panas dapat diperoleh dari penjemuran dan mekanis dengan pembakaran panas.

Kombinasi suhu dan lama pemanasan selama proses pengeringan pada komoditi biji-bijian dilakukan untuk menghindari terjadinya kerusakan biji. Suhu udara, kelembaban relatif udara, aliran udara, kadar air awal bahan dan kadar akhir bahan merupakan faktor yang mempengaruhi waktu atau lama pegeringan (Brookeretal, 1974).

Biji kopi yang telah dicuci mengandung air 55%, dengan jalan pengeringan kandungan air dapat diuapkan, sehingga kadar air pada kopi mencapai 8-10 %. Setelah dilakukan pengeringan maka dilanjutkan dengan perlakuan pemecahan tanduk. Pengeringan dapat dilakukan dengan 2 cara yaitu:

- a. Pengeringan dengan sinar matahari, dengan carasemua biji kopi diletakkan dilantai penjemuran secara merata.
- b. Pengeringan dengan menggunakan mesin pengering, dimana pada mesin pengeringtersebut terdiri atas tromol



besi dengan dindingnya berlubang-lubang kecil (Aak, 1980).

Pengeringan pada kopi biasanya dilakukan dengan tiga cara yaitu pengeringan secara alami, buatan, dan kombinasi antara alami dan buatan.

#### 1. Pengeringan Alami

Pengeringan alami hanya dilakukan pada musim kemarau karena pengeringan pada musim hujan tidak akan sempurna. Pengeringan yang tidak sempurna mengakibatkan kopi berwarna coklat, berjamur, dan berbau apek. Pengeringan pada musim hujan sebaiknya dilakukan dengan cara buatan atau kombinasi cara alami dan buatan. Pengeringan secara alami sebaiknya dilakukan dilantai semen, anyaman bambu, atau tikar. Kebiasaan menjemur kopi di atas tanah akan menyebabkan kopi menjadi kotor dan terserang cendawan (Najiyati dan Danarti, 2004).

Cara penjemuran kopi yang baik adalah dihamparkan di atas lantai dengan ketebalan maksimum 1.5 cm atau sekitar 2 lapisan. Setiap 1-2 jam hamparan kopi di bolak-balik dengan menggunakan alat menyerupai garuh atau kayu sehingga keringnya merata. Bila matahari terik penjemuran biasanya berlangsung selama 10-14 hari namun bila mendung biasanya berlangsung 3 minggu (Najiyati dan Danarti, 2004).

#### 2. Pengeringan Buatan

Pengeringan secara buatan biasanya dilakukan bila keadaan cuaca cenderung mendung. Pengeringan buatan memerlukan alat pengering yang hanya memerlukan waktu sekitar 18 jam tergantung jenis alatnya. Pengeringan ini dilakukan melalui dua tahap. Tahap pertama, pemanasan pada suhu 65-100 C untuk menurunkan kadar air dari 54% menjadi 30%. Tahap kedua pemanasan pada suhu 50-600 C untuk menurunkan kadar air menjadi 8-10% (Najiyati dan Danarti, 2004).

### 3. Pengerinan Kombinasi Alami dan Buatan

Pengerinan ini dilakukan dengan cara menjemur kopi di terik matahari hingga kadar air mencapai 30%. Kemudian kopi dikeringkan lagi secara buatan sampai kadar air mencapai 8-10%. Alat pengering yang digunakan ialah mesin pengering otomatis ataupun dengan rumah (tungku) pengering. Prinsip kerja kedua alat hampir sama yaitu pemanasan kopi dengan uap/udara di dalam ruang tertutup (Najiyati dan Danarti, 2004).



Gambar 2.2 Pengerinan Kombinasi

Ketika biji kopi disangrai mulailah jenis asam yang berperan sebagai karakter rasa tercipta, seperti asam chlorogenic dan juga asam quinic. Dan bagaimana dengan proses biji kopi sebelum disangrai, apakah akan mempengaruhi karakter rasa juga?

Tiap proses dari si biji kopi sebelum diseduh menjadi secangkir kopi nikmat, ternyata mempengaruhi karakter rasa, begitu pula pada tahap penjemuran. Tingkat kesejukan, tingkat kelembapan, seberapa lama biji kopi terpapar cahaya matahari juga dapat mempengaruhi karakter rasa si biji kopi. Perlunya mempertimbangkan langkah tepat untuk tahap penjemuran si biji kopi, agar karakter rasa biji kopi konsisten.

Para petani di Colombia biasanya menjemur biji kopi pada drying bed parabolik, sebuah wadah untuk menjemur biji kopi yang nantinya akan disebar di atas wadah tersebut untuk

selanjutnya didiamkan agar terpapar sinar matahari. Tidak di Colombia saja, beberapa petani kopi di Indonesia juga menggunakan drying bed untuk menjemur biji kopi mereka. Ketika itu kami tim Otten berkesempatan mengunjungi salah satu perkebunan kopi di Kerinci-Sumatera Barat, petani di Kerinci sudah terbiasa menggunakan drying bed sebagai alat bantu penjemuran biji kopi agar mengering ke tiap permukaan biji kopi secara menyeluruh.



Gambar 2.3 *Drying Bed Parabolik*

Lapisan drying bed parabolis, membantu menstabilkan suhu serta meningkatkan panas yang diterima oleh si biji kopi. Walau sangat membantu petani kopi untuk melindungi biji kopi dari hal yang mengganggu, tapi bila tidak ada penanganan yang benar tingkat panas berlebih akan menjadi masalah. Memaksa biji kopi mengering sebelum waktunya seperti waktu umumnya, mengeringkannya terlalu cepat akan sulit membaca tingkat kelembapan yang benar pada biji kopi secara akurat. Panas yang ekstrim akan memaksa kandungan air masuk ke biji kopi, alhasil ketika petani kopi merasa sudah kering dan menurunkannya dari wadah pengeringan-drying beds, padahal biji kopi masih lembap.

Setelah beberapa saat, kandungan air yang dipaksa masuk ke biji kopi tadi perlahan keluar ke permukaan biji kopi. Hasil akhirnya biji kopi terbilang masih terlalu awal, butuh dikeringkan lagi lebih lama, efeknya biji kopi yang tidak stabil

dan masih lembab, berpotensi melalui masa fermentasi dan karakter rasa memudar. Ketika disangrai tidak ada lagi yang tersisa, karakter rasa akan tipis tidak seperti biasanya.

Pada umumnya petani kopi akan menjemur biji kopi yang masih hijau hingga kering, namun dalam hal ini jangka waktu tiap biji kopi berbeda-beda. Indikasinya jika biji kopi yang masih hijau tadi sudah kering, maka bisa dilanjutkan tahap selanjutnya. Sekitar 13%-15% kadar air pada biji kopi biasanya petani kopi sudah menyimpannya, dan standard kopi untuk diekspor umumnya pada 13% kadar air biji kopi. Untuk mengukur kadar air, umumnya petani menggunakan moisture meter, sehingga dapat mengawal tingkat kelembapan si biji kopi yang sedang masa penjemuran.

Ada baiknya mengeringkan biji kopi jangan terlalu cepat, umumnya sekitar 2-4 hari, sehingga biji kopi yang masih hijau tadi optimal pengeringannya, dan karakter rasa yang terkandung lebih kaya. Namun, bukan ingin menyoroti metode yang digunakan para petani kopi apakah itu natural process, washed process, hanya saja ingin mengingatkan bersama bahwa masa pengeringan juga mempengaruhi karakter rasa. Terlebih lagi mengingat terkadang musim panen pada bulan-bulan yang mengalami musim penghujan. Ini malahan menjadi tantangan tersendiri bagi petani kopi untuk menjaga kualitas biji kopi mereka agar tetap konsisten. Dan terakhir sebagai penutup, panjang umurlah dan sehat selalu petani kopi agar tetap menghasilkan biji kopi yang istimewa.

Varietas kopi merujuk kepada subspecies kopi. Biji kopi dari dua tempat yang berbeda biasanya juga memiliki karakter yang berbeda, baik dari aroma (dari aroma jeruk sampai aroma tanah), kandungan kafein, rasa dan tingkat keasaman. Ciri-ciri ini tergantung pada tempat tumbuhan kopi itu tumbuh, proses produksi dan perbedaan genetika subspecies kopi. Kopi dari spesies kopi arabica memiliki rasa yang kaya daripada kopi

robusta. Kopi arabica memiliki banyak varietas. Tiap varietas memiliki ciri yang unik (Koswara, 2006).

Struktur buah kopi terdiri atas tiga bagian, yaitu lapisan kulit luar (exocarp), lapisan daging (mesocarp), lapisan kulit tanduk (endocarp). Komposisi kimia biji kopi berbeda-beda, tergantung tipe kopi, tanah tempat tumbuh dan pengolahan kopi. Senyawa kimia yang terpenting terdapat didalam kopi adalah caffein dan caffeol. Caffeine yang menstimuli kerja saraf, sedangkan caffeol memberikan flavor dan aroma yang baik (Ridwansyah, 2003).

#### 5. Proses Pengeringan Natural

Ini adalah proses pengeringan tradisional yang hanya mengandalkan sinar matahari langsung saja. Biasanya proses pengeringan ini adalah proses yang paling banyak dilakukan oleh petani di Indonesia. Caranya yang dilakukan pun cukup mudah. Hanya dengan meletakkan kopi yang sedang diproses di atas wadah berjaring dan dijemur langsung menghadap sinar matahari. Beberapa koperasi kopi sudah memiliki drying station atau rumah pengeringan yang dibuat sedemikian rupa agar matahari bisa menyerap lebih banyak dari berbagai sisi dan kopi akan lebih cepat kering. Proses pengeringan natural ini memiliki kelemahan jika cuaca sedang buruk atau memasuki musim penghujan.

Pada proses ini biasanya memakan waktu hampir 2 minggu tergantung kondisi alamnya. Juga agar hasil pengeringan dapat menghasilkan hasil maksimal, biasanya setiap 2-3 jam sekali kopi yang dijemur harus dibolak-balik dan diratakan tiap sisinya dengan mengganti posisi sebarunya. Hal ini dilakukan agar semua kopi bisa mendapatkan pengeringan yang merata.

#### 6. Proses Pengeringan Otomatis

Maksud dari kata otomatis di sini adalah proses pengeringan kopi dilakukan dengan bantuan tenaga mesin. Mesin yang

digunakan untuk mengeringkan kopi adalah box dryer atau biasa disebut dengan mesin pengering kopi. Biasanya kopi-kopi yang akan dikeringkan dimasukkan ke dalam coffee box dryer dan memakan waktu pengeringan kurang-lebih 16-18 jam saja. Jika dengan bantuan sinar matahari proses pengeringan bisa mencapai maksimal 2 minggu, maka dengan adanya dryer box ini proses bisa dipersingkat jauh lebih cepat. Dryer box dibutuhkan untuk menghindari cuaca buruk karena tidak bisa mengharapkan sinar matahari sebagai satu-satunya sumber yang bisa mengeringkan kopi. Tapi sayang tidak semua petani memiliki dryer box karena harganya yang cukup tinggi.

#### 7. Proses Pengeringan Campuran

Seperti namanya, proses pengeringan campuran ini adalah gabungan antara proses pengeringan natural dengan otomatis. Awalnya kopi dikeringkan menggunakan sinar matahari seperti biasa. Lalu setelah kadar air pada kopi menurun hingga menyentuh 30 persen (lebih), pengeringan dilanjutkan dengan menggunakan dryer box. Proses pengeringan campuran mampu memberi hasil maksimal karena tidak memakan waktu yang lama dan juga mendapat asupan sinar matahari yang dinilai baik untuk kopi.

##### a. Picking

Proses ini merupakan pemetikan buah ceri kopi dari pohonnya, dimana para petani akan melihat apakah buah ceri kopi tersebut layak untuk dipanen. Salah satu parameter yang digunakan untuk menentukan apakah sebuah kopi layak untuk dipetik, biasanya dari tingkat kematangannya. Jika tingkat kematangannya sudah maksimal, maka kualitas dari bijinya pun akan bagus.

##### b. Pulping

Proses pulping adalah proses pemisahan lapisan kulit terluar buah ceri kopi. Proses ini merupakan tahap paling awal setelah kopi dipetik dari kebun. Setelah kopi ceri dikumpulkan, hasil

petikan kopi kemudian disortir lagi dan dilakukan pengupasan dengan bantuan mesin pulper dan air. Proses ini dilakukan untuk membersihkan lendir yang menempel pada buah ceri kopi.



Gambar 2.4 Pulping

#### c. Hulling

Proses ini merupakan tahap dimana biji kopi dipisahkan dari cangkangnya untuk mendapatkan green beans. Dalam tahap ini, terdapat beberapa perbedaan dimana kopi yang diproses dengan metode pasca-panen honey atau araisin akan dijemur setelah pulping untuk kemudian dipisahkan antara lendir, cangkang, dan bijinya. Sementara pada proses natural, proses pulping dan hulling dilakukan setelah proses penjemuran atau drying.



Gambar 2.5 Hulling

#### d. Drying

Tahap ini bertujuan untuk mengeringkan biji kopi terlepas dari apapun prosesnya. Pada tahap ini, kopi dijemur di dua jenis tempat yaitu green house atau rumah kaca serta teras luas yang terkena sinar matahari langsung atau direct sunlight. Akan tetapi, terdapat beberapa perbedaan yang cukup signifikan dimana metode pasca-panen tertentu akan mempengaruhi cara, waktu pengeringan, serta tempat yang digunakan untuk mengeringkan kopi. Pada saat curah hujan terjadi sangat tinggi, dimana biji kopi kurang terpapar dengan matahari, para petani/ pengurus kebun kopi biasanya melakukan pengeringan dengan meletakkannya di atas para-para. Para-para adalah tempat penjemuran kopi yang dilengkapi dengan wired drying bed dengan atap transparan.

### **B. Tanaman Kopi**

Sistematika tanaman kopi robusta menurut Rahardjo (2012) adalah sebagai berikut:

Kingdom : Plantae  
Sub kingdom : Tracheobionita  
Divisi : Magnoliophyta  
Kelas : Magnoliopsida  
Sub Kelas : Astridae  
Ordo : Rubiaceace  
Genus : Coffea  
Spesies : Coffea robusta

Menurut Aak (1980), terdapat empat jenis kopi yang telah dibudidayakan, yakni:

#### 1. Kopi Arabika

Kopi arabika merupakan kopi yang paling banyak dikembangkan di dunia maupun di Indonesia khususnya. Kopi ini ditanam pada dataran tinggi yang memiliki iklim kering sekitar 1350-1850 m dari permukaan laut. Sedangkan di Indonesia sendiri kopi ini dapat tumbuh dan memproduksi pada ketinggian



1000-1750 m dari permukaan laut. Jenis kopi cenderung tidak tahan terhadap penyakit Hemilia Vastatrix. Namun kopi ini memiliki tingkat aroma dan rasa yang kuat.

## 2. Kopi Liberika

Jenis kopi ini berasal dari dataran rendah Monrovia di daerah Liberia. Pohon kopi liberika tumbuh dengan subur di daerah yang memiliki tingkat kelembapan yang tinggi dan panas. Kopi liberika penyebarannya sangat cepat. Kopi ini memiliki kualitas yang lebih buruk dari kopi Arabika baik dari segi buah dan tingkat rendemennya rendah.

## 3. Kopi Canephora (Robusta)

Kopi Canephora juga disebut kopi Robusta. Nama Robusta dipergunakan untuk tujuan perdagangan, sedangkan Canephora adalah nama botanis. Jenis kopi ini berasal dari Afrika, dari pantai barat sampai Uganda. Kopi robusta memiliki kelebihan dari segi produksi yang lebih tinggi di bandingkan jenis kopi Arabika dan Liberika.

## 4. Kopi Hibrida

Kopi hibrida merupakan turunan pertama hasil perkawinan antara dua spesies atau varietas sehingga mewarisi sifat unggul dari kedua induknya. Namun, keturunan dari golongan hibrida ini sudah tidak mempunyai sifat yang sama dengan induk hibridanya. Oleh karena itu, pembiakannya hanya dengan cara vegetative seperti stek atau sambungan.

## 1. Syarat Mutu Kopi

Syarat mutu dibagi menjadi dua yaitu syarat umum dan syarat khusus. Syarat umum adalah persyaratan bagi setiap biji kopi yang dinilai dari tingkat mutunya. Biji kopi yang tidak memenuhi syarat umum tidak dapat dinilai tingkat mutu kopinya. Sementara syarat khusus digunakan untuk menilai biji kopi berdasarkan tingkat mutunya. Tabel 1. Karakteristik Mutu Umum Biji Kopi Karakteristik Standar Mutu (%) Biji berbau

busuk dan berbau kapang-Kadar air < 12.5, Kadar kotoran < 0,5, Serangga hidup: tidak ada (Rahardjo, 2012).

Kopi robusta memiliki tekstur lebih kasar dari kopi arabika. Jenis lainnya dari kopi robusta seperti Qillou, Uganda dan Chanepora. Dalam pertumbuhannya kopi robusta hampir sama dengan kopi arabika yakni tergantung pada kondisi tanah, cuaca, proses pengolahan. Pengemasan kopi ini akan berbeda untuk setiap negara dan menghasilkan rasa yang sedikit banyak juga berbeda (Anonim, 2012).

Kopi robusta biasanya digunakan sebagai kopi instant atau cepat saji. Kopi robusta memiliki kandungan kafein yang lebih tinggi, rasanya lebih netral, serta aroma kopi yang lebih kuat. Kandungan kafein pada kopi robusta mencapai 2,8% serta memiliki jumlah kromosom sebanyak 226 kromosom. Produksi kopi robusta saat ini mencapai sepertiga produksi kopi seluruh dunia (Anonim, 2012).

Biji kopi memiliki kandungan yang berbeda baik dari jenis dan proses pengolahan kopi. Perubahan ini disebabkan karena adanya oksidasi pada saat proses enyangraian. Komposisi biji kopi arabika dan robusta sebelum dan sesudah disangrai (% bobot kering).

## 2. Proses Pengolahan Kopi

Proses pengolahan buah kopi sampai menjadi biji kopi merupakan proses yang panjang sebelum siap untuk di-roasted. Hal ini karena kopi baru bisa menjadi komoditas perdagangan jika buah dan selaputnya telah dihilangkan sehingga hanya tertinggal bijinya.

### a. Pengolahan Produk Primer Kopi

#### 1. Panen Tepat Matang

Pada saat pohon kopi mulai memproduksi buah, hal tersebut membutuhkan waktu sekitar sembilan bulan agar buah menjadi matang. Untuk kualitas kopi yang terbaik, kopi dipetik jika telah

matang serta berwarna merah ceri. Kopi yang belum matang dibiarkan matang di dahannya hingga kemudian dapat dipetik.

Selama panen, setiap pohon harus dikunjungi untuk beberapa waktu, hal ini merupakan metode yang membutuhkan biaya yang lumayan tinggi. Alternatif lain adalah, para petani memprediksi/ menentukan waktu panen, dan kemudian memetik buah yang telah matang maupun yang belum matang dari pohonnya secara serentak.

Hal ini dilakukan dengan mendorong dahan-dahan tersebut dengan menggunakan tangan sehingga buah-buahan jatuh ke dalam sebuah keranjang atau pada kain terpal yang dibentangkan di bawah pohon. Metode ini lebih efisien, namun menghasilkan kualitas yang lebih rendah secara keseluruhan. Buah kopi matang ditandai oleh perubahan warna kulit buah kopi yang semula hijau menjadi merah.



Gambar 2.6 Buah Kopi Matang

## 2. Sortasi Buah Sehat

Sortasi buah kopi sebelum pengolahan sangat menentukan mutu fisik kopi dan citarasa seduhan akhir. Tujuan sortasi adalah untuk memperoleh buah kopi yang seragam mutunya dan dapat meningkatkan efisiensi proses berikutnya. Caranya adalah pemisahan buah kopi sehat, segar, besar dan matang (mutu superior) dari buah kopi kopong, mentah, busuk, terkena penyakit atau cacat lainnya (mutu inferior).

Sortasi buah kopi dilakukan dua tahap, yaitu cara kering dan basah. Sortasi kering disebut juga sebagai pra-sortasi dilakukan di kebun atau dipenerimaan hasil, yaitu pemisahan buah matang dari buah hijau dan kotoran-kotoran yang mudah

dilihat dengan mata seperti daun, kayu dll. Sortasi basah dilakukan di pabrik dengan prinsip dasar beda berat jenis antara buah superior dan inferior di dalam air.

Peralatan sortasi basah umumnya adalah siphon. Alat ini merupakan bak penampung air dengan bentuk geometris lantai dasar kerucut. Campuran buah masuk ke dalam siphon lewat kanal air. Buah kopi superior akan tenggelam, sedang yang inferior akan mengapung. Kedua jenis mutu terpisah dan dikeluarkan dari bak lewat saluran yang berbeda. Kotoran bukan kopi seperti tanah, batu atau serpihan kayu keluar lewat kasa di dasar siphon.



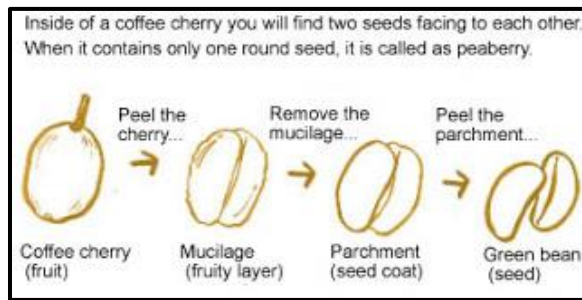
Gambar 2.7 Sortasi Buah Kopi

Buah kopi superior hasil sortasi basah segera diproses di mesin pengupas. Penundaan pengolahan dapat dilakukan dalam keadaan terendam air mengalir. Penyimpanan buah di tempat terbuka dan kering dapat menyebabkan fermentasi.

### 3. Pengupasan Kulit Buah

Pengupasan adalah proses pelepasan kulit buah dari kulit tanduk, dan sangat menentukan mutu fisik dan citarasa seduhan akhir. Kualitas pengupasan/pulping sangat menentukan proses pencucian lapisan lendir, proses pengeringan dan hulling. Untuk kapasitas besar pengupasan dilakukan dengan alat yang digerakkan listrik atau motor

sedangkan untuk kapasitas kecil dapat dilakukan dengan alat yang digerakkan manual atau listrik.



Gambar 2.8 Kulit Buah Kopi

Ada dua jenis mesin pengupas mekanis skala besar yaitu tipe silinder/ drum dan piringan/ disc. Tipe drum banyak digunakan, di perkebunan besar, sedang yang tipe disk sudah tidak dioperasikan lagi. Prinsip kerja mesin pengupas adalah pelecetan kulit buah kopi oleh silinder yang berputar (rotor) pada permukaan pelat yang diam (stator). Profil permukaan stator dan rotor dibuat bertonjolan (kasar).

Buah kopi dari tangki siphon diumpankan ke dalam mesin pengupas lewat corong (feed hopper) dan jatuh di permukaan rotor. Gaya putaran silinder mendesak buah kopi hingga terhimpit dan tergencet pada permukaan stator, sehingga kulit buah terkelupas dari biji kopi, kemudian dipisahkan dengan pisau ke saluran yang berbeda.

Kinerja mesin pengupas sangat tergantung pada keseragaman ukuran buah dan celah (gap) antara rotor dan stator. Ukuran celah umumnya sudah diatur pada nilai tertentu dan konstan. Buah kopi yang ukurannya terlalu besar akan terkelupas sampai kulit tanduknya, sedang yang terlalu kecil akan lolos.

Untuk menghindari hal tersebut, maka mesin pengupas dilengkapi dengan beberapa rotor dan stator (umumnya tiga pasang), yang disusun secara seri. Ukuran celah diatur berurutan mulai dari paling besar sampai yang terkecil. Dengan demikian, buah kopi yang lolos dari silinder pertama akan

terperangkap pada silinder kedua dan seterusnya. menyemprotkan sejumlah air ke dalam celah pengupas.



Gambar 2.9 Mesin Pengupas Kopi

Air berfungsi untuk membantu mekanisme pengupasan, dan pembersihan. Pengupasan buah kopi umumnya dilakukan secara basah, yaitu dengan awal lapisan lendir, mengurangi gaya geser silinder sehingga kulit tanduk tidak pecah dan membantu pengangkutan ke mesin berikutnya. Mesin pengupas silinder dengan putaran 120-200 rpm, berkapasitas 1,50-2 ton buah kopi per jam membutuhkan air antara 7-9 m<sup>3</sup> per jam.

### C. Prinsip Kerja Sel Surya

Susunan sebuah sel surya sama dengan sebuah dioda, terdiri dari lapisan yang dinamakan PN Junction. PN Junction itu diperoleh dengan jalan menodai sebatang bahan semikonduktor silikon murni (valensinya 4) dengan impuriti yang bervalensi 3 pada bagian sebelah kiri, dan yang disebelah kanan dinodai dengan impuriti bervalensi 5. Sehingga pada bagian kiri terbentuk silikon yang tidak murni lagi dan dinamakan silikon jenis N. Di dalam silikon murni terdapat dua

macam pembawa muatan listrik yang seimbang. Pembawa muatan listrik yang positif dinamakan hole, sedangkan yang negatif dinamakan elektron. Setelah dilakukan proses penodaan itu.

Di dalam silikon jenis P terbentuk hole (pembawa muatan listrik positif) dalam jumlah yang sangat besar dibandingkan dengan elektronnya. Oleh karena itu didalam silikon jenis P hole merupakan pembawa muatan mayoritas, sedangkan elektron merupakan pembawa muatan minoritas. Sebaliknya di dalam silikon jenis N terbentuk elektron dalam jumlah yang sangat besar sehingga disebut pembawa muatan mayoritas dan hole disebut pembawa muatan minoritas.

Di dalam batang silikon itu terjadi pertemuan antara bagian P dan bagian N. Oleh karena itu dinamakan PN Junction. Bila sekarang, bagian P dihubungkan dengan kutub positif dari sebuah baterai, sedangkan kutub negatifnya dihubungkan dengan bagian N, maka terjadi hubungan yang dinamakan "Forward Bias". Dalam keadaan forward bias, didalam rangkaian itu timbul arus listrik yang disebabkan oleh kedua macam pembawa muatan.

Jadi arus listrik yang mengalir di dalam PN Junction disebabkan oleh gerakan hole, tapi berlawanan arah dengan gerakan elektron. Sekedar untuk lebih menjelaskan, elektron yang bergerak didalam bahan konduktor dapat menimbulkan energi listrik. Dan energi listrik inilah yang disebut sebagai arus listrik yang mengalir berlawanan arah dengan gerakan elektron.

Tapi, bila bagian P dihubungkan dengan kutub negatif dari baterai dan bagian N dihubungkan dengan kutub positifnya, maka sekarang terbentuk hubungan yang dinamakan "reverse bias". Dengan keadaan seperti ini maka hole (pembawa muatan positif) dapat tersambung langsung ke kutub positif, sedangkan elektron juga langsung ke kutub positif. Jadi, jelas di dalam PN Junction tidak ada gerakan

pembawa muatan mayoritas baik yang hole maupun P bergerak berusaha untuk mencapai kutub positifnya baterai, demikian pula pembawa muatan minoritas (hole) didalam bagian N juga bergerak berusaha mencapai kutub negatif. Karena itu dalam keadaan reserver bias didalam PN Junction ada juga arus yang timbul meskipun dalam jumlah yang sangat kecil (mikro ampere). Arus ini sering disebut dengan reserve saturation current atau leakage current (arus bocor).

#### **D. Modul Surya**

Untuk mendapatkan daya yang cukup besar diperlukan banyak sel surya biasanya sel-sel surya itu sudah disusun sehingga berbentuk panel surya dan dinamakan panel photovoltaire (PV). PV sebagai sumber daya listrik pertama kali digunakan di satelit, kemudian dipikirkan pula PV sebagai sumber energi untuk modul, sehingga ada modul listrik surya sekarang di luar negeri, PV sudah mulai digunakan sebagai digunakan sebagai atap atau dinding rumah.

Secara teori dikatakan bahwa ada tujuh hal utama yang mempengaruhi unjuk kerja/ performansi dari modul panel sel surya yaitu:

1. Bahan pembuat sel surya
2. Resistansi beban pada sel surya
3. Intensitas cahaya matahari
4. Suhu/ temperatur sel surya
5. Bayangan/ shading pada peranti sel surya
6. Rekayasa bentuk permukaan yang digunakan pada peranti sel surya
7. Sudut pancaran cahaya matahari pada peranti sel surya.

Oleh karena itu, penerapan ketujuh faktor utama yang tepat akan mampu meminimalkan jumlah cahaya yang dipantulkan dan memaksimalkan kemampuan daya serap penyerapan cahaya matahari. Sebagai hasilnya jumlah cahaya yang terperangkap dan diserap masuk ke dalam peranti akan



semakin meningkat. Modul surya (fotovoltaic) adalah sejumlah sel surya yang dirangkai secara seri dan paralel, untuk meningkatkan tegangan dan arus yang dihasilkan sehingga cukup untuk pemakaian sistem catu daya beban. Untuk mendapatkan keluaran energi listrik yang maksimum maka permukaan modul surya harus selalu mengarah ke matahari.

Di Indonesia, energi listrik yang optimum akan didapat apabila modul surya diarahkan dengan sudut kemiringan sebesar lintang lokasi PLTS tersebut berada. Sebagai contoh, untuk daerah yang berada di sebelah utara katulistiwa maka modul surya harus dihadapkan ke selatan, dan sebaliknya. Selanjutnya energi listrik tersebut disimpan dalam Baterai. Baterai disini berfungsi sebagai penyimpan energi listrik secara kimiawi pada siang hari dan berfungsi sebagai catu daya listrik pada malam hari.

#### **E. Motor Steper Sebagai Penggerak Solar Panel dan Colektor**

Panel solar untuk mendapat cahaya yang maksimal dibutuhkan perangkat penjejak matahari. Penjejak aktif adalah penjejak yang bekerja berdasarkan koordinasi atau kombinasi antara mikroprosesor dengan sensor yang berbasis elektro optikal atau berbasis waktu. Dengan menggunakan system solar tracker dapat menambah efektifitas panel surya, karena energi terbesar yang diterima oleh solar panel adalah arah radiasi matahari yang tegak lurus dengan bidang solar panel. Sistem penjejukan matahari dengan 2 sumbu putar dirancang untuk meningkatkan efektifitas dalam penerimaan energi.

Penjejak matahari pada dasarnya memiliki prinsip kerja yang sama. Kedua penjejak matahari ini menggunakan sistem penjejukan satu sumbu. Sistem ini hanya dapat mengikuti pergerakan matahari dari timur ke barat yang di sebabkan oleh gerak rotasi bumi. Sensor yang di gunakan adalah foto resistor. Untuk dapat meningkatkan efisiensi pada penjejak matahari,

sistem dua sumbu dapat diaplikasikan pada penjejak matahari. Sistem dua sumbu memungkinkan penjejak matahari dapat mengontrol posisi azimuth dan latitude dari posisi matahari. Hal ini memungkinkan penjejak matahari dapat mengikuti arah matahari secara lebih tepat sepanjang tahun.

Motor stepper dalam sistem pelacak digunakan sebagai penggerak panel. Dalam motor penggerak listrik dikenal dua macam motor penggerak yaitu motor DC/AC dan motor stepper. Motor DC/AC terdiri dari 2 buah koil sebagai stator dan inti magnet yang bisa berputar pada sumbunya sebagai rotor. Karenanya putaran motor DC/AC ini putaran yang kontinyu. Penjelasan motor stepper dalam motor stepper terdapat 4 koil stator yang disusun dengan posisi tertentu sehingga tidak bisa menghasilkan putaran yang kontinyu. Inti magnet akan berhenti berputar jika stator memberikan magnet yang berlawanan dengan inti magnet tersebut, karena keduanya tarik menarik.

Jika arus listrik dialirkan ke koil 1 maka inti magnet akan berhadapan dengan koil 1, kemudian jika arus listrik digeser ke koil 2 maka inti magnet akan berhadapan dengan koil 2, dan demikian seterusnya. Inti magnet juga dapat berhenti berputar pada posisi antara dua koil stator dengan cara memberikan arus listrik pada dua koil secara bersamaan. Ini bisa dimanfaatkan untuk menghasilkan sudut putar yang lebih kecil, dan putaran motor menjadi lebih halus. (Danang Susilo. 2010).

#### **F. Mikrokontroler dan Prinsip Kerja Mikrokontroler**

Mikrokontroler bila diartikan secara harfiah, berarti pengendali yang berukuran mikro. Dalam penggunaannya mikrokontroler biasanya ditanamkan pada alat yang akan dikontrol. Sekilas mikrokontroler sama dengan mikroprosesor dalam sebuah komputer. Tetapi mikrokontroler mempunyai banyak komponen terintegrasi di dalamnya seperti timer/

counter sedangkan dalam mikroprosesor komponen tersebut tidak terintegrasi. Mikrokontroler merupakan suatu chip mikroprosesor dengan dilengkapi sebuah CPU, Memori (RAM dan ROM) serta Input- Output (Sandos Simatupang, 2013).

Microcontroller merupakan komputer di dalam chip yang digunakan untuk mengontrol peralatan elektronik, yang menekankan efisiensi dan efektifitas biaya. Secara harfiahnya bisa disebut “pengendali kecil” di mana sebuah sistem elektronik yang sebelumnya banyak memerlukan komponen-komponen pendukung seperti IC TTL dan CMOS dapat direduksi/ diperkecil dan akhirnya terpusat serta dikendalikan oleh microcontroller ini. Dengan penggunaan microcontroller ini maka:

1. Sistem elektronik akan menjadi lebih ringkas.
2. Rancang bangun sistem elektronik akan lebih cepat karena sebagian besar dari sistem adalah perangkat lunak yang mudah dimodifikasi.
3. Pencarian gangguan lebih mudah ditelusuri karena sistemnya yang kompak.

Namun demikian tidak sepenuhnya microcontroller bisa mereduksi komponen IC TTL dan CMOS yang seringkali masih diperlukan untuk aplikasi kecepatan tinggi atau sekedar menambah jumlah saluran masukan dan keluaran (I/O). Dengan kata lain, microcontroller adalah versi mini atau mikro dari sebuah komputer karena microcontroller sudah mengandung beberapa periferal yang langsung bisa dimanfaatkan, misalnya port paralel, port serial, komparator, konversi digital ke analog (DAC), konversi analog ke digital dan sebagainya hanya menggunakan sistem minimum yang tidak rumit atau kompleks.

Secara teknis hanya ada dua jenis microcontroller yaitu RISC dan CISC dan masing-masing mempunyai keturunan/ keluarga sendiri-sendiri. RISC kependekan dari Reduced Instruction Set Computer: instruksi terbatas tapi

memiliki fasilitas yang lebih banyak CISC kependekan dari Complex Instruction Set Computer: instruksi bisa dikatakan lebih lengkap tapi dengan fasilitas secukupnya.

Microkontroler adalah sebuah sistem microprocessor dimana di dalamnya sudah terdapat CPU, ROM, RAM, I/O, Clock dan peralatan internal lainnya yang sudah saling terhubung dan terorganisasi (teralamat) dengan baik oleh pabrik pembuatnya dan dikemas dalam satu chip yang siap pakai sehingga kita tinggal memprogram isi ROM sesuai aturan penyusunan oleh pabrik yang membuatnya. Pengertian Mikrocontroller adalah komponen elektronika yang didalamnya terkandung sistem interkoneksi antara Mikroprosesor, RAM, ROM, I/O interface, dan beberapa peripheral.

Microcontroller disebut juga On-chip-Peripheral. Berdasarkan etimologis atau istilah yaitu micro adalah sesuatu yang berukuran kecil, bahkan tak terlihat oleh mata telanjang control adalah mengendalikan, maka controller merupakan pengendali sesuatu. Microcontroller yaitu pengendali yang berukuran mikro. Cara mudah mengoperasikan peralatan internal microcontroller seperti (timer/ counter, ext, user, dll) adalah mempelajari register-register pengendali peralatan tersebut. Microcontroller juga adalah sebuah chip terintegrasi yang sering menjadi bagian dari sistem embedded (system yang tertanam). Pada aplikasi microcontroller terdapat kelebihan sistem kinerja dengan menggunakan microcontroller adalah sebagai berikut:

1. Penggerak pada microcontroller menggunakan bahasa pemrograman assembly dengan berpatokan pada kaidah digital dasar sehingga pengoperasian sistem menjadi sangat mudah dikerjakan sesuai dengan (bahasa assembly ini mudah dimengerti karena menggunakan bahasa assembly aplikasi dimana parameter input dan output langsung bisa diakses tanpa menggunakan banyak

perintah). Desain bahasa assembly ini tidak menggunakan begitu banyak syarat penulisan bahasa pemrograman seperti huruf besar dan huruf kecil untuk bahasa assembly tetap diwajibkan.

2. Microcontroller tersusun dalam satu chip di mana prosesor, memori, dan I/O terintegrasi menjadi satu kesatuan kontrol sistem sehingga microcontroller dapat dikatakan sebagai komputer mini yang dapat bekerja secara inovatif sesuai dengan kebutuhan sistem.
3. Sistem running bersifat berdiri sendiri tanpa tergantung dengan komputer sedangkan parameter komputer hanya digunakan untuk download perintah instruksi atau program. Langkah-langkah untuk download computer dengan microcontroller sangat mudah digunakan karena tidak menggunakan banyak perintah.
4. Pada microcontroller tersedia fasilitas tambahan untuk pengembangan memori dan I/O yang disesuaikan dengan kebutuhan sistem.
5. Harga untuk memperoleh alat ini lebih murah dan mudah didapat.

#### **G. Sensor LDR**

LDR (Light Dependent Resistor), ialah jenis resistor yang berubah hambatannya karena pengaruh cahaya. Bila cahaya gelap nilai tahananannya semakin besar, sedangkan cahayanya terang nilainya menjadi semakin kecil. LDR (Light Dependent Resistor) adalah jenis resistor yang biasa digunakan sebagai detector cahaya atau pengukur besaran konversi cahaya. Light Dependent Resistor, terdiri dari sebuah cakram semikonduktor yang mempunyai dua buah elektroda pada permukaannya. Resistansi LDR berubah seiring dengan perubahan intensitas cahaya yang mengenainya. Dalam keadaan gelap resistansi LDR sekitar 10M dan dalam keadaan

terang sebesar 1k atau kurang. LDR terbuat dari bahan semikonduktor seperti cadmium sulfide. Dengan bahan ini energy dari cahaya yang jatuh menyebabkan lebih banyak muatan yang dilepas atau arus listrik meningkat. Artinya resistansi bahan telah mengalami penurunan.

LDR digunakan untuk mengubah energy cahaya menjadi energy listrik. Akan tetapi karena responnya terhadap cahaya cukup lambat, LDR tidak digunakan pada situasi di mana intensitas cahaya berubah secara drastis. Sensor ini akan berubah nilai hambatannya apabila ada perubahan tingkat kecerahan cahaya.

#### **H. Resistansi Beban**

Tegangan baterai adalah tegangan operasi dari solar cell panel module, apabila baterai dihubungkan langsung dengan solar cell panel modul. Sebagai contoh, umumnya baterai 12Volt, voltase/ tegangan baterai biasanya antara 11.5 sampai 15Volts. Untuk dapat mencharge baterai, solar cell panel harus beroperasi pada voltase yang lebih tinggi daripada voltase baterai bank. Efisiensi paling tinggi adalah saat solar panel cell beroperasi dekat pada maximum power point. Pada contoh di atas, tegangan baterai harus mendekati tegangan  $V_{mp}$ . Apabila tegangan baterai menurun di bawah  $V_{mp}$ , ataupun meningkat di atas  $V_{mp}$ , maka efisiensi nya berkurang.

#### **I. Suhu Solar Cell Panel**

Sebagaimana suhu solar cell panel meningkat diatas standar suhu normal 25 derajat Celcius, efisiensi solar cell panel modul efisiensi dan tegangan akan berkurang. Gambar di bawah ini mengilustrasikan bahwa, sebagaimana, suhu sel meningkat diatas 25 derajat Celcius (suhu solar cell panel module, bukan suhu udara), bentuk kurva I-V tetap sama, tetapi bergeser ke kiri sesuai dengan kenaikan suhu solar cell panel, menghasilkan tegangan dan daya yang lebih kecil. Panas dalam

kasus ini, adalah hambatan listrik untuk aliranelektron. Untuk itu aliran udara di sekeliling solar cell panel module sangat penting untuk menghilangkan panas yang menyebabkan suhu solar cell panel yang tinggi.

#### **J. Kolektor**

Kolektor surya adalah suatu alat yang dapat mengumpulkan atau menyerap radiasi surya dan mengkonversikan menjadi panas. Kolektor surya dapat didefinisikan sebagai sistem perpindahan panas yang menghasilkan energi panas dengan memanfaatkan radiasi sinar matahari sebagai sumber energi utama. Kolektor surya beroperasi tanpa mengeluarkan suara (tidak seperti turbin angin besar) sehingga tidak menyebabkan polusi suara.

Kolektor surya biasanya memiliki umur yang sangat lama, dan biaya pemeliharannya sangat rendah karena tidak ada bagian yang bergerak. Kolektor surya juga cukup mudah untuk diinstal. Energi surya adalah salah satu pilihan energi terbaik untuk daerah-daerah terpencil, bilamana jaringan distribusi listrik tidak praktis atau tidak memungkinkan untuk diinstalasi. Mengingat rasio elektrifikasi di Indonesia baru mencapai 55-60 % dan hampir seluruh daerah yang belum dialiri listrik adalah daerah pedesaan yang jauh dari pusat pembangkit listrik. (Fadly Rian Arikundo, 2014).

#### **K. Studi Pendahuluan Yang Telah Dilaksanakan Dan Hasil Yang Telah Dicapai**

Studi pendahuluan yang telah dilaksanakan oleh Irnanda Priyadi. 2008, dengan judul Pengembangan Teknologi Tepat Guna: Studi Parameter Teknologi Hybrid Kolektor Sel Surya Sebagai Teknologi Pengering Hasil Panen yang diterbitkan pada jurnal Satek menghasilkan kesimpulan sebagai berikut:

Penggunaan teknologi hybrid kolektor sel surya sebagai teknologi pengering hasil panen merupakan salah satu solusi

alternatif yang dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas hasil panen di daerah-daerah terpencil yang belum terjangkau jaringan listrik PLN. Namun dalam perancangannya terdapat beberapa parameter yang perlu diperhatikan agar rancang bangun kolektor sel surya sebagai teknologi pengering hasil panen dapat efektif dan efisien. Pemikiran-pemikiran berkenaan dengan energi alternatif sudah semestinya mendapat dukungan dari pihak-pihak terkait.

Apalagi dalam situasi krisis energi, sebagai akibat semakin menipisnya cadangan bahan bakar fosil ditambah lagi dengan semakin tingginya harga bahan mentah minyak di pasaran dunia. Hal ini mengharuskan para peneliti berlomba membuat terobosan-terobosan baru untuk mencari dan menggali serta menciptakan teknologi baru yang tidak bergantung pada sumber energi fosil.

Dari penelitian Irnanda Priyadi, peneliti menganalisa ada kelemahan dan kekurangan pada model tersebut yaitu tidak adanya solar cell and kolektor sell tracking pada alat tersebut untuk memaksimalkan kerja kolektor dan sel surya untuk mengoptimalkan daya yang dihasilkan pada prototipe tersebut. Sehingga prototipe kolektor dan sel surya dapat digerakkan mengikuti pergerakan arah sinar matahari untuk mendapatkan sudut tegak lurus dengan arah sinar matahari.



## **BAB III**

### **TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN**

#### **A. Tujuan Penelitian**

Penelitian produk terapan dengan judul rancang bangun kontrol posisi solar cell menggunakan mikrokontroler AT89S52 untuk optimalisasi daya serap matahari pada aplikasi pengeringan biji kopi bertujuan untuk mensimulasikan di dalam software proteus 8 profesional rancang bangun prototipe solar cell tracker yang digerakkan dengan kecerdasan buatan mikrokontroler untuk optimalisasi kerja solar cell dan kolektor surya.

#### **B. Manfaat Penelitian**

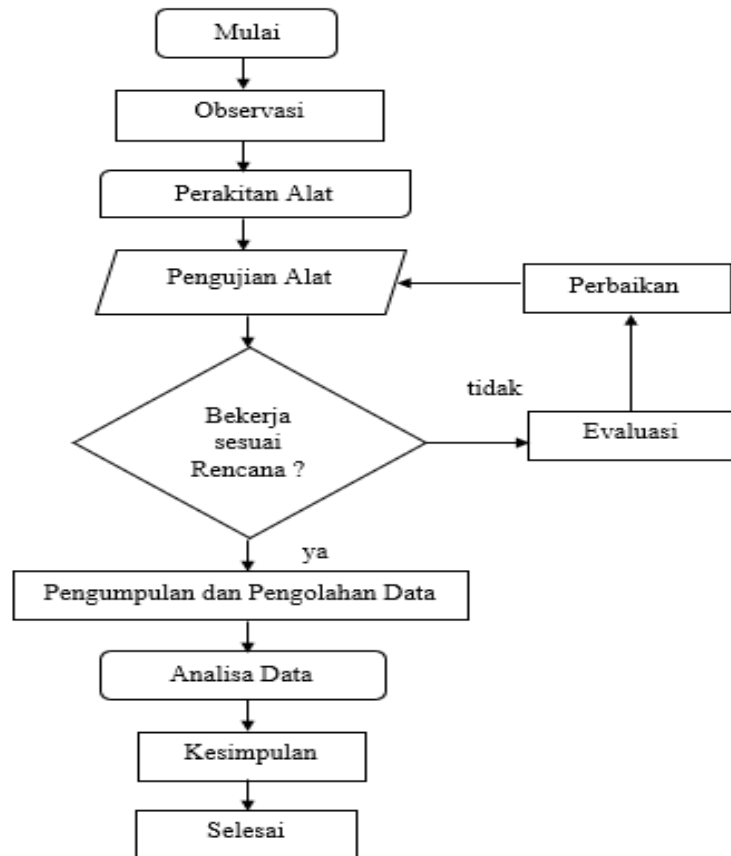
Manfaat penelitian ini untuk optimalisasi sel surya dan kolektor surya agar mendapatkan energi listrik dan kalor secara maksimum. Efisiensi waktu dan ekonomis menjadi manfaat utama dalam penelitian ini. Rancangan ini digerakkan secara otomatis menggunakan sistem kendali cerdas. Memberikan penilaian dan saran tindak lanjut kepada pemerintah pusat dan daerah tentang penggunaan energi listrik tenaga matahari dalam aplikasi hasil perkebunan di Desa Teritit Aceh Tengah.

Terbangunnya master plan kerjasama antara Universitas Malikussaleh dan Pemerintah Daerah Kabupaten Aceh Tengah dalam penerapan energi sel surya dan kolektor surya. Hasil penelitian ini akan sangat berguna juga bagi dunia secara umum dengan dipublikasikannya hasil penelitian ini dalam publikasi jurnal internasional.

## BAB IV METODE PENELITIAN

### A. Tahapan Penelitian

1. Tahap pertama adalah membuat diagram alir yang dapat memudahkan untuk menganalisa permasalahan yang terdapat pada lapangan. Berikut ini adalah bentuk diagram alir yang telah dibuat ditunjukkan pada Gambar berikut ini:



Gambar 4.10 Flow Chart Penelitian

2. Tahap kedua yaitu:
  - a. Studi kepustakaan yaitu studi yang dilakukan untuk mendapatkan pengetahuan dengan mengumpulkan data baik dari internet maupun dari buku-buku.
  - b. Studi lapangan yaitu dengan mengumpulkan komponen yang diperlukan untuk perancangan, merakit komponen dan melakukan pengujian bertahap.
  - c. Observasi yaitu pengamatan terhadap alat yang dibuat, dengan melakukan percobaan baik secara langsung maupun secara tidak langsung.
  - d. Metode perancangan yaitu tahap perancangan yang dibuat, mengenai simulasi perencanaan rangkaian, layout PCB, tata letak komponen-komponen yang di perlukan dan perencanaan mekanik rangkaian.
  - e. Analisis dan Evaluasi, setelah dilakukan pengumpulan data baik berdasarkan studi kepustakaan maupun studi lapangan.

## **B. Studi Literatur**

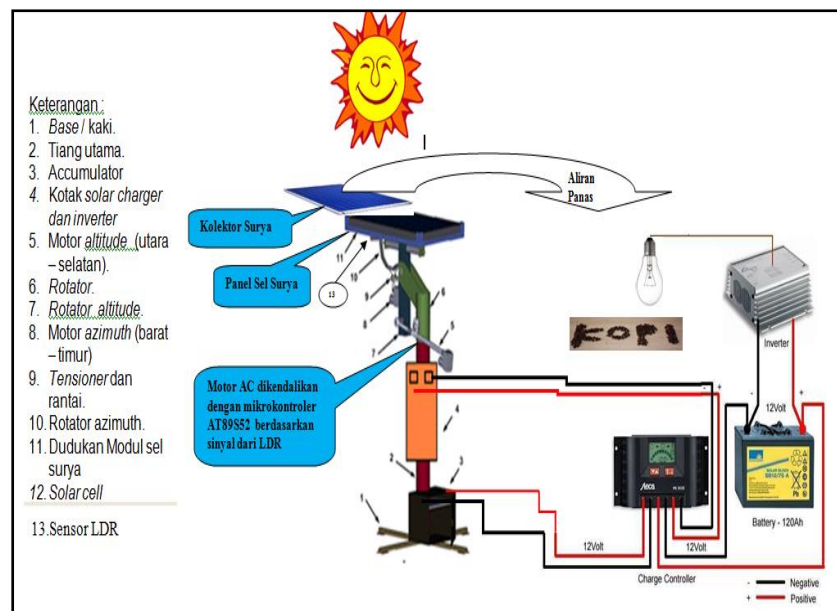
Proses pencarian referensi-referensi atau landasan teori yang akan digunakan untuk menunjang dan mempermudah pembuatan tugas akhir. Landasan teori yang didapatkan mengenai alat yang akan di gunakan dilapangan, dan faktor-faktor yang mempengaruhi proses pengeringan biji kopi melalui e jurnal dan ebook.

## **C. Metode Perancangan**

Perancangan merupakan kegiatan awal dari usaha merealisasikan suatu produk yang kebutuhannya dibutuhkan oleh masyarakat. Setelah perancangan simulasi dengan menggunakan software proteus selesai, maka kegiatan yang menyusul adalah pembuatan produk. Cara merancang terdiri dari 4 tahap atau fase, yang masing-masing terdiri dari beberapa sebagai berikut; 1. Fase Perumusan. (Formulation

Phase); 2. Fase Fungsi (Functional Phase); 3. Fase Perancangan (Design Phase); 4. Hasil (Result). Pengeringan cassava membutuhkan waktu pengeringan lebih kurang 46jam atau dua hari hingga mendapatkan kadar air sebesar <14%, dengan temperatur pengeringan berkisar diantara 30<sup>0</sup> C sampai dengan 60<sup>0</sup>C.

Konsep inilah yang digunakan sebagai acuan untuk menciptakan Solar Dryers. Perencanaan alat pengering ini bertujuan untuk membantu para petani kopi. Oleh karena itu pertimbangan yang perlu diperhatikan dalam perencanaan alat pengering ini yaitu: ekonomis, produktifitas tinggi, mudah pembuatan, kuat dan mudah dioperasikan. Gambar 3.1 di bawah ini menunjukkan rencana desain alat/prototipe.



Gambar 4.11 Rencana Desain

#### **D. Perakitan Alat**

Alat yang akan digunakan sebelum dibawa ke tempat penelitian untuk menghitung efisiensi pengering biji kopi menggunakan alat pengering biji kopi bertenaga surya akan dilakukan kalibrasi, simulasi dan pengecekan alat apakah berfungsi dengan baik dan bekerja dengan secara normal untuk melakukan proses pengeringan biji kopi.

#### **E. Pengumpulan Data**

Proses pengambilan data yang nantinya akan digunakan sebagai bahan dalam pembuatan dan penyusunan tugas akhir. Data yang diperoleh berasal dari alat yang akan di gunakan yaitu, Pengering biji kopi bertenaga surya dengan karakteristik yang dapat dilihat pada tabel 4.1

Tabel 4.1 Karakteristik Pengeringan Biji Kopi

Percobaan	Waktu	Kadar air awal	Kadar air akhir	Suhu
1				
2				
3				
4				
5				

#### **F. Analisa Data**

Proses ini digunakan untuk memahami dan menganalisa data yang didapat dari proses pengambilan data. Proses ini didapat untuk mengetahui apakah suatu sistem dapat bekerja dengan baik atau tidak. Dalam proses ini digunakan perhitungan menggunakan microsoft excel untuk mengetahui hasil dari data yang di peroleh dengan yang menggunakan alat pengering biji kopi bertenaga surya dengan data hasil pengeringan biji kopi secara tradisional.

## BAB V

### HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI

#### A. Gambaran umum lokasi penelitian

Secara Geografis kampung Gunung Teritit terletak diantara 2,233 Lintang Utara dan 96,45 Bujur Timur dengan luas wilayah  $\pm 1850$  hektar, 0,1 % dari wilayah kabupaten Bener Meriah, dan merupakan satu wilayah dengan keadaan topografi dataran sampai gelombang dengan ketinggian 900-2.600 dpl. Curah hujan rata-rata adalah 1,087 mm dan yang tertinggi yaitu 2,405 mm. Batas kondisi fisik dasar kampung ialah sebagai berikut:

Tabel 5.2 Pemanfaatan Lahan

No	Pemanfaatan Lahan	Luas (Ha)
1.	Area Pekarangan	1
2.	Area Pemukiman	6
3.	Area Perkebunan Kopi	1150
4.	Area Persawahan	60
5.	Area Pendidikan	0,1
6.	Area Jalan dan Lorong	-
7.	Area Gorong-gorong	8
8.	Alur	2
9.	Area Prasarana Lainnya	-
10	Area Rekreasi/Olahraga	0,1

Berdasarkan tabel di atas, dapat disimpulkan bahwa pemanfaatan lahan tanah di kampung Gunung Teritit lebih dominan pada penanaman atau perkebunan kopi. Hal ini disebabkan karena kopi merupakan salah satu sumber utama mata pencaharian masyarakat. Ini bisa dilihat dari luasnya area perkebunan kopi yang memiliki luas sebesar 1150 Ha. Selain perkebunan kopi area persawahan juga menjadi sumber lain

pencaharian masyarakat, yang mana untuk area persawahan ini memiliki luas lahan sebesar 60 Ha. Namun, yang menjadi kendala di kampung Gunung Teritit adalah kurangnya penyediaan lahan untuk area jalan dan prasarana lainnya.

#### 1. Kondisi Potensi Kopi

Kopi Arabika (*Coffea arabica*) merupakan salah satu tanaman perkebunan yang menjadi produk ekspor unggulan di Indonesia. Secara spesifik, kemudian komoditi perkebunan ini menjadi komoditi utama dan unggulan di dua kabupaten yang berada di Dataran Tinggi Gayo yaitu Kabupaten Aceh Tengah dan Bener Meriah. Luas areal pertanaman kopi arabika di kedua daerah ini mencapai lebih dari 120.000 hektar, dengan produksi per tahun mencapai lebih dari 200.000 ton.

Negara-negara maju mulai memperketat persyaratan kualitas kopi yang akan dibeli ke masalah aspek mikro. Sebelumnya persyaratan kualitas kopi yang dibeli negara-negara maju hanya dilihat dari aspek makronya saja, yaitu masalah kebersihan dan jumlah kadar cacat pada kopi. Terakhir mereka memperketat persyaratan kualitas kopi dengan melihat aspek mikro seperti kandungan unsur mikrobiologi, bakteri, racun, sisa bahan aktif pembasmi hama/pestisida Cypermentrin, dan lain-lain.

Aspek mikro dalam menentukan persyaratan kualitas kopi yang di ekspor tersebut menjadi hambatan dalam mengekspor kopi Indonesia, karena Indonesia belum memiliki laboratorium yang memadai untuk mendeteksi aspek mikro yang terkandung dalam kopi. Baru-baru ini terdapat dua peti kemas (36 ton) kopi arabika Mandhailing yang di tahan Badan Karantina Jepang karena mengandung unsur aktif pestisida Cypermenthrin melebihi ambang batas yang diizinkan. Unsur aktif pestisida Cypermenthrin dalam kopi arabika diizinkan di Jepang 0,05 ppm. Eksportir kopi Indonesia kesulitan memenuhi standar ambang batas residu kimia dalam kopi, karena Standar

Nasional Indonesia (SNI) untuk kopi baru merumuskan aspek makro (unsur kasat mata).

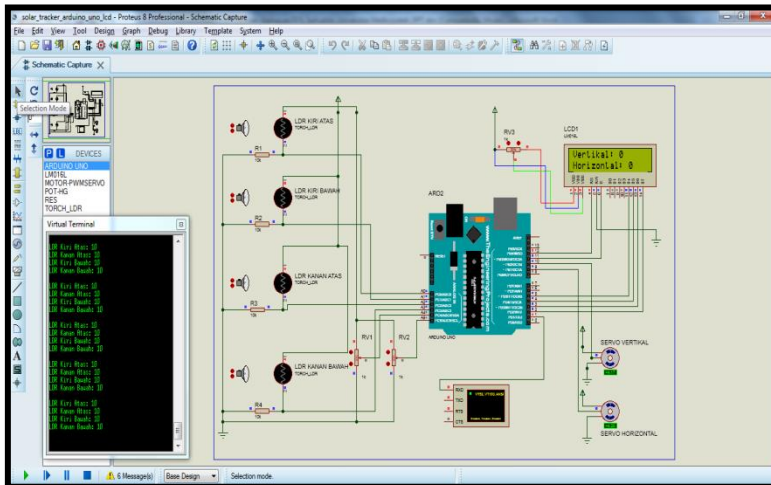
## 2. Light Dependent Resistor

Light Dependent Resistor yang merupakan salah satu jenis komponen elektronika yaitu resistor. Komponen ini merupakan resistor yang nilai tahanan atau hambatannya sangat peka terhadap intensitas cahaya. Komponen Light Dependent Resistor (LDR) biasanya juga disebut dengan photo resistor, atau photocell. Banyak orang yang menggunakan komponen ini sebagai pengganti sensor cahaya. Karena selain efektif, harganya pun lebih murah.

Hasil simulasi solar cell traker yang telah disimulasikan dimulai pada LDR menerima cahaya dari sisi LDR kanan atas, LDR kiri atas, LDR kanan bawah, LDR kiri bawah mengarahkan servo untuk menggerakkan panel ke arah vertikal dari arah timur ke arah barat atau sebaliknya secara otomatis dan menggerakkan panel ke arah horizontal dari arah utara ke arah selatan atau sebaliknya. Keempat LDR ini difungsikan untuk menggerakkan servo ke arah vertikal dan horizontal dengan sudut pergerakan terkecil  $0^{\circ}$  dan sudut pergerakan maksimum  $180^{\circ}$ .

Kemampuan dari simulator ini dapat menggerakkan panel ke arah horizontal maupun ke arah vertikal dengan sudut  $0^{\circ}$  sampai  $180^{\circ}$ . Resistensi LDR pada perancangan sistem solar cell traker ini akan dipengaruhi oleh intensitas cahaya matahari yang diterima sehingga secara otomatis mampu menggerakkan servo untuk berputar ke arah yang sesuai dengan pergerakan arah matahari. Tampilan simulasi solar cell traker dalam posisi diam seperti yang ditunjukkan pada gambar 5.3.

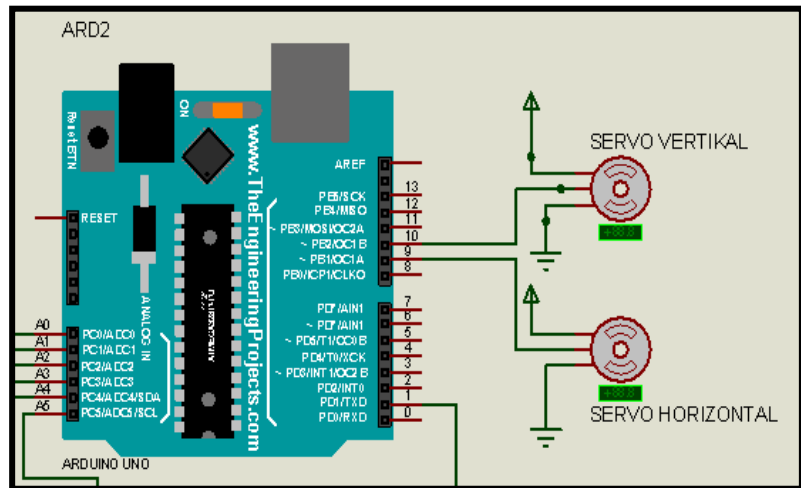




Gambar 5.12 Simulasi Solar Cell Traker.

### 3. Servo

Perancangan simulasi prototipe solar cell traker ini dilengkapi dengan servo vertikal dan servo horizontal yang berfungsi untuk menggerakkan panel surya sesuai dengan yang telah diprogramkan pada mikrokontroler mengikuti pergerakan cahaya matahari. Servo vertikal difungsikan untuk menggerakkan panel surya pada arah timur ke arah barat atau arah barat ke arah timur. Servo horizontal disimulasikan untuk menggerakkan panel surya ke arah utara selatan atau arah selatan ke arah utara. Motor servo adalah motor DC yang bergerak searah dengan tegangan dimulai dari 6V-24V. Tampilan bentuk servo ditunjukkan pada gambar 5.4.



Gambar 5.13 Servo vertikal dan servo horizontal

#### 4. Virtual Terminal

Virtual terminal difungsikan sebagai media komunikasi antara software dengan software atau antara aplikasi dengan aplikasi. Fungsi lainnya untuk menampilkan kerja hardware yang kita tampilkan pada komputer. Dengan begitu bisa digunakan dalam simulasi ini untuk memonitor LDR, servo vertikal dan servo horizontal serta nilai toleransi yang terjadi pada solar cell traker.

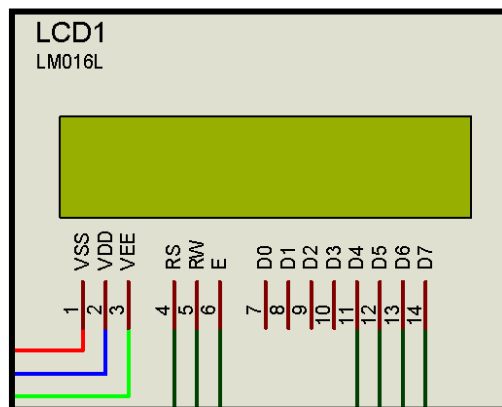
Virtual terminal memungkinkan terminal host pada jaringan multi-pengguna untuk berinteraksi dengan host lain terlepas dari jenis dan karakteristik terminal. Virtual terminal memungkinkan remote log-on oleh manajer jaringan area lokal untuk tujuan pengelolaan. Fungsi lain dari virtual terminal yaitu memungkinkan pengguna mengakses informasi dari prosesor host lain untuk pemrosesan transaksi dan juga berfungsi sebagai fasilitas backup. Virtual terminal seperti ditunjukkan pada gambar 5.5.



Gambar 5.14 Virtual terminal

## 5. Liquid Crystal Disc

LCD (Liquid Crystal Disc) difungsikan untuk tampilan pada hardware untuk memastikan data yang kita input valid atau tidak valid, untuk mengetahui hasil suatu proses, memonitoring suatu proses, mendebug program dan menampilkan pesan. Tampilan LCD seperti ditunjukkan pada gambar 5.6.



Gambar 5.15 Liquid Crystal Disc

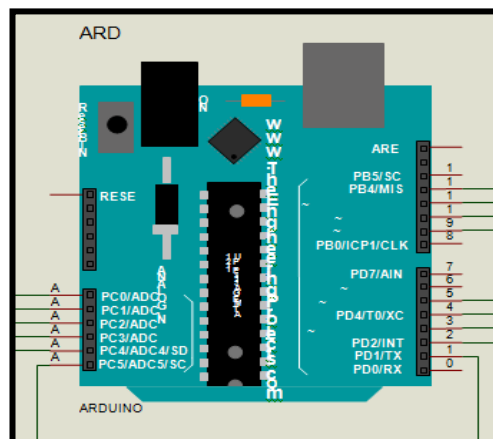
## 6. Arduino

Arduino kendali otomasi prototipe adalah pengendali mikro single-board yang bersifat open-source. Hardwarenya memiliki prosesor Atmel AVR dan softwarentya memiliki bahasa pemograman sendiri. Bahasa yang dipakai dalam arduino

bukan assembler yang relatif sulit, tetapi bahasa C yang disederhanakan dengan bantuan pustaka-pustaka arduino.

Arduino juga menyederhanakan proses bekerja dengan mikrokontroler, sekaligus menawarkan berbagai macam kelebihan antara lain: murah, sederhana dan mudah pemrogramannya, perangkat lunaknya open source, perangkat kerasnya open source, tidak perlu perangkat chip programmer karena di dalamnya sudah ada bootloader yang akan menangani upload program dari komputer.

Sudah memiliki sarana komunikasi USB, sehingga pengguna laptop yang tidak memiliki port serial/ RS323 bisa menggunakannya. Arduino juga memiliki modul siap pakai (shield) yang bisa ditancapkan pada board arduino seperti shield GPS dan Ethernet. Dalam penelitian ini arduino difungsikan untuk mengendalikan secara otomatis perangkat keras panel surya dan kolektor surya dengan menggerakkan motor servo. Tampilan bentuk arduino seperti ditunjukkan pada gambar 5.7.



Gambar 5.16 Arduino

Pada bahagian ini akan dibahas mengenai realisasi sistem pengeringan, pengujian kinerja sistem dimulai dari pengukuran dan analisa perbandingan data antara penjemuran secara manual dengan menggunakan alat.

## B. Realisasi Sistem

Selanjutnya melakukan simulasi pada alat pengering biji kopi bertenaga surya, apabila terjadi kesalahan pada keluaran akan dilakukan evaluasi. Setelah hasil evaluasi sesuai dengan tujuan fungsi alat tersebut maka akan dilakukan pengukuran pada alat. Bentuk fisik dari alat peringering biji kopi bertenaga surya dapat kita lihat pada Gambar 5.16 di bawah ini.



Gambar 5.17 Bentuk Fisik Alat

### 1. Pengujian Kinerja Sistem

Pada pengukuran dan analisa untuk penelitian ini ada empat bagian yang akan diukur dan dianalisa yaitu Pengukuran panel surya 100 wp, charging, baterai dan inverter.

### 2. Pengukuran Tegangan yang di hasilkan panel surya 100 wp

Pada pengukuran tegangan ini menggunakan alat ukur multimeter digital. Multimeter terlebih dahulu di kalibrasi untuk mendapatkan hasil pengukuran yang akurat. Mengukur tegangan dari panel surya ini dengan cara menghubungkan probe merah pada multimeter dengan jalur positif dan probe

hitam pada jalur ground. Tegangan keluaran dari panel surya berkisar 20.2 Vdc, dengan suhu berkisar 32 °C seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.17 dan Gambar 5.18.



Gambar 5.18 Pengukuran Tegangan yang dihasilkan Panel Surya 100 wp



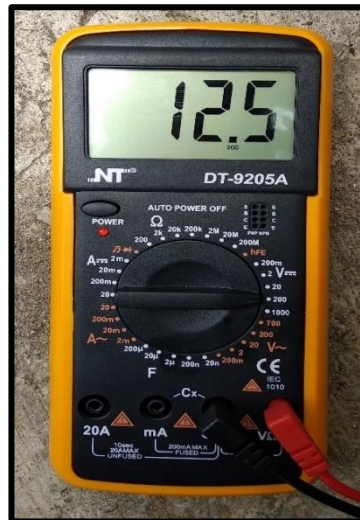
Gambar 5.19 Pengukuran Suhu

### 3. Pengukuran Tegangan Charging Baterai

Pada pengukuran tegangan charging baterai menggunakan alat ukur multimeter digital. Sebelum melakukan pengukuran tegangan charging baterai, multimeter terlebih dahulu di kalibrasi untuk mendapatkan hasil pengukuran yang akurat. Mengukur tegangan charging baterai dengan cara

menghubungkan probe merah pada multimeter dengan jalur positif dan probe hitam pada jalur ground

Tegangan yang dihasilkan dari charging dari baterai berbentuk tegangan DC yang berasal dari panel surya sebesar 20.2 Vdc. Output dari panel tersebut dimasukkan ke penurunan tegangan dc (dc to dc down converter), untuk di turunkan tegangannya menjadi 12.5 Vdc, dan kemudian di input ke baterai. Hasil pengukuran dapat dilihat seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.19.



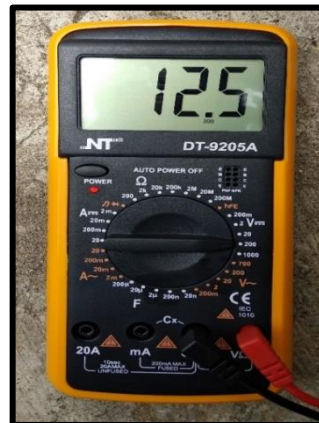
Gambar 5.20 Pengukuran Tegangan Charging Baterai dan Masukan ke Baterai

#### 4. Pengukuran Keluaran Baterai

Pada pengukuran tegangan keluaran baterai menggunakan alat ukur multimeter digital. Tegangan keluaran dari baterai berbentuk tegangan DC yang berasal dari Baterai sebesar 12 Vdc dan arus sebesar 120 mA. Sebelum melakukan pengukuran tegangan keluaran dari baterai, multimeter terlebih dahulu di kalibrasi untuk mendapatkan hasil pengukuran yang akurat.

Mengukur tegangan keluaran dari baterai dengan cara menghubungkan probe merah pada multimeter dengan jalur

positif dan probe hitam pada jalur ground. Hasil pengukuran didapat sebesar 12,5 Vdc, dan kemudian di input ke inverter dengan hasil dapat dilihat seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.20.



Gambar 5.21 Pengukuran Tegangan Keluaran Baterai & Masukkan ke inverter

#### 5. Pengukuran Tegangan Keluaran Inverter

Pada pengukuran tegangan keluaran pada inverter menggunakan alat ukur multimeter digital, dengan tegangan masukan 12 volt DC diubah menjadi 220 volt AC keluarannya pada pengukuran tegangan keluaran tersebut. Tegangan tersebut dapat dilihat pada gambar 5.21 di bawah ini:



Gambar 5.22 Tegangan Keluaran pada Inverter



Dapat dilihat pengukuran tegangan keluaran Inverter pada gambar 5.21 dimana tegangannya sebesar 228 volt AC, hal tersebut menandakan tegangan tersebut sesuai dengan yang diharapkan dalam pengukuran pada multimeter digital.

Dari semua pengukuran yang telah dilakukan diatas, nilai pengukuran tersebut belum di pengaruhi oleh beban yang akan di gunakan untuk pengeringan biji kopi. Sedangkan untuk pengukuran tegangan pada alat pengering biji kopi bertenaga surya dengan menggunakan beban 4 buah lampu pijar (240 watt) untuk pemanas buatan dan biji kopi sebanyak 4 kg dapat dilihat perbedaan hasil pengukuran seperti di bawah ini.

#### 6. Pengukuran Tegangan yang di hasilkan panel surya

Pada pengukuran tegangan ini menggunakan alat ukur multimeter digital. Multimeter terlebih dahulu di kalibrasi untuk mendapatkan hasil pengukuran yang akurat. Mengukur tegangan dari panel surya ini dengan cara menghubungkan probe merah pada multimeter dengan jalur positif dan probe hitam pada jalur ground. Tegangan keluaran dari panel surya yang semulanya sebesar 20.2 Vdc menjadi 20.0 Vdc karena adanya penurunan tegangan yang di sebabkan oleh adanya beban yang di gunakan, dan suhu 45°C seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.22 dan Gambar 5.23.



Gambar 5.23 Pengukuran Tegangan yang di Hasilkan Panel Surya dengan Adanya Beban



Gambar 5.24 Pengukuran Suhu

#### 7. Pengukuran Tegangan Masukkan Charging Baterai

Pada pengukuran tegangan charging baterai menggunakan alat ukur multimeter digital. Sebelum melakukan pengukuran tegangan charging baterai, multimeter terlebih dahulu di kalibrasi untuk mendapatkan hasil pengukuran yang akurat. Mengukur tegangan charging baterai dengan cara menghubungkan probe merah pada multimeter dengan jalur positif dan probe hitam pada jalur ground.

Tegangan yang dihasilkan dari charging dari baterai berbentuk tegangan DC yang berasal dari panel surya sebesar 20.0 Vdc. Output dari panel tersebut dimasukkan ke penurunan tegangan dc (dc to dc down converter), untuk di turunkan tegangannya menjadi 12.5 Vdc. Hasil pengukuran dapat dilihat seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.24



Gambar 5.25 Pengukuran Tegangan Masukan Charging Baterai

#### 8. Pengukuran Tegangan Keluaran Charging Baterai

Pada pengukuran tegangan charging baterai menggunakan alat ukur multimeter digital. Sebelum melakukan pengukuran tegangan charging baterai, multimeter terlebih dahulu di kalibrasi untuk mendapatkan hasil pengukuran yang akurat. Mengukur tegangan charging baterai dengan cara menghubungkan probe merah pada multimeter dengan jalur positif dan probe hitam pada jalur ground.

Tegangan yang dihasilkan dari charging dari baterai berbentuk tegangan DC yang berasal dari panel surya sebesar 20.0 Vdc. Output dari panel tersebut dimasukkan ke penurunan tegangan dc (dc to dc down converter), untuk di turunkan tegangannya sehingga menjadi 11.3 Vdc, nilai ini berbeda dari tegangan charging sebelumnya karena adanya penambahan beban sebesar 240 watt. Hasil pengukuran dapat dilihat seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.25.



Gambar 5.26 Pengukuran Tegangan Keluaran Charging Baterai & Masukkan ke Inverter

### 9. Pengukuran Tegangan Keluaran Iverter

Pada pengukuran tegangan keluaran dari Inverter menggunakan alat ukur multimeter digital, tegangan keluaran dari Inverter adalah tegangan AC 220 V, maka settingan multimeter ke dalam mode untuk mengukur tegangan AC. Tegangan untuk mencatu inverter berasal dari catu daya yang menghasilkan tegangan keluaran sebesar 220 Vac. Tegangan tersebut dibutuhkan inverter untuk bisa beroperasi.

Hasil pengukuran yang didapat sebesar 212 Vac, ini berbeda dari hasil tegangan keluaran dari Inverter sebelumnya 220 Vac, dan ini disebabkan karena adanya pemanbahan beban berupa bohlam pijar 240 watt yang di fungsikan sebagai pemanas buatan. Hasil pengukuran tegangannya seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.26.



Gambar 5.27 Tegangan Keluaran pada Inverter

### C. Perbandingan Data Pengeringan Biji Kopi

Untuk data perbandingan pengeringan biji kopi dapat di lihat seperti di bawah ini:

1. Pengeringan biji kopi dengan menggunakan alat pengering biji kopi bertenaga surya.

Pengeringan dengan menggunakan alat ini berpotensi lebih efisien dibandingkan dengan penjemuran yang dilakukan secara konvensional (manual), ini disebabkan karena alat ini menggunakan pemanas tambahan yang di hasilkan dari lampu pijar dan juga dibantu oleh sinar matahari langsung yang dapat menyebabkan pemasanan untuk menjemur biji kopi bertambah panas dari biasanya yang hanya menggunakan sinar matahari saja, hasil pengeringan biji kopi ini dapat di lihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 5.3 Pengeringan Biji Kopi Dengan Menggunakan Alat Pengering Biji Kopi Bertenaga Surya

Percobaan	Waktu	Kadar air awal	Kadar air akhir	Suhu
1	09.00-12.00	19%	17.5%	45° C
2	12.00-15.00	17.5%	16%	45° C
3	09.00-12.00	16%	14.5%	45° C
4	12.00-15.00	14.5%	13%	45° C
5	09.00-12.00	13%	11.5%	45° C

Dari tabel di atas dapat di lihat bahwa pada percobaan pertama di lakukan proses pengeringan selama tiga jam (3 jam) yaitu dimulai dari pukul 09.00-12.00 wib, dengan kadar air awal dalam biji kopi sebesar 19%, setelah di jemur selama 3 jam kadar air-nya turun menjadi 17.5% dengan suhu pengeringan yaitu 45°C. Pada percobaan kedua di lakukan proses pengeringan selama tiga jam (3 jam) yaitu dimulai dari pukul 12.00-15.00 wib, dengan kadar air awal biji kopi setelah percobaan pengeringan pertama sebesar 17.5% turun menjadi 16% setelah di jemur selama 3 jam dengan suhu pengeringan yaitu 45°C.

Selanjutnya pada percobaan yang ketiga dilakukan proses pengeringan selama 3 jam yaitu dimulai pada pukul 09.00-12.00 wib, dari kadar air awal setelah di lakukan pengeringan kedua yaitu 16.2% kemudian turun menjadi 14.5% dengan suhu pengeringan sebesar 45°C. Pada percobaan keempat di lakukan proses pengeringan selama 3 jam yaitu dimulai dari pukul 12.00-15.00 wib dengan kadar air awal 14.5% turun menjadi

13 % dengan suhu pengeringan sebesar 45°C. Pada percobaan terakhir di lakukan proses pengeringan selama 3 jam yaitu di mulai dari pikul 09.00-12.00 dengan suhu 45°C. dan sisa kadar air akhir dalam biji kopi sebesar 11.5% .

Dari pembahasan di atas dapat dilihat bahwa waktu yang diperlukan dalam proses pengeringan biji kopi dengan menggunakan alat pengering biji kopi bertenaga surya dengan biji kopi yang telah dikupas dari kulit pertamanya (kulit merah) membutuhkan waktu 15 jam pengeringan dengan alat pengering tersebut, sedangkan suhu untuk pengeringan sebesar 45°C, dan kadar air rata-rata yang di turunkan selama proses pengeringan tersebut di lakukan adalah sebesar 1.5%, ini disebabkan oleh suhu pengeringan tetap di setiap proses percobaannya. Sedangkan untuk suhu pengeringan ini bisa dilihat pada gambar di bawah:



Gambar 5.28 suhu pengeringan

## 2. Pengeringan biji kopi yang dilakukan secara manual

Pengeringan model ini hanya memanfaatkan sinar matahari seperti yang biasa di gunakan oleh petani kopi pada umumnya, cara ini diklaim kurang efisien dalam pengeringan yang rata-rata memakan waktu pengeringan lebih lama karena hanya mengandalkan sinar matahari langsung, sebab matahari tidak selalu memancarkan sinar yang terang seperti yang dibutuhkan

oleh petani kopi biasanya, adalaknya sinar matahari di tutupi oleh awan atau mendung bahkan hujan yang menyebabkan proses penjemuran biji kopi memakan waktu yang lebih banyak dari biasa-nya. Ini bias dilihat pada tabel pengukuran pengeringan di bawah.

Tabel 5.3 Pengeringan Bji Kopi Dengan Penjemuran Secara Manual

Percobaan	Waktu	Kadar air awal	Kadar air akhir	Suhu
1	09.00–12.00	19 %	18.5 %	32°C
2	12.00–15.00	18.5 %	17 %	34°C
3	09.00–12.00	17 %	16 %	33°C
4	12.00–15.00	16%	15.5 %	32°C
5	09.00–12.00	15.5 %	15%	32°C
6	12.00-15.00	15%	13.5 %	34 °C
7	09.00-12.00	13.5 %	12%	34 °C

Dari tabel di atas dapat di lihat bahwa pada percoban pertama di lakukan proses pengeringan selama tiga jam (3 jam) yaitu dimulai dari pukul 09.00-12.00 wib, dengan kadar air awal dalam biji kopi sebesar 19%, setealah di jemur selama 3 jam kadar air-nya turun menjadi 18.5% dengan suhu pengeringan yaitu 32°C dan presentase pengeringan sebesar 0.5%. Pada percobaan kedua di lakukan proses pengeringan selama tiga jam (3 jam) yaitu dimulai dari pukul 12.00-15.00



wib, dengan kadar air awal biji kopi setelah percobaan pengeringan pertama sebesar 18.5% turun menjadi 17% setelah di jemur selama 3 jam dengan suhu pengeringan yaitu 34°C dan presentase pengeringan sebesar 1.5%.

Selanjutnya pada percobaan yang ketiga dilakukan proses pengeringan selama 3 jam yaitu dimulai pada pukul 09.00-12.00 wib, dari kadar air awal setelah di lakukan pengeringan kedua yaitu 17% kemudian turun menjadi 16 % dengan suhu pengeringan sebesar 33°C dan presentase pengeringan sebesar 1%. Pada percobaan keempat di lakukan proses pengeringan selama 3 jam yaitu dimulai dari pukul 12.00-15.00 wib dengan kadar air awal 16% turun menjadi 15.5% dengan suhu pengeringan sebesar 32°C dan presentase pengeringan sebesar 0.5%.

Pada percobaan kelima di lakukan proses pengeringan selama 3 jam yaitu dimulai dari pukul 09.00-12.00 wib dengan kadar air awal 15.5% turun menjadi 15% dengan suhu pengeringan sebesar 32°C dan presentase pengeringan sebesar 0.5%. Pada percobaan keenam di lakukan proses pengeringan selama 3 jam yaitu dimulai dari pukul 12.00-15.00 wib dengan kadar air awal 15 % turun menjadi 13.5% dengan suhu pengeringan sebesar 34°C dengan presentase pengeringan sebesar 1.5%. Pada percobaan terakhir di lakukan proses pengeringan selama 3 jam yaitu dimulai dari pukul 09.00-12.00 wib dengan kadar air awal 13.5% turun menjadi 12% dengan suhu pengeringan sebesar 34°C dengan presentase pengeringan sebesar 1.5%.

Dari pembahasan diatas dapat dilihat bahwa waktu yang diperlukan dalam proses pengeringan biji kopi dengan cara konvensional (manual) dengan biji kopi yang telah dikupas dari kulit pertamanya (kulit merah) membutuhkan waktu 21 jam pengeringan dengan cara manual, sedangkan suhu untuk pengeringan rata-rata berkisar 32-34°C, dan kadar air rata-rata yang di turunkan selama proses pengeringan tersebut di

lakukan adalah sebesar 1%. sedangkan untuk suhu pengeringan ini bisa dilihat pada gambar di bawah:



Gambar 5.29 Suhu Pengeringan

Dari kedua tabel di atas dapat dihitung efisiensi perbandingan dari kedua proses pengeringan dengan menggunakan persamaan [2] seperti di bawah ini.

$$\text{Efisiensi} : \frac{M1 - M2}{t} \quad (2)$$

Di mana:

M1 : Massa produk awal (%)

M2 : Massa produk akhir (%)

T : Waktu pengeringan.

3. Menghitung efisiensi pada sistem pengeringan pengeringan biji kopi dengan menggunakan alat pengering biji kopi bertenaga surya.

Dengan menggunakan persamaan rumus diatas dapat dihitung efisiensi dari pengeringan biji kopi dengan menggunakan alat pengering biji kopi bertenaga surya dan dapat dibandingkan dengan pengeringan yang dilakukan secara manual, ini bisa dilihat dipersamaan di bawah ini:

$$\text{Efisiensi} : \frac{M1 - M2}{t}$$

$$\text{Efisiensi} : \frac{19\% - 11.5\%}{15 \text{ jam}}$$

$$\text{Efisiensi} : 0.5 \%$$

Dari perhitungan diatas bisa dilihat bahwa penurunan kadar air dalam biji kopi yang di jemur dengan menggunakan alat penjemuran biji kopi bertenaga surya dengan total penjemuran selama 15 jam berhasil menurunkan kadar air dalam biji kopi sebesar 0.5%.

4. Menghitung efisensi pengeringan biji kopi yang di lakukan secara manual

Dengan menggunakan persamman 2.2 dapat dihitung efisiensi dari pengeringan biji kopi yang di jemur secara manual dan kemudian dibandingkan dengan data efisiensi sebelum-nya

$$\text{Efisiensi} : \frac{M1 - M2}{t}$$
$$\text{Efisiensi} : \frac{19\% - 12\%}{21 \text{ jam}}$$
$$\text{Efisiensi} : 0.3 \%$$

Dari perhitungan diatas bisa dilihat bahwa penurunan kadar air dalam biji kopi yang di jemur dengan cara konvensional (manual) dengan total penjemuran selama 21 jam menurunkan kadar air dalam biji kopi sebesar 0.3%.

Sedangkan untuk menghitung beban pemakaian listrik harian untuk proses pengeringan biji kopi dengan menggunakan alat pengering biji kopi bertenaga surya bisa menggunakan persamaan 2.1 seperti di bawah ini.

$$\text{Beban Pemakaian} : \text{Daya} * \text{Lama Pemakaian}$$
$$\text{beban pemakaian} : 240 \text{ watt} * 3 \text{ jam}$$
$$\text{beban pemakaian} : 720 \text{ watt/ hours}$$

Kesimpulan dari beban pemakaian adalah Penggunaan alat pengering biji kopi bertenaga surya terbukti lebih efisien dibandingkan dengan penjemuran secara manual.

## **BAB VI**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **A. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil dari pengujian alat yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem solar cell traker telah berhasil disimulasikan dengan menggunakan 4 LDR, 2 SERVO yang difungsikan untuk menggerakkan secara terintegrasi antara panel surya dan kolektor surya secara otomatis.

2. Penggunaan LCD dan juga virtual terminal untuk memonitoring setiap sudut terkecil arah pergerakan cahaya matahari dan juga nilai kecepatan servo baik pada arah vertikal maupun arah horizontal.

3. Kemampuan respon LCD terhadap cahaya matahari dan hubungan dengan pergerakan servo memiliki nilai keakuratan yang baik sehingga respon yang didapatkan oleh servo lebih cepat untuk meningkatkan tingkat efisiensi energi matahari dan kalor yang akan diperoleh.

4. Pengerih biji kopi bertenaga surya ini diaplikasikan sebagai media mengganti cara penjemuran kopi yang dilakukan secara manual, dengan mengkombinasikan panasnya sinar matahari langsung dengan panas buatan yang dihasilkan dari lampu pijar.

5. Alat pengerih biji kopi bertenaga surya ini lebih efisien dalam melakukan proses pengeringan biji kopi dibandingkan dengan penjemuran secara manual, alat ini mampu mengeringkan biji kopi dalam kurun waktu 15 jam dengan sisa kadar air akhirnya sebesar 11.5% dan penurunan air sebesar 0.5% perjam-nya, jika dibandingkan dengan pengeringan secara manual yang memakan waktu selama 21 jam dan penurunan kadar air didalam biji kopi-nya hanya sebesar 0.3%

perjam-nya, ini membuktikan alat tersebut lebih efisien dalam melakukan pengeringan.

6. Hasil pengujian alat menunjukkan bahwa alat tersebut juga bisa digunakan dalam keadaan matahari tidak bersinar terang (redup/ mendung).

## **B. Saran**

Dalam sebuah sistem alat pastilah memiliki kelebihan dan kekurangan, maka berikut ini adalah saran-saran untuk pengembangan ke depan agar lebih baik:

1. Diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mensimulasikan pergerakan servo dengan sensitivitas responsiveness yang lebih tinggi.
2. Untuk simulasi penerapannya pada industri maka diperlukan penelitian lanjutan untuk kemampuan simulasi tingkat industri.
3. Proses pengecasan yang dilakukan ke baterai tidak efektif, yang disebabkan oleh kurangnya jumlah panel yang diaplikasikan, dan komponen pendukung pengecasan tidak sesuai dengan I/O charging yang menyebabkan proses pengecasan akan lebih lama dibandingkan dengan modul charging produksi pabrik.
4. Alat yang di gunakan pada proses pengambilan data adalah alat yang sudah jadi, maka untuk melakukan pengembangan saya sebagai penulis mengharapkan sistem pengeringan model ini dapat di aplikasikan di seluruh Indonesia, khususnya untuk para petani kopi supaya mempermudah mereka dalam melakukan penjemuran biji kopi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Chamim, A. N. N. (2010). *Penggunaan Microcontroller Sebagai Pendeteksi Posisi Dengan Menggunakan Sinyal Gsm*. 4(1), 10.
- Danang Susilo, Rusminto Tj.W.,S.T., Dr. Eng, Agus Indra G., S.T., M.Sc.2010 “*Peningkatan Daya Keluaran Sel Surya Dengan Penjejak Matahari Dan Pemantulan Cahaya Matahari Sebagai Sumber Daya Pendukung Perusahaan Listrik Negara (Pln) Sub Judul: Penjejak Matahari Berbasis Sensor Cahaya Dan Waktu*” Jurusan Teknik Elektronika, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya Kampus Pens-Its Sukolilo, Suraba.
- Hidayat, R., Ubaidillah, F., & Siswanto, H. (T.T.). *Optimasi Proses Pengeringan Kopi Di Pabrik Kopi Ptpn Xii Gumatir Dengan Menggunakan Mason Dryer*. 14.
- Fadly Rian Arikundo, Mulfi Hazwi, 2014, *Rancang Bangun Prototype Kolektor Surya Tipe Plat Datar Untuk Penghasil Panas Pada Pengering Produk Perkebunan Dan Perkebunan*. Jurnal E-Dinamis, Volume. 8, No. 4 Maret 2014 Issn 2338-1035.
- Faslucky Afifudin, Farid Samsu Hananto “*Optimalisasi Tegangan Keluaran Dari” Solar Cell Menggunakan Lensa Pemfokus Cahaya Matahari*” Jurnal Neutrino Vol.4, No. 2 April 2012.
- Hendry Eko Hardianto1, Reza Satria Rinaldi “*Perancangan Prototype Penjejak Cahaya Matahari Pada Aplikasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya*” Jurnal Ilmiah Foristek Vol. 2, No. 2, September 2012
- Imtiaz Hussain, M., Ménézo, C., & Kim, J.-T. (2018). Advances In Solar Thermal Harvesting Technology Based On Surface Solar Absorption Collectors: A Review. *Solar Energy Materials And Solar Cells*, 187, 123-139. <https://doi.org/10.1016/j.solmat.2018.07.027>

- Ihsan "Peningkatan Suhu Modul Dan Daya Keluaran Panel Surya Dengan Menggunakan Reflektor" 276\_ Jurnal Teknosains, Volume 7 Nomor 2, Juli 2013, Hlm: 275-283.
- Irnanda Priyadi. 2008. *Pengembangan Teknologi Tepat Guna: Studi Parameter Teknologi Hybrid Kolektor Sel Surya Sebagai Teknologi Pengering Hasil Panen*. Jurnal Satek 2008-Hybrid-Kolom1.
- Mairizwan, Hendro, 2015, *Perancangan Dan Pembuatan Prototype Sistem Tracker Sel Surya Untuk Mengikuti Arah Gerak Matahari Berbasis Mikrokontroler Atmega 328, Prosiding Simposium Nasional Inovasi Dan Pembelajaran Sains 2015 (Snips 2015) 8 Dan 9 Juni 2015*, Bandung, Indonesia
- Peni Handayani, Dkk "Teknik Pemeliharaan Dan Perbaikan Sistem Mikrokontroler" Penerbit: Andi Yogyakarta: 2008 penerbit Andi: Yogyakarta
- Rudi Salman "Analisis Perencanaan Penggunaan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) Untuk Perumahan (Solar Home System)" Dosen Jurusan Pend. Teknik Elektro Ft Unimed.
- Rifan, M., Hp, S., Shidiq, M., & Yuwono, R. (2012). *Optimasi Pemanfaatan Energi Listrik Tenaga Matahari Di Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya*. 6(1), 5.
- Sary, R. (2017b). *Kaji Eksperimental Pengeringan Biji Kopi Dengan Menggunakan Sistem Konveksi Paksa*. *Jurnal Polimesin*, 14(2), 13. <https://doi.org/10.30811/jpl.v14i2.337>
- Sandos Simatupang, Bambang Susilo, Mochamad Bagus Hermanto "Rancang Bangun Dan Uji Coba Solar Tracker Pada Panel Surya Berbasis Mikrokontroler Atmega16" *Jurnal Keteknik Perkebunan Tropis Dan Biosistem* Vol. 1 No. 1, Februari 2013, 55-59.

- Sitompul, Rislina. (2011). *Manual Pelatihan: Teknologi Energi Terbarukan Yang Tepat Untuk Aplikasi Masyarakat Pedesaan*. Jakarta: Program Nasional Pemberdayaan Masyarakat (Pnpm).
- Julisman, A., Sara, I. D., & Siregar, R. H. (T.T.). *Prototipe Pemanfaatan Panel Surya Sebagai Sumber Energi Pada Sistem Otomasi Atap Stadion Bola*. 8.
- Vijayavenkataraman, S., Iniyan, S., & Goic, R. (2012). A Review Of Solar Drying Technologies. *Renewable And Sustainable Energy Reviews*, 16(5), 2652–2670. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.01.007>
- Yani, E., & Fajrin, S. (2013). *Karakteristik Pengeringan Biji Kopi Berdasarkan Variasi Kecepatan Aliran Udara Pada Solar Dryer*. 20(1), 6.



mikrokontroler

# KOPI



**Saifuddin, S.Si., M.Sc.**, lahir di Kota Lhokseumawe pada 15 Agustus 1975 dari pasangan Bapak M. Jalil Bin Ali (Alm) dan Ibu Rosni Binti A. Gani (Alm). Penulis berkebangsaan Indonesia dan beragama Islam, telah memiliki seorang istri yaitu Yeni Sari, S.E. dan 3 orang anak. Kini penulis beralamat di Jln. Lilawangsa No. 6 Keude Aceh Kota Lhokseumawe. Saifuddin meraih gelar Sarjana Sains di Fakultas Matematika Dan Ilmu Pegetahuan Alam bidang Fisika pada Universitas Syiah Kuala tahun 2000. Lulus Master of Science bidang Mikroelektronik di Fakulti Kejuruteraan di University Kebangsaan Malaysia tahun 2008. Saat ini adalah dosen tetap pada Jurusan Teknik Elektro Universitas Malikussaleh. Mengampu mata kuliah Elektronika Industri, Mikroprosesor, Aplikasi Mikrokontroler, dan Fisika Teknik. Pada tahun 2005 penulis ditugaskan sebagai PNS sebagai tenaga pengajar pada Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh. Penulis pernah aktif dalam berbagai penelitian dan memperoleh hibah penelitian dalam berbagai skema, seperti: Hibah Bersaing (2013 - 2016), Hibah Penelitian Strategis Nasional (2017 sampai 2018). Penulis juga aktif dalam berbagai program pengabdian kepada masyarakat sejak tahun 2008 sebagai sekretaris pelaksana kegiatan KKN PPM di LPPM UNIMAL. Selain itu penulis juga kerap memberikan tenaga dan buah pikirannya kepada pemerintah daerah dalam merumuskan kebijakan maupun sebagai tenaga ahli, tim penilai serta kepanitiaan lainnya. Penulis yang gemar olah raga tenis meja dan nonton film ini memiliki minat penelitian dalam bidang energi terbarukan, kecerdasan buatan, kewirausahaan, aplikasi mikrokontroler, CSR dan Usaha Kecil Menengah (UKM). Hasil penelitian beliau telah banyak dipresentasikan melalui conference di dalam dan luar negeri serta dipublikasikan di beberapa jurnal internasional.



**SEFA BUMI PERSADA**  
Jl. Malikussaleh No. 3 Bayu - Aceh Utara  
email: sefabumipersada@gmail.com  
Telp. 085260363550

ISBN 978-623-7648-53-6



9 786237 648536