

**PERBEDAAN SUHU PENGERING *SOLAR COLLECTOR* DAN *BIOMASS* DENGAN
PENGERINGAN
TERIK MATAHARI LANGSUNG
TERHADAP HASIL PANEN KOPI**

TUGAS AKHIR

*Diajukan Untuk Melengkapi Persyaratan Tugas Akhir pada
Fakultas Teknik Jurusan Mesin Universitas Medan Area*

Oleh :

MARDOHAR HUTABARAT
NIM : 00 813 0018



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN**

2005

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 5/1/24

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

**PERBEDAAN SUHU PENGERING *SOLAR COLLECTOR* DAN *BIOMASS* DENGAN
PENGERINGAN
TERIK MATAHARI LANGSUNG
TERHADAP HASIL PANEN KOPI**

TUGAS AKHIR

Oleh :
MARDOHAR HUTABARAT
NIM : 00 813 0018

Disetujui :

Pembimbing I,

(Ir. Amirsyam Nasution, MT)

Pembimbing II,

(Ir. Husin Ibrahim)

Mengetahui :

Dekan,

(Drs. Dadan Ramdan M.Eng,M.Sc)

Ka. Program Studi,

(Ir. Darianto, M.Sc)

Tanggal Lulus :

UNIVERSITAS MEDAN AREA

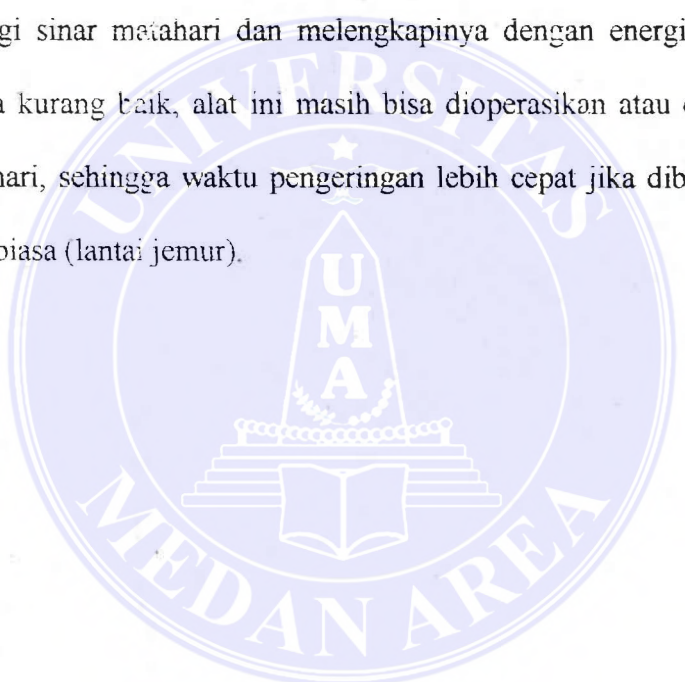
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 5/1/24

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

RINGKASAN

Alat pengering surya ini telah dicoba untuk mengeringkan biji kopi dan berbagai komoditi pertanian. Secara teknis peralatan pengering ini dapat digunakan oleh para petani di Indonesia, karena cukup mudah dalam pembuatan dan pengoperasiannya, serta ekonomis. Temperatur pengeringan memenuhi syarat dan mutu produk cukup baik dengan memanfaatkan keuntungan yang diperoleh pada cara pengurangan air bahan yang menggunakan energi sinar matahari dan melengkapinya dengan energi biomassa sehingga pada saat cuaca kurang baik, alat ini masih bisa dioperasikan atau dapat juga digunakan pada malam hari, sehingga waktu pengeringan lebih cepat jika dibandingkan dengan cara penjemuran biasa (lantai jemur).



KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan Puji Syukur senantiasa Kehadirat Tuhan Allah yang Maha Kuasa yang oleh karenaNya kita masih dapat berbuat, berkarya mengisi setiap langkah dalam kehidupan ini.

Satu lagi tugas yang tiba saatnya bagi penulis yaitu untuk mengerjakan Tugas Akhir dimana tugas ini yang adalah sebagai salah satu syarat untuk mengakhiri perkuliahan yakni untuk mendapatkan gelar kesarjanaan yaitu dalam bidang Sarjana Teknik Mesin pada Fakultas Teknik Universitas Medan Area.

Dengan segala kerendahan, penulis mencoba menyusun Tugas akhir ini dengan mengambil judul **“PERBEDAAN SUHU PENGERING SOLAR COLLECTOR DAN BIOMASS DENGAN PENGERINGAN TERIK MATAHARI LANGSUNG TERHADAP HASIL PANEN KOPI”**

Penulis sangat menyadari akan kekurangan dan keterbatasan ilmu pengetahuan yang dimiliki. Tetapi berkat dorongan semangat dari berbagai pihak dan bimbingan dosen serta kemauan, maka penyusunan ini dapat berjalan dengan baik. Dan pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak Ir. Amirsyam Nasution,MT, selaku Dosen Pembimbing I. Bapak Ir. Husin Ibrahim, sebagai Dosen Pembimbing II. Dimana mereka yang telah banyak memberikan bimbingan dan arahan yang meliputi terlaksananya penulisan ini.
2. Bapak Ir. Darianto,MSc. selaku Ketua jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Medan Area yang telah banyak sekali memberikan asuhan, perhatian, dan pikirannya.

3. Seluruh Staf Dosen Mesin lainnya atau staf pengajar di Jurusan Mesin Universitas Area yang telah banyak memberikan bimbingan dan arahnya dimana pada saat penulis masih dalam masa studi.
4. Seluruh staf Pegawai Fakultas Teknik UMA : B'Dian, K'Tris, K'Laban, K'Sri serta yang lainnya yang tidak bisa saya sebut satu persatu yang telah banyak membantu penulis semasa studi .
4. Kedua Orang Tuaku : Darma Bhakti Hutabarat dan St.Tio Romasta Br.Sihombing yang telah banyak membekali penulis dalam segala hal hingga tercapainya kesarjanaan ini. Itu semua tak lepas dari doa, dorongan, dan semangat yang diberikan .
5. Oppung : Drs.S.Sihombing (alm) – Dra.S.S.Simare-mare yang telah banyak memberikan moril berupa bimbingan, arahan maupun nasehat serta materi.
6. Tulang – Nantulang : Drs.Bonar Pasaribu/ Br.Saragih (Staf Pengajar Akper BAS Balimbingan P.Siantar) yang telah banyak memberikan dukungan moril serta materi.
7. Semua keluarga (Sibolga) Op.Malo Br.Pasaribu Yang telah banyak memberikan dukungan Doa.
8. Seluruh rekan saudara/i ku yang terkasih KK KGB dan kel. Besar UKMK-UMA yang telah banyak memberi dukungan : moril, serta doa yang tak ternilai.
9. Serta reluruh rekan-rekan penulis yang telah banyak memberikan dukungan moril semasa studi hingga tercapainya skripsi ini.

Penulis menyadari akan kekurangan , kesilapan serta keterbatasan pengetahuan akan penulisan ini, Dengan penuh konsekuensi penulis menerima

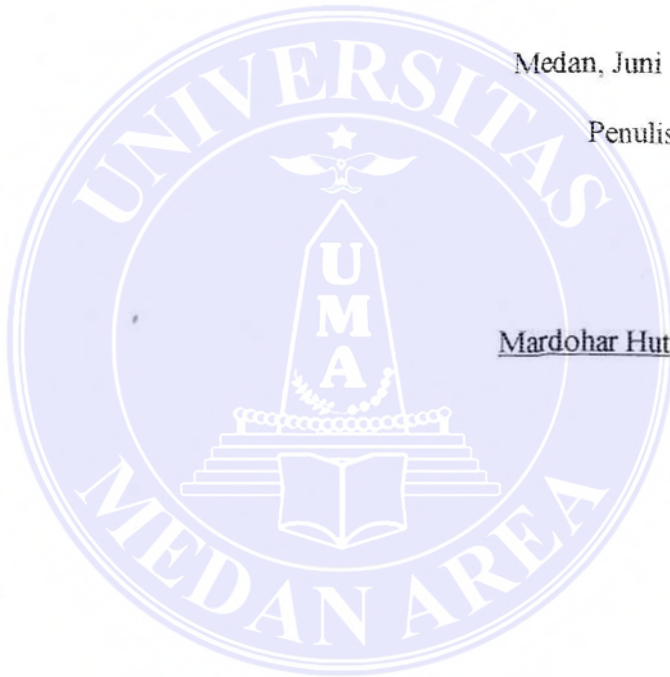
saran dan kritik yang membangun dari semua pihak agar kiranya tulisan ini berguna bagi penulis maupun bagi yang memerlukannya untuk dapat dipakai atau dikembangkan menjadi suatu tulisan yang berkualitas untuk dapat disumbangkan bagi pembangunan bangsa.

Semoga Tuhan Yang Maha Esa senantiasa melimpahkan Rahmat dan berkatNya kepada kita semua. Amin.

Medan, Juni 2005

Penulis

Mardohar Hutabarat



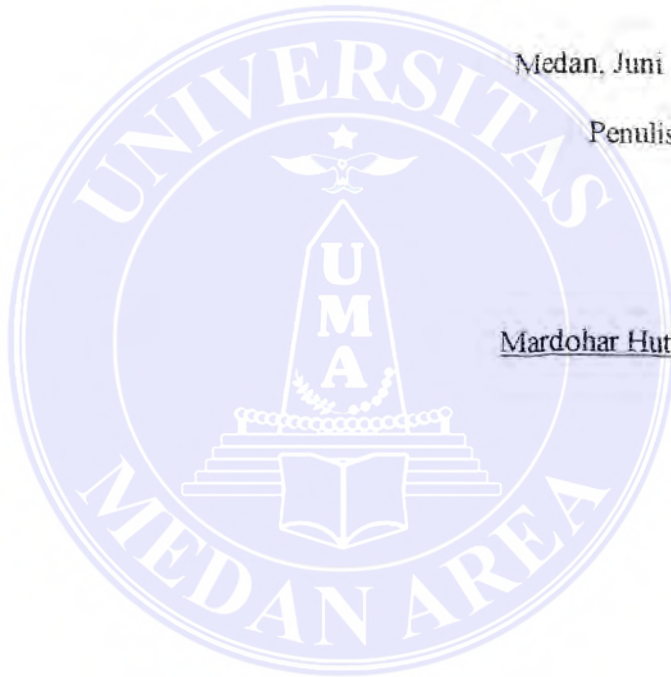
saran dan kritik yang membangun dari semua pihak agar kiranya tulisan ini berguna bagi penulis maupun bagi yang memerlukannya untuk dapat dipakai atau dikembangkan menjadi suatu tulisan yang berkualitas untuk dapat disumbangkan bagi pembangunan bangsa.

Semoga Tuhan Yang Maha Esa senantiasa melimpahkan Rahmat dan berkatNya kepada kita semua. Amin.

Medan, Juni 2005

Penulis

Mardohar Hutabarat



DAFTAR ISI

Halaman

RINGKASAN.....	i
KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR GRAFIK.....	viii
DAFTAR TABEL.....	ix

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Perancangan.....	2
1.3 Pembatasan Masalah.....	2
1.4 Metodologi perencanaan.....	2
1.5 Sistematika Penulisan.....	3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sinar Matahari.....	4
2.1.1 Hukum Perpindahan Panas.....	5
2.1.2 Perhitungan Radiasi Matahari.....	10
2.1.3 Pemanfaatan Energi Matahari.....	11
2.2 Biomassa(<i>Biomass</i>).....	21
2.2.1 Pengertian Biomassa.....	21
2.2.2 Bioenergi.....	23
2.3 Biji Kopi.....	25

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 5/1/24

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)5/1/24

2.3.1 Pengolahan Biji Kopi..... 25

BAB III. ALAT PENGERING TENAGA SURYA DAN BIOMASSA

3.1. Latar Belakang alat Pengering Tenaga Surya Dan Biomass Di
Indonesia..... 35

3.2 Perbedaan Penjemuran Alami dan Penjemuran Buatan 37

3.2.1 Proses Penjemuran alami 37

3.2.2 Proses Pengeringan Buatan..... 38

3.3 Diskripsi Alat Pengering yang dibuat 40

3.3.1 Spesifikasi Alat Pengering Surya dan Biomassa 42

3.3.2 Bagian-bagian Dan Cara Kerja Alat Pengering 43

3.4 Peralatan Pengering Tenaga Surya 51

3.4.1 Thermokopel..... 51

3.4.2 Timbangan 51

3.4.3 Mistar 52

BAB IV HASIL PERCOBAAN 53

4.1 Pengujian Alat Pengering 53

4.1.1 Pengujian I 53

4.1.2 Temperatur Ruang Pengering 53

4.1.3 Perhitungan Daya Serap Kolektor 60

4.2 Pengujian II..... 64

4.2.1 Kadar Air Bahan 64

4.2.2 Cara Pengujian..... 64

4.2.3 Lama Pengeringan 74

4.2.4 Kapasitas Alat 76

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan 77

5.2 Saran 77

DAFTAR PUSTAKA 78

LAMPIRAN..... 79



DAFTAR GAMBAR

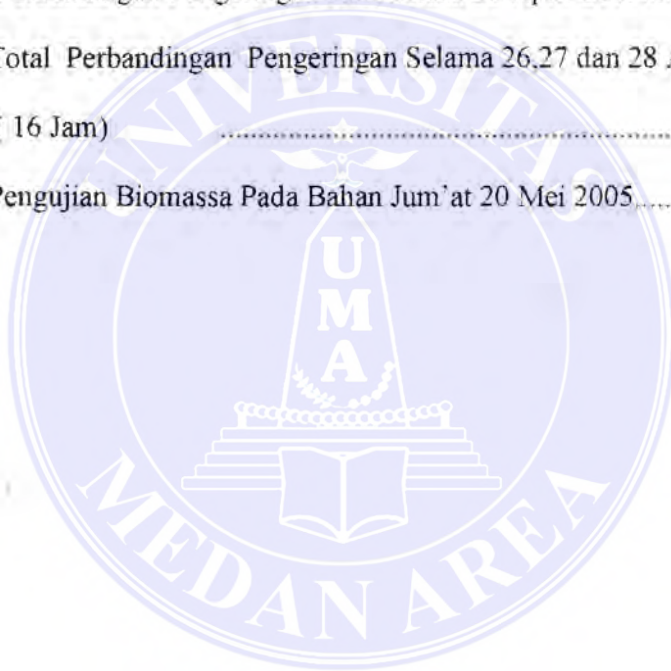
Gambar 2.1 Konduksi Panas melalui pelat Tipis.....	7
Gambar 2.2 Perpindahan Panas pada Permukaan Paralel.....	10
Gambar 2.3 Pemanas Air Rumah Tangga.....	12
Gambar 2.4 Instalasi Pemanas Rumah Tangga.....	13
Gambar 2.5 Bagan cara kerja Pemanas Air Rumah Tangga.....	14
Gambar 2.6 Pemanas Air Pada Kolam Renang	15
Gambar 2.7 Instalasi Pemanas Kolam Renang	16
Gambar 2.8 Tiga Jenis Kompor Tenaga Surya	18
Gambar 2.9 Kompor Masak Buatan Pak Minto (Jawa Tengah).....	19
Gambar 2.10 Sistem Penghasil Listrik Tenaga Surya (Photo Voltaic).....	20
Gambar 2.11 Sebuah Unit Proses Pengering Pertanian(Jawa Tengah)	21
Gambar 2.12 Mesin Alat Pemecah Kulit Tanduk Biji kopi.....	33
Gambar 3.1.a. Alat Pengering Tenaga Surya dan Biomassa Rancangan I	36
Gambar 3.1.b. Alat Pengering Tenaga Surya dan Biomassa Rancangan II.....	36
Gambar 3.2 Biji Kopi Hasil Pengeringan	38
Gambar 3.3 Alat Pengering Tenaga Surya Yang Dirancang	41
Gambar 3.4 Potongan AA Alat Pengering Tenaga Surya Yang Dirancang	44
Gambar 3.5 Bentuk Susunan PenampangAlat Pengering Tenaga Surya.....	47
Gambar 3.6 Penampang Solar Kolektor Tampak Samping dan Yang Dibelah ...	48
Gambar 3.7 Rumah Pengering Yang dirancang	48
Gambar 3.8 Saluran Penghubung Yang Dirancang	49
Gambar 3.9 Blower Yang dipergunakan	50
Gambar 3.10 Tungku Pembakaran Biomassa Yang Dirancang.....	50

DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1	Grafik Suhu Ruang Pengering dan Lingkungan	
	Rabu 20 April 2005.....	55
Grafik 4.2	Grafik Suhu Ruang pengering dan Lingkungan	
	Kamis 21 April 2005.....	57
Grafik 4.3	Grafik Panas Yang Diserap Kolektor Selasa 25 April 2005	59
Grafik 4.4	Grafik Panas Radiasi Yang diserap Kolektor	63
Grafik 4.5	Grafik Penurunan Kadar Air Bahan 26 April 2005	67
Grafik 4.6	Grafik Lanjutan Pengeringan Kadar Air 27 April 2005.....	69
Grafik 4.7	Grafik Perbandingan Pengeringan Kadar Air	
	Hari Selasa 26,27 dan 28 April 2005	71
Grafik 4.8	Pengujian Temperatur Biomassa Pada Bahan	
	Jum'at 20 Mei 2005	73
Grafik 4.9	Pengujian Kadar Air Biomassa Pada Bahan	
	Jum'at 20 Mei 2005	74

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	Pengujian Alat Rabu 20 April 2005.....	54
Tabel 4.2	Pengujian Alat Kamis 21 April 2005	46
Tabel 4.3	Pengujian Alat Senin 25 April 2005	58
Tabel 4.4	Perbandingan Pengeringan Hari Selasa 26 April 2005.....	66
Tabel 4.5	Perbandingan Pengeringan Hari Selasa 27 April 2005.....	68
Tabel 4.6	Perbandingan Pengeringan Hari Selasa 28 April 2005.....	69
Tabel 4.7	Total Perbandingan Pengeringan Selama 26,27 dan 28 April (16 Jam)	70
Tabel 4.8	Pengujian Biomassa Pada Bahan Jum'at 20 Mei 2005.....	72



BAB I PENDAHULUAN

1.1.Latar belakang.

Pengeringan dengan proses penjemuran, kebanyakan para petani kecil hingga sampai saat ini masih menggunakan pengeringan cara konvensional, yakni dengan membentangkan hasil taninya diatas lantai pengering, atau diatas tanah yang rata yang beralaskan tikar plastik maupun terpal. Dan sebahagian ada juga yang langsung membentangkannya diatas semen, dan ini terus berlangsung hari demi hari sesuai dengan kebutuhan akan hasil taninya yang harus cepat dikeringkan.

Penjemuran dengan cara seperti ini jelas sekali sangat memiliki kelemahan yang sangat rawan terhadap perubahan cuaca, yakni, mendung (berawan) sampai kepada hujan yang akan berakibat fatal terhadap gagalnya hasil panen yang sangat mendesak untuk dikeringkan (dijemur) agar tidak menimbulkan kelembaban maupun busuk. Belum lagi dengan hasil panen yang baru saja dituai dan ini akan berdampak kepada terjadinya penumpukan yang mana yang pertama belum lagi kering, datang lagi hasil panen yang baru. Nah inilah yang seringkali dialami oleh para petani kecil yang apabila ini terus menerus terjadi, jelas akan mengakibatkan kesejahteraan mereka terpuruk. Itu jelas karena hasil tani mereka tidak akan dapat lagi terjual sebahagian karena telah mengalami pembusukan, dan lagi karena telah mempengaruhi mutu dan kualitas hasil tani mereka.

Karena Indonesia merupakan negara agraris, yang juga letak daerahnya berada di iklim tropis, kalau permasalahan ini tidak ditanggapi secara serius jelas para petani kecil Indonesia tidak akan pernah mengalami kemakmuran.

Untuk mengatasi kendala tersebut, penulis sangat antusias ingin membantu para petani kecil tersebut melalui cara pengembangan suatu teknologi yaitu suatu alat Teknologi tepat guna yakni, suatu alat pengering yang mengadopsi prinsip penjemuran dari panas matahari dengan memakai kolektor, yaitu benda hitam pengumpul panas yang dirancang sedemikian rupa dan seefisien mungkin.

1.2.Tujuan Perencanaan.

Adapun tujuan dari perencanaan alat pengering ini adalah :

1. Sebagai alat untuk mempercepat proses pengeringan.
2. Untuk meningkatkan mutu dan kualitas hasil-hasil pertanian dan perkebunan.
3. Untuk mengatasi kendala akibat cuaca mendung maupun hujan.
4. Untuk meningkatkan kesejahteraan para petani maupun pengusaha,yaitu dengan cara semakin memperbanyak material yang akan dikeringkan.

1.3.Pembatasan Masalah.

Dalam perencanaan ini penulis hanya membatasi masalah seputar perhitungan-perhitungan yang berhubungan dengan alat pengering tenaga surya dengan kapasitas dan ukuran yang telah ditentukan di lapangan.

1.4.Metodologi Perencanaan.

Dalam hal ini metode perencanaan pengering tenaga surya ini dilakukan dengan tahap-tahap maupun langkah-langkah sebagai berikut :

1. Studi literature yang berkenan dengan masalah yang dibahas seperti buku-buku referensi.

2. Menentukan model matematik yang akan digunakan dalam menganalisa data.
3. Penganmbilan data melalui perancangan alat.

1.5.Sistematika Pembahasan.

Sistematika pembahasan dalam penulisan hasil perancangan ini adalah sebagai berikut :

- BAB I Pembahasan yang membahas tentang latar belakang,batasan masalah, tujuan penelitian,metodologi penelitian dan sistematika pembahasan.
- BAB II Tinjauan Pustaka yang membahas tentang matahari,biomass, dan kopi sebagai hasil pertanian atau perkebunan.
- BAB III Alat pengering matahari dan biomass yang membahas sejarahnya di Indonesia ,diskripsi yang dibuat dan alat ukur yang digunakan.
- BAB IV Hasil dan pembahasan yang membahas Pengujian-pengujian antara Pengujian I dan Pengujian II.
- BAB V Kesimpulan dan Saran.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian ini terdiri dari 3 aspek penting yang berhubungan dengan pengoperasian alat dan pengujian alat antara lain : matahari , Biomassa atau alat tambahan yang mempergunakan pembakaran sekam kayu sebagai sumber panasnya dan biji kopi (hasil fermentasi) sebagai bahan uji coba.

2.1.Sinar Matahari.

Energi matahari adalah salah satu unsur yang sangat berpengaruh atau bermanfaat pada kehidupan makhluk hidup di Bumi. Oleh karena itu, tanpa adanya sinar matahari akan sangat berakibat fatal (tidak ada kehidupan). Dalam arti, semua isi bumi akan terhenti. Adapun manfaat sinar matahari yang langsung kita rasakan dalam keseharian adalah tak luput untuk menjemur atau mengeringkan hasil-hasil bumi maupun sebagai kebutuhan akan pakaian sehari-hari. Selain itu, matahari juga merupakan sumber energi dalam proses-proses alami yang terjadi di lingkungan hidup seperti terurai dalam hal yang sangat penting dibawah ini :

- Sinar matahari membuat suhu bumi sesuai untuk kehidupan tumbuh-tumbuhan,binatang dan manusia. (*Atmosfer dan Pemanasan Global*).
- Sinar matahari menyebabkan terjadinya angin .Perbedaan panas di permukaan bumi mempengaruhi suhu dan tekanan udara di atmosfer, sehingga terjadi aliran udara dan angin.
- Sinar matahari menyebabkan terjadinya siklus air. Sinar matahari merupakan sumber energi bagi siklus air. Dalam hal ini sinar matahari

menyebabkan penguapan air yang terdapat di sungai, danau, dan laut. Air menguap dan menjadi awan. Awan tersebut terbawa angin dan akhirnya jatuh lagi sebagai hujan. Begitu seterusnya proses terjadinya siklus air.

(Siklus Air)

- Sinar matahari menyediakan beberapa sumber energi lain, seperti minyak bumi, batu bara, tenaga air.

Pemanfaatan energi matahari yang terkandung oleh matahari sangatlah tinggi namun, yang dipergunakan atau diperlukan oleh dunia sangatlah sedikit, yakni, sekitar 1 % dari seluruh energi yang ada. Dan apabila sinar matahari ini dimanfaatkan sekitar 20 %, maka kebutuhan akan energi lainnya yang terkandung melalui fosil atau hasil bumi, akan dapat lebih ditekan lagi.

2.1.1. Hukum-hukum Perpindahan Panas.

Sistem perpindahan panas pada umumnya mengenal 3 (tiga) cara yang sangat penting yaitu:

1. Konduksi.
2. Konveksi, dan
3. Radiasi.

Masing-masing cara perpindahan panas ini akan diuraikan dan dianalisa secara tersendiri. Tetapi perlu kiranya ditekankan bahwa kebanyakan situasi yang terjadi dalam alat panas mengalir tidak dengan satu, tetapi dengan beberapa dari cara ini yang dapat terjadi secara bersamaan.

Untuk mengetahui saling berpengaruhnya dari berbagai cara perpindahan panas tersebut, karena didalam prakteknya bila satu mekanisme mendominasi secara kuantitatif, maka diperoleh penyelesaian penguraian yang bermanfaat dengan

mengabaikan semua mekanisme kecuali yang mendominasi tersebut. Namun perubahan kondisi luar sering kali memerlukan perhatian satu atau dua, sebelumnya diabaikan:

1. Konduksi

Konduksi yaitu proses panas mengalir dari daerah yang bertemperatur lebih tinggi ke daerah yang bertemperatur lebih rendah, dalam suatu medium (padat, cair, gas) atau antara medium – medium yang berlainan dan bersinggungan secara langsung. Oleh karena itu, Laju perpindahan panas dinyatakan dengan hukum fourier.

$$q = -kA \left(\frac{dT}{dx} \right) W (watt) \dots\dots\dots(2.1)$$

dimana :

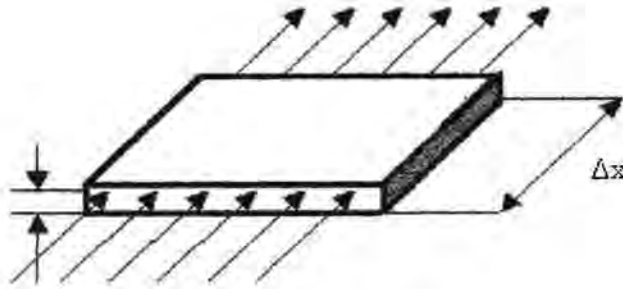
k = konduktifitas termal, W / (m.K)

A= Luas penampang tegak-lurus pada aliran panas, m²

dT/dx = Gradien temperatur dalam aliran panas, -k/m

Konduktifitas termal dari bahan logam dan non logam yang dipergunakan dalam kolektor surya dapat diperlihatkan melalui tabel dibawah ini.

Bahan	Konduktifitas termal (k), W / (m.K)
Tembaga	385,0
Aluminium	211,0
Timah putih	66,0
Baja, 1 % karbon	45,0
Baja tahan karat	16,0
Kaca	1,05
Polikarbonat	0,2
Karet alam	0,14
Isolasi papan kaca serat	0,043



Gbr.2.1.Konduksi panas melalui pelat tipis.

Menurut teori kinetik suhu elemen suatu zat sebanding dengan energi kinetik rata-rata mekul – mekul yang membentuk elemen itu. Energi yang dimiliki suatu elemen zat yang disebabkan oleh kecepatan dan posisi relatif mekul –mekulnya disebut energi dalam. Jadi semakin cepat mekul–mekul bergerak, maka semakin tinggi suhu maupun energi dalam elemen zat.

2.Konveksi

Konveksi yaitu proses perpindahan energi dengan kerja gabungan dari konduksi panas, penyimpanan energi dan gerak mencampur.

Perpindahan energi dengan cara konveksi suatu permukaan yang suhunya diatas suhu Fluida sekitarnya berlangsung beberapa tahap :

1. Panas akan mengalir dengan cara Konduksi dari permukaan ke partikel - partikel Fluida yang berbatasan .
2. Energi yang berpindah dengan cara demikian akan menaikkan suhu dan energi dan partikel-partikel fluida ini.
3. Partikel-partikel fiuida tersebut akan bergerak kedaerah yang bersuhu lebih rendah didalam fluida dimana mereka akan bercampur dan memindahkan sebagian energinya kepada partikel-partikel fluida lain.

3. Radiasi

Radiasi yaitu proses dengan panas mengalir dari benda yang bersuhu tinggi ke benda yang bersuhu rendah bila benda-benda itu terpisah didalam ruang, bahkan bila terdapat ruangan hampa diantara benda-benda tersebut.

Semua benda memancarkan panas radiasi secara terus menerus. Intensitas pancaran tergantung pada suhu dan sifat permukaan. Energi radiasi bergerak dengan kecepatan cahaya (3×10^8 m/s). Radiasi cahaya dan radiasi termal hanya berbeda dalam panjang gelombang masing-masing.

Penukaran panas netto secara radiasi termal antara dua badan ideal (“hitam”) adalah :

$$q = \sigma A(T_1^4 - T_2^4)W \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana :

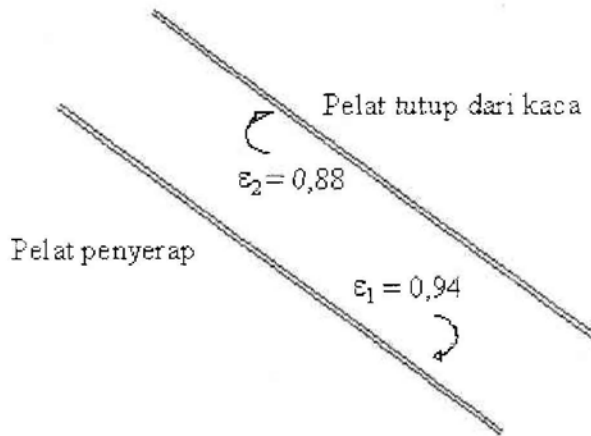
σ = Konstanta Stefan-Boltzman (w/ (m²-K⁴))

$$= 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ w/m}^2 \cdot \text{K}^4$$

A = Luas bidang (m²)

T₁ = Temperatur pelat penyerap (K⁴)

Dalam parktek, permukaan bukan merupakan pemancar ataupun penyerap yang sempurna dari radiasi termal. Permukaan “kelabu” semacam itu ditandai oleh fraksi –fraksi dari jumlah ideal yang dipancarkan (ϵ = emisifitas) dan diserap (α = absorpsifitas). Yang terjadi dalam sebuah kolektor surya adalah perpindahan panas radiasi dari plat penyerap ke plat penutup kaca.



Gbr.2.2. Perpindahan panas radiasi pada permukaan pelat paralel.

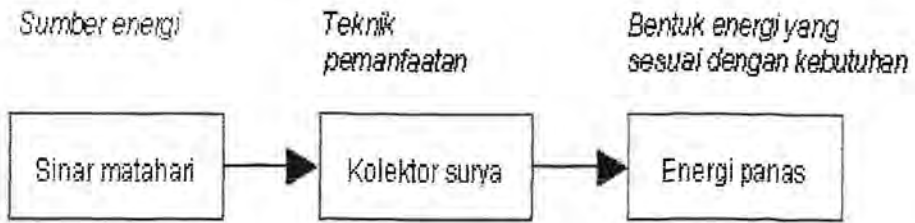
Dilihat dari pengembangan –pengembangan alat-alat sederhana sampai kepada alat-alat super canggih, para ahli sebenarnya sudah lama mengembangkan potensi matahari ini.

2.1.2. Perhitungan Radiasi Matahari.

Alat yang dirancang ini menggunakan kolektor surya (*solar collector*) sebagai penyerap panasnya. Panas radiasi adalah cara perpindahan panas yang terjadi dalam kolektor surya melalui serapan pelat benda hitam didalamnya yang masuk atau tembus melalui kaca bening(transparan).

Untuk menghitung pelat paralel semacam itu, hubungannya adalah sebagai berikut :

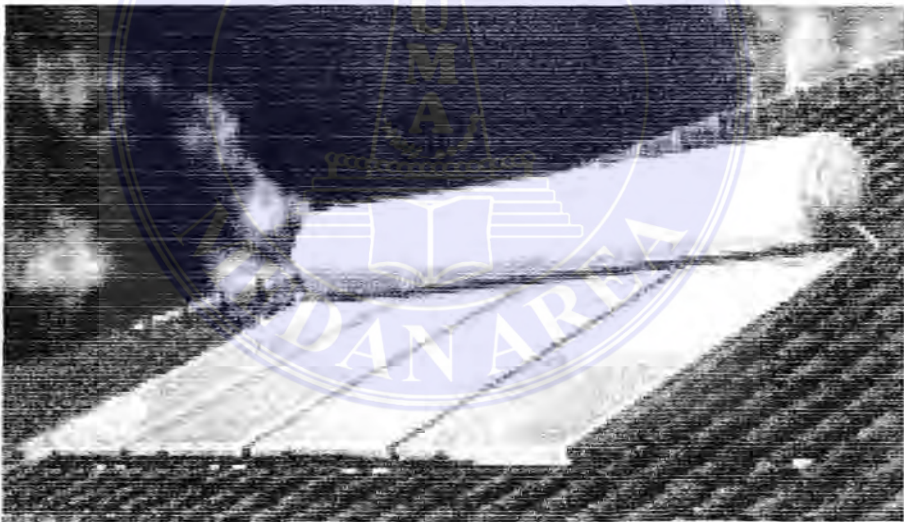
$$Q = \frac{\alpha A (T_1^4 - T_2^4)}{\frac{1}{\epsilon_1} + \frac{1}{\epsilon_2} - 1} \dots\dots\dots (2.4)$$



Berikut ini beberapa macam alat yang telah mempergunakan energi surya dalam siklusnya yang telah dibuat oleh para ahli di seluruh dunia.

1. Pemanas Air tenaga surya (*Solar water Heater*)

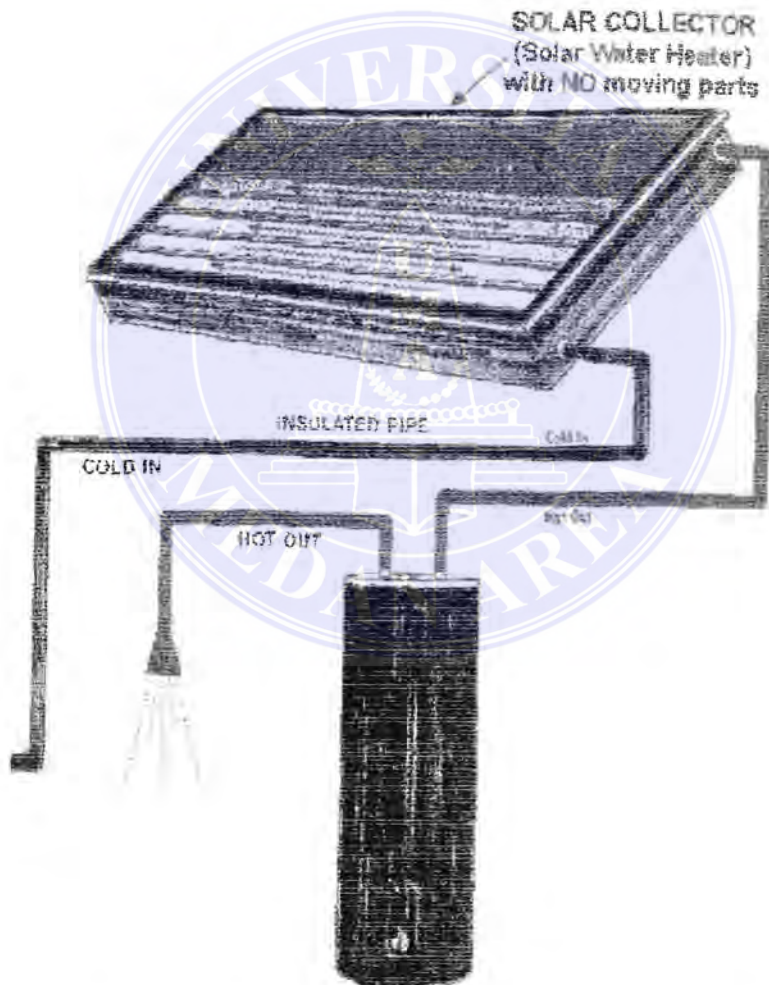
Pemanas air tenaga surya (*solar water Heater*) sudah mulai banyak dipergunakan di Indonesia. seperti halnya pada gambar dibawah ini.



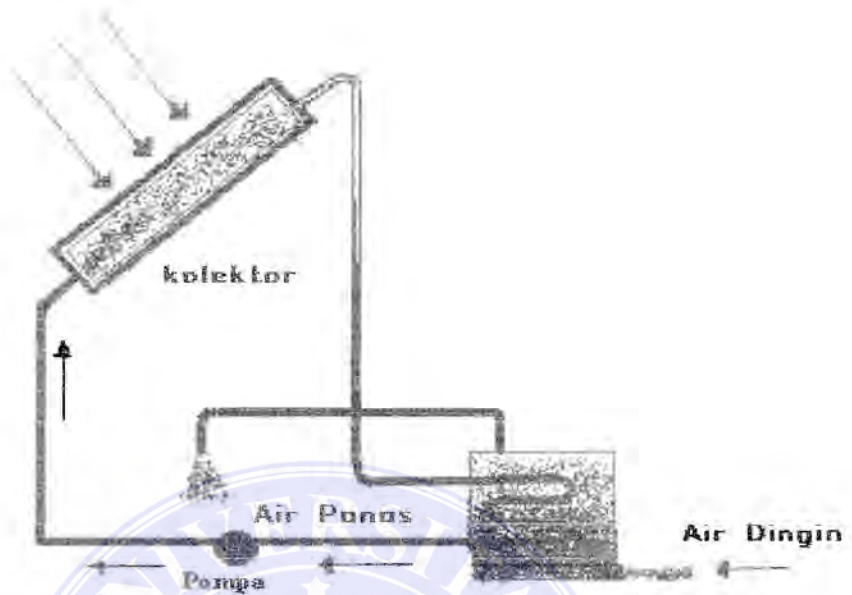
Gbr.2.3. Sebuah pemanas air rumah tangga yang terpasang pada atap sebuah rumah

Sistem kerja dari pemanas air ini dapat dilihat pada gambar 2.2. berikut ini. Alat ini juga mempunyai prinsip kerja yang sederhana, yaitu, air dingin biasa yang dinaikkan kedalam kolektor surya untuk dipanaskan. Setelah air panas akan jatuh kedalam tangki penampung air panas. Proses sirkulasi air dapat secara paksa

termosifon dan aliran balik. Pada gambar, termos besar penampung air berkapasitas antara 180 - 600 liter air. Ada panel lebar untuk menerima sinar matahari, juga pipa-pipa yang menyerap panas di sekitar panel. Air masuk disirkulasikan terus-menerus. Air panas dipasokkan ke dalam termos, sementara air dingin kembali ke panel. Air panas itu yang kemudian dihubungkan dengan pipa tahan panas ke kamar mandi, wastafel, atau kolam renang untuk dipergunakan pemilik rumah.



Gbr.2.4. Gambar instalasi cara kerja pemanas air rumah tangga
(Buatn Ameco California)



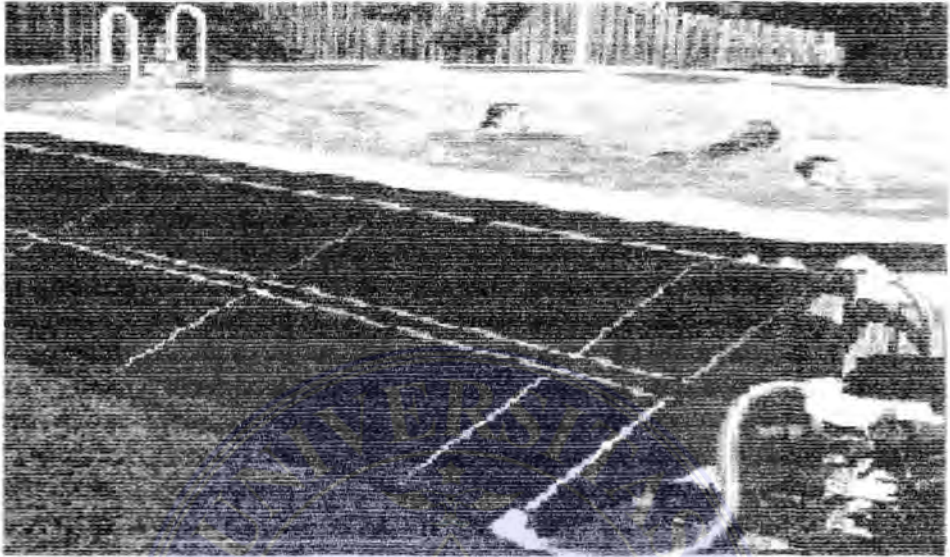
Gbr.2.5. Bagan cara kerja pemanas air rumah tangga.

Dari bagan jelas terlihat bahwa di dalam kolektor terdapat pipa-pipa pemanas air. Pipa –pipa ini berbentuk koil seperti yang terdapat pada kebanyakan mesin-mesin pendingin.

2.Pemanas Air Kolam Renang.

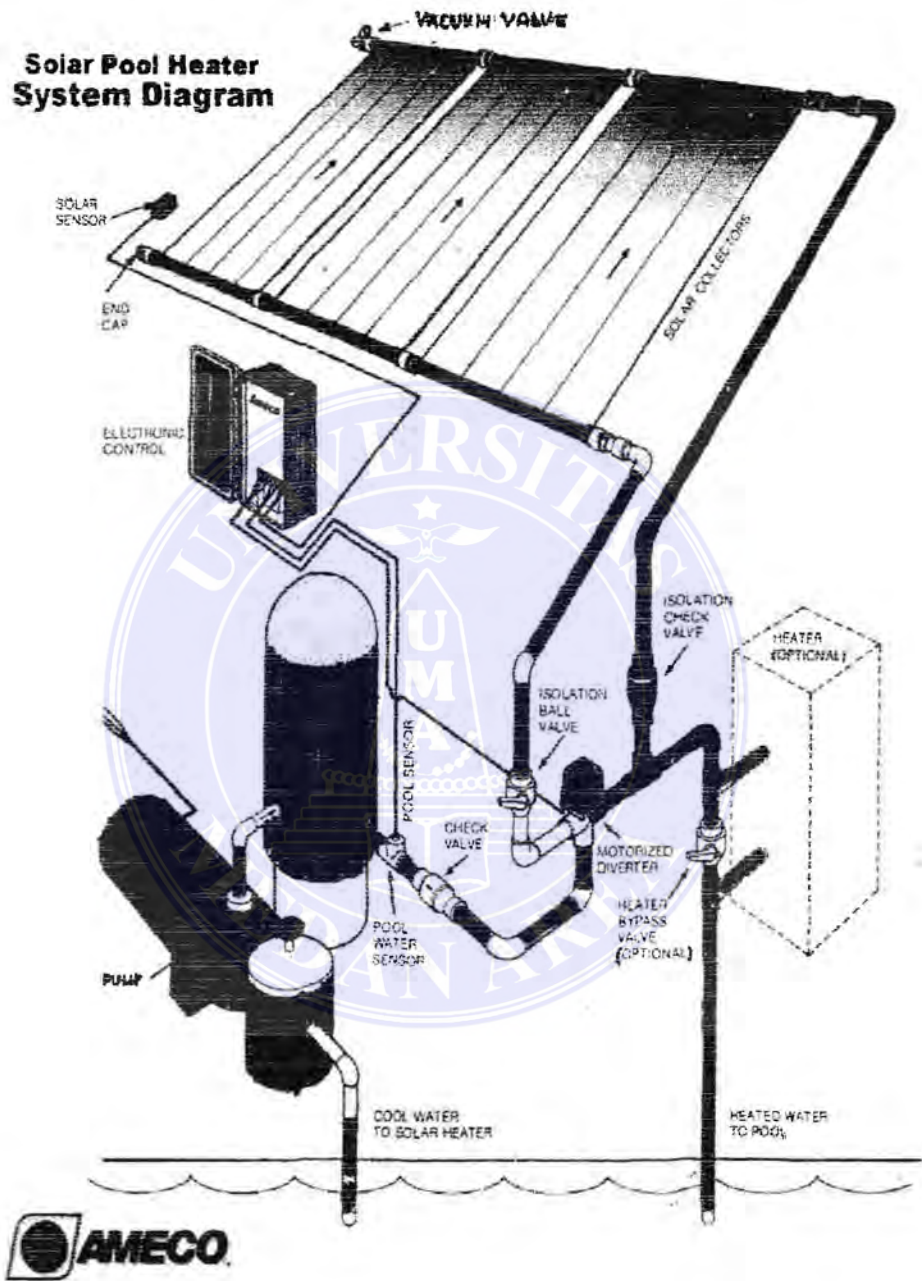
Cara kerja alat pemanas kolam renang ini hampir sama dengan pemanas air, akan tetapi konstruksinya lebih kompleks, karena alat ini dilengkapi dengan alat tambahan yaitu, alat instrumen pengontrol elektronik. dan proses pensirkulasiannya sudah memakai pompa. Sensor instrumen disini berfungsi untuk mendeteksi perubahan suhu air dalam kolam. Dan jika suhu airnya turun dari level yang telah ditentukan, maka otomatis pompa akan menaikkan air dingin

kembali ke kolektor surya dan dengan sendirinya air yang panas akan turun ke kolam. Konstruksi alat pemanas ini diperlihatkan pada gambar 2.3 dibawah ini.



Gbr. 2.6. Gambar sebuah kolektor surya pada sebuah Kolam renang .
(Buatan Ameco California)

Untuk lebih jelasnya lagi dapat di lihat pada gambar 2.4.berikut ini.



Gbr.2.7. Gambar instalasi sistem pemanas Kolam Renang tenaga surya (Buatan Ameco California).

3.Kompor masak Surya.

Kompor masak Surya menurut konstruksinya terdiri dari beberapa jenis.

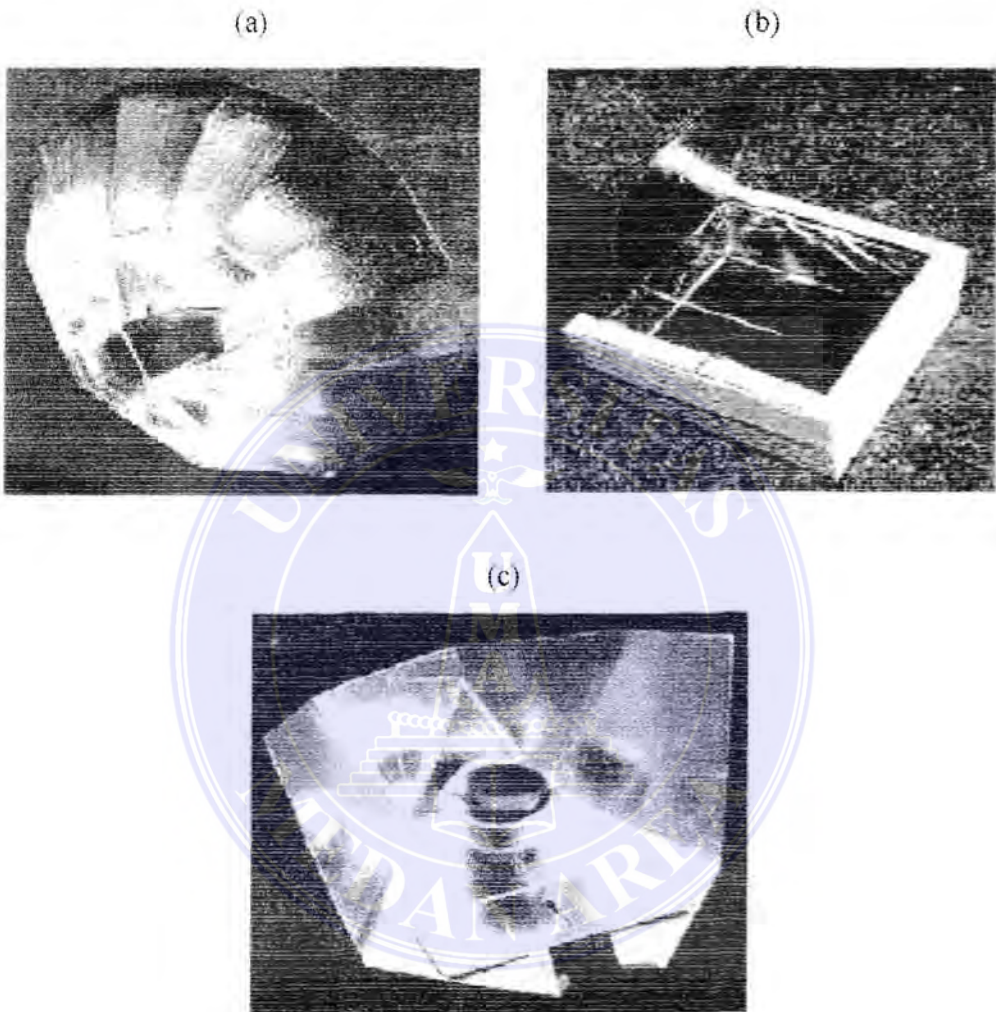
Adapun jenis-jenis kompor masak surya secara umum terdiri dari :

- a.Kompor masak jenis Parabola (*The Parabolic Solar Cooker*)
- b.Kompor masak jenis Kotak (*The Solar Box Cooker*)
- c.Kompor masak jenis Panel (*The Solar Panel Cooker*)

1.Kompor masak jenis Parabola. (*The Parabolic Solar Cooker*)

Kompor ini terdiri dari sebuah lensa cekung berukuran besar, terbuat dari himpunan kotak-kotak kaca. Di atas lensa tersebut diletakkan tempat memasak yang dibuat dari besi. Jika matahari bersinar, kompor ini mampu mendidihkan satu liter air dalam tempo dua menit, dengan suhu maksimal 750 derajat Celsius. Kapasitas maksimal air tergantung dari dimensi dan ketentuan alat. Kompor masak jenis ini telah banyak dipergunakan di Negara-negara berkembang. Di Indonesia alat ini belum lagi populer. Namun beberapa waktu yang lalu, alat ini telah mulai dipopulerkan lewat hasil rancangan Minto salah seorang warga Jawa tengah . Adapun ukuran maupun Dimensi yang dirancang adalah Dengan sebuah lensa cekung berukuran besar(Seperti parabola), terbuat dari himpunan kotak-kotak kaca. Kompor tenaga surya terkecil ukuran diameter lensanya 1,5 meter. Sementara kompor terbesar diameternya 2,67 meter. Jika mentari bersinar, kompor ini mampu mendidihkan satu liter air dalam tempo dua menit. Kapasitas maksimal air yang dapat dimasak adalah 20 liter, dengan suhu maksimal 750 derajat Celsius. penggunaan kompor ini telah dipraktikkan melalui tenaga surya dengan memasak ketela pohon, dan bisa matang dalam tempo 20 menit.

Cara kerja dari kedua kompor lainnya juga hampir sama dengan jenis kompor ini, hanya saja perbedaan mendasar terletak pada bentuk penampangnya.



Gbr. 2.8. Tiga jenis kompor masak tenaga surya.

Keterangan : (a) *The Parabolic Solar Cooker (PSC)*

(b) *The Solar Panel Cooker (SPC)*

(c) *The Solar Box Cooker(SBC)*



Gbr.2.9. Gambar sebuah Kompor masak jenis Parabola-buatan
Minto,Jawa Tengah(sumber : Ipteknet/BPPT 2002)

4.Penghasil Listrik tenaga surya (*Photovoltaic*)

Solar panel yang berfungsi menyerap energi sinar matahari diletakkan diatas atap rumah adalah penghasil Listrik tenaga surya (*Photovoltaic*) .Alat ini biasanya terbuat dari bahan silicon dan bahan – bahan material lainnya.Adapun arus listrik yang dihasilkan adalah berupa aliran listrik searah (DC) yang kemudian diubah kembali ke Aliran Bolak-balik (AC)dengan maksud agar dapat dipergunakan ke beberapa peralatan. Bila kebutuhan listrik sedikit, dapat digunakan satu unit **fotovoltaik** (panel) yang terdiri atas beberapa sel surya. Satu unit fotovoltaik akan bermanfaat bila digunakan untuk memenuhi kebutuhan energi listrik yang sifatnya terbatas, misalnya rumah tangga atau desa kecil.

Pemanfaatan energi surya khususnya dalam bentuk SHS (*Solar Home System*) sudah mencapai tahap semi komersial.

Instalasi alat penghasil energi listrik ini dapat diperlihatkan pada sebuah rumah yang terdapat pada gambar 2.10.



Gbr.2.10. Gambar Sebuah Sistem Photovoltaic yang dipergunakan pada sebuah rumah.

5.Pengeringan hasil-hasil Pertanian tenaga surya.

Pengeringan hasil-hasil pertanian memakai alat pengering tenaga surya telah mulai dikenal, apalagi di Indonesia. Banyak peneliti telah mengembangkan alat-alat pengering tenaga surya. Hasil-hasil panen seperti padi, kacang tanah, jagung, cabai merah dan sampai kepada biji kopi harus dikeringkan setelah masa pemanenan, agar mencegah kebusukan maupun lapuk akibat kelembaban. Meskipun gas alam dan Bahan bakar lain dipakai untuk mengeringkan, akan tetapi metode pengeringan di alam terbuka di bawah sinar matahari adalah yang

biasa dipergunakan. Pengering surya memberikan beberapa keuntungan daripada metode terakhir tersebut apabila keadaan cuaca berubah-ubah atau tak menentu atau bilamana hasil panen rusak oleh hama tikus. Gambar 2.8.berikut ini adalah merupakan salah satu hasil karya mereka.



Gambar 2.11. Sebuah unit proses pengering hasil pertanian di daerah Jawa Tengah.

2.2. Biomassa (*Biomass*)

2.2.1. Pengertian Biomasa.

Biomassa (*Biomass*) adalah keseluruhan makhluk (hidup atau mati), misalnya tumbuh-tumbuhan, binatang, mikro organisme dan bahan organik (termasuk sampah organik). Unsur utama dari biomassa adalah bermacam-macam zat kimia (**molekul**) yang sebagian besar mengandung **atom** karbon (C). Bila kita membakar biomassa, karbon tersebut dilepaskan ke udara dalam bentuk **karbon dioksida** (CO_2). Selain dari pembakaran biomassa, CO_2 juga dapat dihasilkan dari proses pembusukan oleh **mikroorganisme**. Untuk selanjutnya CO_2 tersebut akan

digunakan oleh tanaman dalam proses fotosintesis. Proses pelepasan dan penggunaan CO₂ itu disebut Siklus Karbon.

Biomassa dapat digunakan untuk:

1. Bahan bakar.

Pemanfaatan biomasa sebagian besar dimanfaatkan secara tradisional di sektor rumah tangga dan industri kecil di perdesaan. Di perdesaan biomasa dari batang-batang pohon dan limbah pertanian dengan menggunakan tungku sederhana atau pembakaran langsung. Sedangkan pemanfaatan biomasa secara modern dilakukan oleh industri kertas, kayu dan makanan. Dilakukan terintegrasi dengan pengelolaan bahan baku. Di industri kertas dan kayu, biomasa dalam bentuk kulit kayu, sisa-sisa kayu, ampas kayu dan black liquor digunakan untuk bahan-bahan bakar ketel uap kogenerasi. Sedangkan pada industri makanan, biomasa dari limbah pertanian digunakan sebagai bahan bakar ketel uap atau tungku pemanas.

2. Biogas.

Biomasa banyak digunakan sebagai bahan baku energi lainnya, seperti biotel, biodiesel, atau briket arang kayu. Juga untuk pembangkit tenaga listrik. Matahari. Lain lagi cerita tenaga matahari yang dapat dimanfaatkan langsung sebagai pemanas ataupun dimanfaatkan melalui sel photo voltaic sebagai listrik. Pemakaian panas matahari secara langsung digunakan untuk pengering, memasak menggunakan oven, dan pemanas air. Di beberapa daerah, khususnya di daerah peternakan sapi, seperti di Pangalengan dan Boyolali, telah banyak dibuat reaktor

biogas dari kotoran sapi. Proyek percontohan biogas dari sampah telah dibuat di TPA (tempat pembuangan akhir) sampah Pasir Impun di Bandung.

2.2.1. Bioenergi

Pemanfaatan energi biomassa dapat dilakukan dengan berbagai cara. Dewasa ini teknologi pemanfaatan energi biomassa yang telah dikembangkan terdiri dari :

1. Pembakaran langsung (*direct combustion*) dalam bentuk pemanfaatan panas.

Pemanfaatan panas biomassa telah dikenal sejak dulu seperti pemanfaatan kayu bakar. Pemanfaatan yang cukup besar umumnya untuk menghasilkan uap pada pembangkitan listrik atau proses manufaktur. Dalam sistem pembangkit, kerja turbin biasanya memanfaatkan ekspansi uap bertekanan dan bertemperatur tinggi untuk menggerakkan generator. Di industri kayu dan kertas, serpihan kayu terkadang langsung dimasukkan ke boiler untuk menghasilkan uap untuk proses manufaktur atau menghangatkan ruangan. Beberapa sistem pembangkit berbahan bakar batubara menggunakan biomassa sebagai sumber energi tambahan dalam boiler efisiensi tinggi untuk mengurangi emisi.

2. Konversi menjadi bahan bakar cair.

Dua bahan bakar bio yang paling umum adalah ethanol dan biodiesel. Ethanol merupakan alkohol yang dibuat dengan fermentasi biomassa dengan kandungan hidrokarbon yang tinggi seperti jagung melalui proses yang sama

untuk membuat bir. Ethanol paling sering digunakan sebagai aditif bahan bakar untuk mengurangi emisi CO dan asap lainnya dari kendaraan. Biodiesel merupakan ester yang dibuat menggunakan minyak tanaman, lemak binatang, ganggang, atau bahkan minyak goreng bekas. Biodiesel dapat digunakan sebagai aditif diesel untuk mengurangi emisi kendaraan atau dalam bentuk murninya sebagai bahan bakar kendaraan.

3. Pemanfaatan Gas Biomassa

Pemanfaatan gas biomassa skala kecil yang banyak diaplikasikan oleh masyarakat adalah pemanfaatan gas metana hasil fermentasi yang langsung dibakar untuk dimanfaatkan panasnya. Pada skala yang lebih maju pemanfaatan gas biomassa dilakukan melalui sistem gasifikasi menggunakan temperatur tinggi untuk mengubah biomassa menjadi gas (campuran dari hidrogen, CO dan metana). Salah satu contoh pemanfaatan tersebut adalah penggunaan sekam padi pada Pembangkit Listrik Tenaga Diesel. Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) komersial pertama yang menggunakan bahan bakar sekam padi berada di penggilingan padi milik PT (Persero) Pertani di Desa Haurgeulis, Kecamatan Haurgeulis, Kabupaten Indramayu. PLTD berkekuatan 1 x 100 kilowatt (kw) tersebut dibangun PT Indonesia Power dan PT Pertani.

Prinsip kerja PLTD berbahan bakar sekam padi itu adalah mencampurkan gas hasil gasifikasi sekam padi pada temperatur tinggi dengan bahan bakar minyak (BBM) di dalam ruang bakar motor diesel yang menggerakkan turbin untuk menghasilkan tenaga listrik. Pencampuran BBM dengan gas sekam padi dapat menghemat pemakaian BBM hingga 80 persen dari jumlah pemakaian

semula, sehingga biaya operasional untuk membangkitkan listrik dengan daya yang sama dapat berkurang jauh. Sebagai gambaran, jika PLTD berkapasitas 100 kW dioperasikan penuh dengan menggunakan BBM, dibutuhkan 0,3 liter BBM per kWh (kilowatt hour). Sementara jika ditambahkan gas sekam padi, hanya dibutuhkan 0,06 liter per kWh ditambah sekam padi sebanyak 1,5 kg per kWh.. Sistem penanganan material biomassa, merupakan bagian yang cukup besar dalam modal investasi dan biaya operasi dalam fasilitas konversi energi bio. Kebutuhannya tergantung pada tipe biomassa yang akan diolah dalam teknologi konversi seperti halnya kebutuhan gudang cadangan makanan, diantaranya penyimpanan biomassa, penanganan, pengangkutan, pengurangan ukuran, pembersihan, pengeringan serta peralatan.

2.3. Biji Kopi.

2.3.1. Pengolahan Biji Kopi.

Mutu kopi adalah hal yang sangat pokok dalam hal ini, oleh karenanya biji kopi haruslah tidak lagi seperti; kurang terfermentasi, kurang dalam pengeringan, ukuran biji tidak seragam, kadar kulit tinggi, keasaman tinggi, citarasa sangat beragam, dan tidak konsisten. Oleh karenanya kesemuanya itu haruslah dihindari.

Di dalam dunia perdagangan, kopi hanya dapat diperdagangkan dalam bentuk biji-biji kering yang sudah terlepas dari daging buah dan kulit arinya. Biji kopi yang diperdagangkan itu disebut, kopi beras (markt kopi)

Untuk mendapatkan kopi beras itu perlu adanya pengolahan. Pada pokoknya pengolahan kopi itu hanya ada dua cara, yaitu :

1. Pengolahan kering.

2. Pengolahan Basah.

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 5/1/24

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (Repository.uma.ac.id) 5/1/24

1. Pengolahan Kering.

Pengolahan kering ini, hanya dilakukan oleh para petani yang hanya memerlukan kebun beberapa Ha saja atau terbatas.

Sedang perusahaan yang besar terbatas pada kopi-kopi yang masih hijau atau hasil dari racutan, demikian juga yang terdapat serangan bubuk buah.

Pengolahan cara ini berlangsung sebagai berikut : hasil pungutan langsung dijemur ditempat penjemuran, berlangsung selama 10-14 hari. Dalam penjemuran selalu dibolak-balik agar pengeringannya dapat merata. Kalau ternyata buah kopi itu sudah kering betul, kopi itu di simpan sebagai kopi gelondong. Bila akan dijual, kopi gelondong itu ditumbuk atau direbus dengan alat mesin, untuk melepaskan biji dari kulit tanduk serta kulit arinya.

Bila menghendaki mutu yang baik, pengolahan dapat disempurnakan, antara lain dengan jalan :

1. Buah dipisah-pisahkan antara yang masak, hijau dan yang kering. Untuk yang masak diadakan pelepasan kulit, yang hijau dan yang kering langsung di jemur.
2. Kopi masak yang telah dipecahkan tidak langsung dijemur, melainkan ditumpuk selama 24 jam, kopi akan mengalami fermentasi (pembusukan). Kelak kalau sudah kering akan mudah dilepaskan kulitnya, akhirnya kopi akan berbau lebih harum.
3. Kopi hijau sebelum dijemur dimamarkan lebih dahulu supaya cepat mengeringnya.
4. Kulit ari yang masih melekat dapat dilepaskan dengan sekam atau dedak yang dibasahi, kemudian diaduk.

Jadi pada prinsipnya dari pengolahan cara kering itu diperoleh kopi gelondong.

2. Pengolahan Basah.

Pengolahan basah pada umumnya hanya dapat dijalankan oleh perusahaan-perusahaan yang besar saja. Sedang yang dilakukan oleh petani sangat sedikit. Kalau petani ingin menggunakan cara basah, adalah dengan cara kopi dari kebun dipisah-pisahkan yang masak, hijau dan yang kering. Yang masak dimemarkan dengan jalan ditumbuk; sebelum ditumbuk dibasahi lebih dahulu untuk memudahkan pememarkan. Kemudian setelah dimemarkan, kulit sudah dilepas, biji-biji itu direndam dalam bak perendaman selama 3-6 hari, dan setiap hari air rendaman itu diganti dengan air yang bersih dan rendaman sering diaduk. Sesudah itu biji yang masih berkulit tanduk dicuci bersih, lalu dijemur sampai kering betul. Setelah kering, ditumbuk lagi agar lepas kulit tanduknya, kemudian ditampi hingga bersih.

Pengolahan yang dilakukan oleh perkebunan, karena produksi jauh lebih banyak, maka tidak mungkin hanya dilakukan dengan tenaga manusia saja, perlu tenaga mesin. Dalam hal ini agar kopi siap ekspor, adalah dengan beberapa tingkat pengerjaan. :

1. Penerimaan di pabrik.
2. Pelepasan daging buah.
3. Pemeraman.
4. Pencucian.
5. Pengerian.

6. Perebusan (pelepasan kulit tanduk)

7. Penyortiran.

1. Penerimaan dipabrik.

Semua kopi yang datang dari bagian-bagian kebun, beratnya sudah diketahui lebih dahulu. Dengan mengetahui beratnya itu berarti pual daapt diketahui hasil keringnya, dengan perhitungan angka banding. Angka banding itu tidak tentu, ada yang 4 : 1, 5 : 1, ada pula yang 10 : 1, hal ini sangat tergantung jenisnya.

Setibanya di pabrik, semua kopi dimasukkan dalam bak penerimaan. Bak itu biasanya dibuat lebih tinggi dari pengupas daging buah. Bak dibuat miring ke arah pintu pengeluaran.

2. Pelepasan daging buah.

Untuk difermentir kopi harus dilepas dari daging buah. Dari bak, kopi itu masuk kepesawat pulper melalui saluran yang membawa kopi itu. Didalam pesawat pulper itu dilengkapi dengan beberapa silinder, dengan pelat-pelat logam pemecah kulit serta pelat penekan dari karet dan pisau baja. Serat beberapa saluran untuk membawa biji yang telah terkupas ke bak fermentasi; juga ada got-got pembuangan kulit.

Karena besar dan ukuran kopi tersebut adalah berfariasi, maka tidak sekaligus, harus melau 3 tingkatan.

Pertama, kopi yang besar-besar saja yang lepas kulitnya melalui silinder I kopi yang besarnya sedang, pecah pada silinder II; terakhir kopi yang paling kecil, kulit yang terlepas dari biji terpisah melalui saluran tersendiri.

Bila ada kopi yang terlalu kecil, ada kemungkinan buah itu tidak bisa terkupas. Semua pengupas itu dapat disetel menurut kebutuhan.

3. Pemeraman.

Pemeraman ada dua macam :

1. Cara basah

2. Cara kering.

1). Buah kopi yang telah terlepas dari kulitnya, dimasukkan kedalam bak pemeraman (permentasi) melalui saluran yang menghubungkan pesawat pulper dengan bak pemeraman. Ada kemungkinan dalam bak itu terdapat potongan kulit buah dan buah-buah yang hampa akan mengapung, maka perlu dipisahkan.

Pada tingkat pertama, biji itu direndam dengan air selama 10 jam. Pada waktu itu terjadi proses biologis, sehingga lapisan lendir sebagian terurai dan lepas dari kulit tanduk. Setelah pemeraman yang pertama ini selesai, dipindahkan kebak yang lain. Pemeraman itu berlangsung 3 – 4 hari, tergantung dari iklim dan daerah. Sedapat mungkin pemeraman jangan terlalu lama, karena mengakibatkan biji kopi akan berbau busuk. Selama pemeraman air selalu diganti dengan air yang bersih, sambil membuang lendir endapan dari biji-biji tersebut.

2). Pelepasan kulit selain menggunakan pesawat pulper yang digerakkan dengan mesin, juga dapat menggunakan alat yang digerakkan dengan tenaga manusia. Setelah biji-biji lepas dari kulitnya, kemudian ditumpuk merupakan gundukan, proses demikian disebut pemeraman kering. Agar proses ini

berlangsung merata, maka gundukan itu ditutup dengan goni dan perlu dibongkar dengan cepat-cepat dan segera dikembalikan. Setelah pemeraman, pencucian dilaksanakan.

4. Pencucian.

Bila masa pemeraman telah selesai, biji-biji dialirkan pada bak pencucian, maksudnya untuk menghilangkan lendir bila ternyata masih ada lendir yang melekat. Dalam bak pencucian itu biji-biji diremas-remas dengan tangan atau diinjak-injak dengan kaki hingga bersih. Biji tersebut dikatakan bersih apabila tidak lagi licin. Setelah pencucian selesai baru diadakan penjemuran.

5. Pemisahan biji kopi dari kulit luar (Pelepasan daging buah)

Untuk difermentir kopi harus dilepas dari daging buah. Dari bak penampungan kopi itu masuk ke alat pulper melalui suatu saluran yang membawa kopi itu. Didalam alat pulper itu dilengkapi dengan beberapa silinder, dengan pelat-pelat logam pemecah kulit serta pelat penekan dari karet dan pisau baja. Serta beberapa saluran untuk membawa biji yang telah terkupas ke bak fermentasi, juga ada got-got pembuangan kulit.

6. Pengeringan.

Gambar 2.10 berikut ini memperlihatkan penjemuran secara tradisional yang masih banyak dilakukan oleh para petani.



Gbr.2.12. Biji kopi yang dikeringkan dengan panas matahari langsung, dimana para petani memanfaatkan sebagian ruas jalan sebagai lantai jemurnya.

Biji kopi yang baru saja dicuci masih mengandung air $\pm 55\%$. Dengan jalan pengeringan, kandungan air itu dapat dihilangkan sehingga tinggal 5-6% saja.

Pengeringan itu dapat dilakukan dengan tiga jalan, yaitu :

- 1). Dijemur dengan panas matahari, semua biji-biji itu diletakkan pada lantai penjemuran hingga merata. Tetapi ini kurang efisien, sebab memerlukan banyak tenaga dan menyulitkan pekerjaan.
- 2). Dengan menggunakan bahan bakar. Perusahaan-perusahaan yang besar membangun tempat khusus untuk pengeringan, walaupun sebelumnya

Rumah pengeringan dibagi menjadi dua tingkat. Ruang bawah dipasang pipa-pipa yang besar, guna mengalirkan uap panas yang berasal dari dapur. Sedangkan pada ruang atas tempat pengeringan itu dibuat lantai (pelat) yang berlubang-lubang kecil, untuk memanaskan biji-biji kopi tersebut. Dalam proses pengeringan itu biji kopi yang masih basah diserakkan diatas lantai besi tipis yang merata, dengan selalu dibolak-balikkan. Pemanasan berlangsung dua tahap. Pertama-tama dengan panas 100°C , sampai kandungan airnya tinggal 30 %. Kedua dengan panas $\pm 50 - 60$ %, hingga kandungan airnya tinggal 5-6 % .

3). Ada perusahaan besar yang menggunakan mesin pengeringan. Pesawat itu terdiri dari tromol besi yang besar yang dindingnya berlubang-lubang kecil. Ditengah-tengah tromol itu terdapat pipa besi berlubang-lubang untuk mengalirkan udara panas yang dapat memanasi tumbukan kopi. Tromol itu berputar secara lambat, dengan sendirinya kopi itu dapat dibalik-balik. Proses pengeringan itu berkisar 4 – 6 hari. Kopi yang telah kering biasanya tidak segera dipecahkan, melainkan ditimbun terlebih dahulu. Tanda kopi itu kering betul adalah dengan cara memukulnya. Jikalau kopi tersebut belum pecah, berarti belum kering.

7. Pegerebusan/pelepasan kulit tanduk.

Sedangkan untuk pelepasan biji dan kulit tanduk ini ada dua cara :

- 1). Bila hasil kopi itu hanya sedikit, cukup ditumbuk seperti menumbuk padi ini biasanya dijalankan oleh para petani.
- 2). Dengan pesawat mesin (*huller*). Ini umumnya dipergunakan oleh perusahaan-perusahaan yang besar. Yang sering dipakai adalah model *Engelberg*. Pada huller ini biji-biji itu dilepaskan dari kulit tanduk dan

kulit ari, dimana biji dan kulit-kulit dapat dipisahkan. Namun pemisahan itu masih belum sempurna, maka masih memerlukan tenaga manusia.



Gambar 2.13. Alat pemecah kulit tanduk yang digerakkan oleh mesin melalui sabuk.

8. Pemilihan (sortasi)

Menyortir berarti memisah-misahkan kopi beras yang telah dikupas dari pesawat huller. Bertujuan untuk membeda-bedakan :

- Besar/kecilnya beras kopi
- Warnanya.
- Yang pecah / remuk
- Yang kena hama bubuk kotor

Pekerjaan tersebut ada yang menggunakan pesawat *sorterder*, dengan bentuk konstruksi yang bermacam-macam. Adapula yang langsung dikerjakan oleh tangan manusia . Bila menggunakan pesawat, kopi beras masuk kesuatu

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 5/1/24

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

tempat semacam saringan yang mempunyai lobang yang berbeda-beda menurut besar kecilnya ukuran kopi . Sedang butir-butiran yang remuk dan dan yang pecah gelondongan, pecah kulit tanduk, pemilihannya menggunakan tenaga manusia. Dan pemilihan itu disesuaikan dengan kebutuhan perdagangan.



BAB III

ALAT PENGERING TENAGA SURYA DAN BIOMASSA

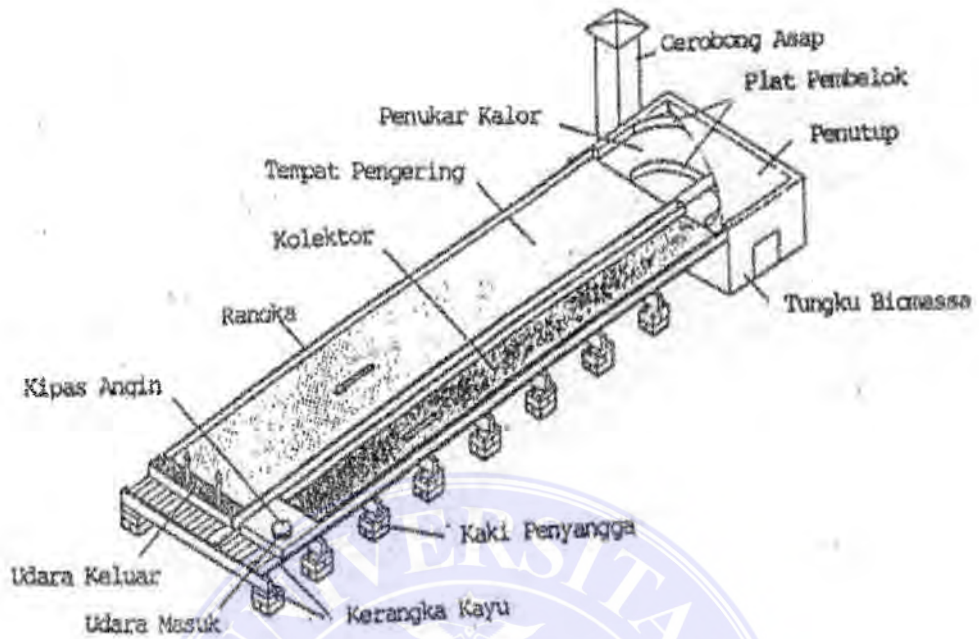
3.1.Latar Belakang Alat Pengering Tenaga Surya dan Biomass di Indonesia.

Alat ini dinamakan alat pengering tenaga surya dan Biomassa, adalah karena cara kerjanya adalah memanfaatkan dua macam energi.

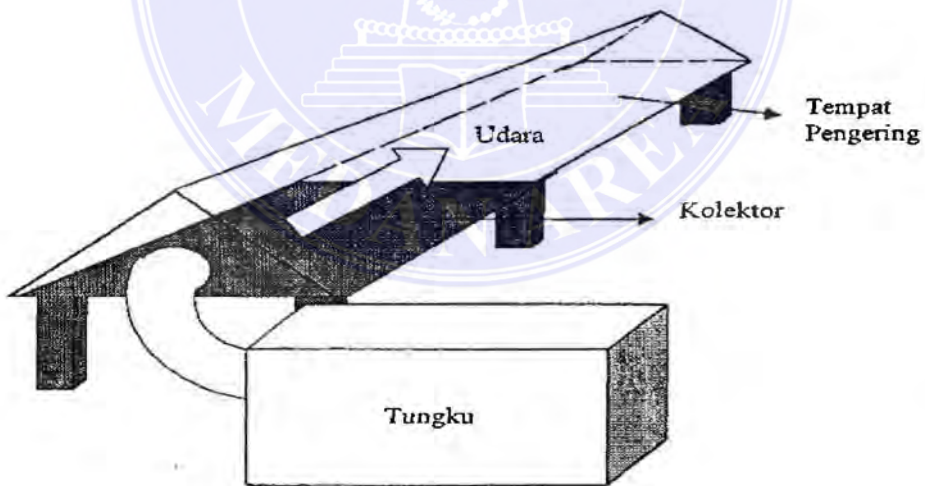
Alat seperti ini dikembangkan di Indonesia adalah oleh Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT) bersama dengan negara-negara maju lainnya yang telah lebih dahulu didalam penerapan di daalm negara mereka tersebut. Percobaan dilakukan di lapangan Percobaan pusat Penelitian Perkebunan Ciomas Bogor dan selanjutnya dipindahkan ke Pusat Penelitian Kakao Kaliwining Jember. Rancangan pertama alat pengering, kolektor dan ruang pengering adal terpisah. Dimana ruang pengering denag kolektor adanya dinding pemisah. Dan rancangan berikutnya terjadi pemodifikasian dimana, ruang pengering dan kolektor di pasang pada satu sumbu, penutup (cover) yang digunakan adalah plastik transparan dan bukan kaca.

Adapun tujuan dari penelitian ini terhadap peralatan tersebut adalah menghindari kehilangan tekanan udara yang berlebihan yang akhirnya juga menjadi kelemahan yang sangat luar biasa.

Untuk lebih jelasnya, perbedaan yang terjadi antara rancangan yang pertama dengan yang kedua dapat diperlihatkan pada gambar 3.1 dibawah ini.



Gbr.3.1a. Alat pengering tenaga surya dan Biomass. (a).Rancangan I



Gbr.3.1b. Alat pengering tenaga surya dan Biomass. (.Rancangan 2 setelah dimodifikasi.)

III.2. Perbedaan Penjemuran secara alami dan Buatan.

III.2.1. Proses Penjemuran Alami Biji Kopi.

Penjemuran dengan sinar matahari berlangsung secara alamiah sehingga dapat dihasilkan produk yang baik. Seperti kita ketahui bahwa intensitas matahari berubah perlahan-lahan dari minimum-maksimum-minimum (pagi-siang-sore) dan selanjutnya malam hari tidak dapat dilakukan pengeringan. Pada komoditas tertentu diperlukan pengeringan yang berkelanjutan sehingga pengeringan dengan cara penjemuran akan diperoleh hasil yang kurang baik.

Pada pengeluaran kandungan air dari dalam bahan dengan cara penjemuran, biji kopi yang baru selesai dikupas kemudian langsung dihampar diatas tikar dibawah terik matahari. Setelah berjalan beberapa lama, hamparan biji diaduk-aduk agar posisi yang diatas menjadi ke bawah, demikian pula sebaliknya. Hal ini dilakukan berulang-ulang sampai biji menjadi kering.

Pengeringan alami atau penjemuran yang dilakukan diatas lantai jemur mempunyai banyak kelemahan, misalnya temperatur dan kecepatan angin yang relatif rendah sehingga membutuhkan waktu yang relatif panjang. Kadang-kadang ditemui pada penjemuran di lantai semen, temperatur yang diterima relatif tinggi sehingga permukaan komoditi tampak seperti hangus tetapi di bagian dalamnya masih belum kering.

Penjemuran yang semata-mata bergantung pada sinar matahari sangat besar resikonya, terutama di daerah yang mempunyai curah hujan cukup tinggi. Bila sedang hujan, proses penjemuran tidak dapat dilakukan, akibatnya dalam satu hari saja kemungkinan akan timbul jamur pada permukaan kulitnya. Kelemahan lain dalam penjemuran adalah dalam hal kebersihan. Penjemuran ditempat terbuka

dapat dengan mudah terkena kotoran-kotoran seperti dari binatang, serangga, tanah atau kerikil-kerikil.

Penjemuran secara alami membutuhkan waktu sampai 7 hari, sedang pada pengering buatan berkisar antara 20-70 jam, tergantung pada efisiensi peralatan. Panjangnya waktu pengeringan tersebut dapat menyebabkan timbulnya jamur. Diatas telah disebutkan beberapa kelemahan penjemuran, namun cara ini sebenarnya ada juga kelebihanya yaitu proses pengeringan berjalan secara alami dari lambat berangsur cepat dan kembali lambat lagi sesuai dengan intensitas matahari.

III.3.3. Proses Pengeringan Buatan Biji Kopi.

Pengeringan buatan mempunyai keuntungan tidak tergantung cuaca dan lebih higienis, tetapi membutuhkan bahan bakar sebagai sumber energi bahan bakar yang dimaksud adalah sekam kayu. Mengingat bahwa penjemuran dan pengeringan masing-masing mempunyai kelebihan, maka keuntungan yang diperoleh dari proses penjemuran dapat dimanfaatkan dalam pengering buatan yaitu dengan membuat peralatan pengering tenaga matahari dan digabungkan dengan energi biomasa.



Gambar 3.2. Biji Kopi hasil pengeringan

3 hal yang terjadi selama Proses pengeringan berlangsung:

1. Dalam pengeringan diperlukan udara dengan suhu yang lebih tinggi dari bahan agar terjadi penguapan air dari bahan.
2. Kandungan air dari dalam bahan yang menguap ke sekelilingnya makin lama makin bertambah. Untuk mengatasi jangan sampai jenuh dan mengembun, udara basah ini harus dikeluarkan dengan cara dihembus dengan kipas angin (*blower*).
3. Gas panas hasil pembakaran tidak boleh bersinggungan langsung dengan bahan yang dikeringkan, karena dapat menyebabkan bau asap pada material yang dikeringkan.

Didalam suatu penelitian yang telah dilakukan pada bahan, yaitu biji kopi terdapat beberapa perbandingan baik itu keuntungan maupun kerugian dari hasil penjemuran dan pengeringan dengan menggunakan alat pengering matahari :

1. Pengering Buatan.(solar collector)

keuntungan antara lain:

1. Tidak tergantung cuaca.
2. Waktu pengeringan dapat dipersingkat.
3. Kebersihan lebih terjamin.
4. Pembuatan alat sangat mudah.
5. Tidak memerlukan biaya tambahan.

Kerugian antara lain :

1. Perlu biaya untuk pembuatan alat.

2. Perlu sumber daya yang terampil.

2. Penjemuran secara Alami.

Keuntungan antara lain :

1. Tidak memerlukan alat.
2. Penjemuran yang secara alami dan sederhana.
3. Tidak membutuhkan keterampilan sumber daya manusia.
4. Mutu cita rasanya lebih terjamin .

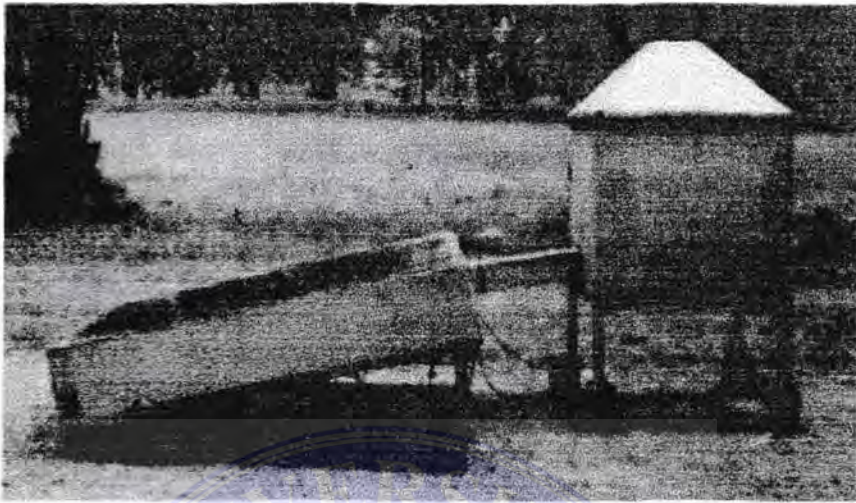
Kerugiannya antara lain :

1. Tergantung cuaca(cerah)
2. Waktu pengeringan relatif lama.
3. Mutu produk kurang higienis.

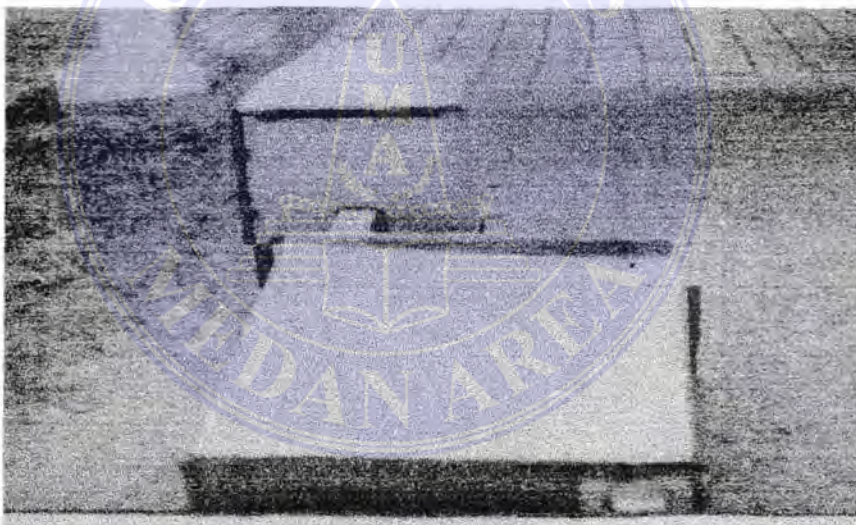
Mengingat keuntungan dan kerugian masing-masing cara pengurangan kandungan air, kami berusaha untuk memadukan, keuntungan masing-masing dan memperkecil kerugian yang ada. Untuk mendapatkan kondisi yang optimum, perlu dilakukan penelitian di laboratorium Universitas Medan Area melakukan penelitian karakteristik pengeringan biji kopi dan rancang bangun dan perekayasaan alat pengering yang memanfaatkan sinar matahari sebagai energi utama dan energi biomassa sebagai energi tambahan.

3.2.Diskripsi Alat Pengering yang Dibuat.

Dalam hal ini alat yang dibuat hampir sama dengan konstruksi (b) pada gambar 3.1. dan jelas ada perbedaannya dalam bentuk ukuran, dan prinsip kerjanya yang tidak jauh berbeda. Dalam gambar 3.2 diperlihatkan gambar secara langsung.



(a)



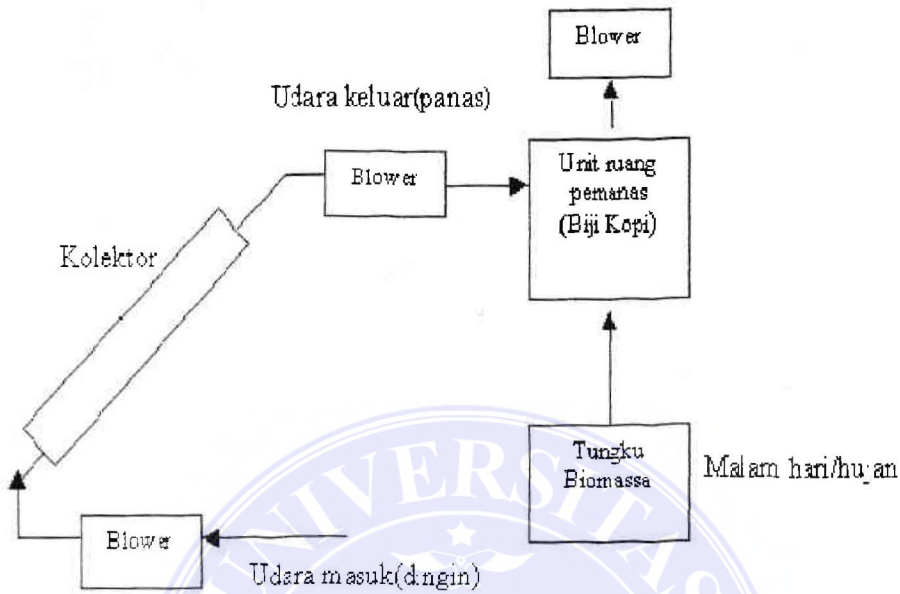
(b)

Gbr.3.3. Alat Pengering Tenaga Surya dan Biomass.

(a). Tampak depan

(b). Tampak belakang.

Bagan Pemanas yang dibuat :



3.2.1. Spesifikasi alat Pengering Tenaga Surya dan Biomassa

Dimensi alat yang dibuat :

- Ukuran Alat Kolektor :

Panjang	: 100 cm
Lebar	: 80 cm
Tinggi	: 20 cm
Volume	: 160.000 cm ³

- Ukuran Rumah Pengering :

Panjang	: 40 cm
Lebar	: 40 cm
Tinggi	: 50 cm
Volume	: 8000 cm ³

- Ukuran Saluran Penghubung :

Panjang : 30 cm

Lebar : 8 cm

Tinggi : 8 cm

Volume : 1920 cm³

- Ukuran Tungku Biomass :

Panjang : 35 cm

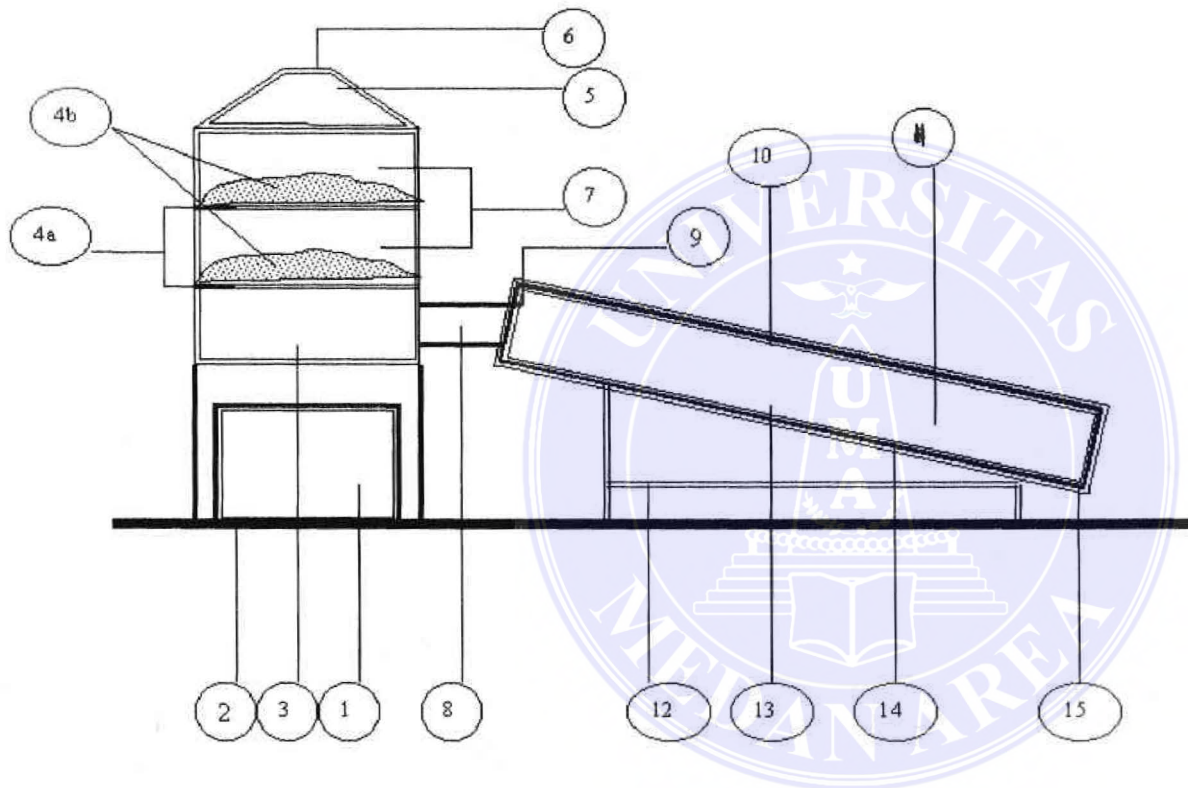
Lebar : 25 cm

Tinggi : 20 cm

Volume/Kapasitas Tungku : 1750 cm³

3.2.2. Bagian-bagian dan Cara Kerja Alat :

Gambar 3.3 dibawah ini memperlihatkan bagian-bagian alat pengering tenaga surya yang telah dirancang secara utuh.



Gbr.3.4. Potongan A-A Alat pengering Tenaga Surya(*solar collector*) dan *Biomass* yang dirancang.

Keterangan gambar :

1. Ruang pembakaran biomassa (Biomass burner)
2. Tungku pembakaran
3. Sekat pembuka dan penutup
4. a).Rak pengering
b).Material yang diuji.
5. Tutup pengering
6. Kipas angin (blower)
7. Ruang Pengeringan.
8. Saluran Penghubung
9. Blower 2
10. Kaca bening
11. Ruang udara panas
12. Rangka penyangga
13. Plat kolektor
14. Isolasi
15. Blower 3

Dari segi konstruksi, alat ini terdiri dari (4) bagian utama, yaitu :

1. Solar kolektor (*Penampang solar Kolektor*)

Alat Pengering ini terdiri dari plat benda hitam yakni, dalam hal ini penulis memilih bahan triplek dengan ketebalan 0,3 mm yang diberi lapisan cat hitam yang berfungsi sebagai pengumpul panas dengan cara menyerap panas sinar matahari melalui kaca (penutup) dari atas . kaca berfungsi selain menyerap panas

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)5/1/24

terbuka hingga kerugian yang timbul akan panas yang hilang sedikit kemungkinan.

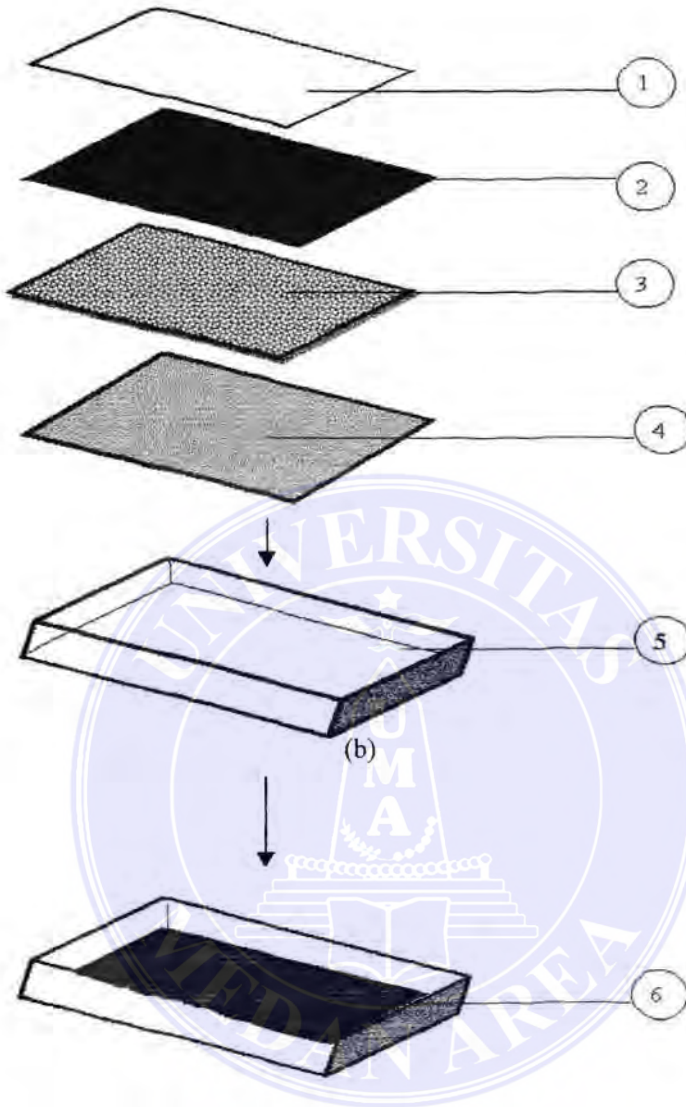
Dalam hal ini isolasi juga sangat diperlukan yaitu yang dipergunakan pada setiap sisi penampang solar kolektor yakni yang berfungsi sebagai pencegah udara panas keluar melalui setiap dinding penampang yakni alas dan setiap sisi. Adapun dalam hal ini isolasi yang dipergunakan adalah debu sekam kayu(halus).

Adapun cara kerja dari alat ini adalah sebagai berikut :

Apabila peralatan ini telah dipasang di udara terbuka atau ruangan bebas yang terkena sinar matahari, alat ini telah siap untuk dipergunakan untuk mengeringkan material hasil pertanian. Dimana yang ditempatkan pada tempat yang telah disediakan yakni pada rak pengering (2) dengan kerapatan material yang dikehendaki. Dan perlu diketahui bahwa kerapatan material yang terlalu berlebihan akan mempengaruhi lama pengeringan. Apabila material yang dikeringkan telah memenuhi hasil pengeringan $\pm 20\%$, material ini telah boleh diganti terhadap material baru atau posisi rak atas diganti ke posisi rak bawah. Demikian terus menerus dilakukan agar proses pengeringan material dapat terpenuhi guna banyaknya material yang akan dikeringkan.

Dan apabila malam hari tiba atau cuaca buruk (hujan maupun mendung) solar kolektor tidak dapat lagi digunakan, Dalam hal ini biomassa adalah sebagai alternatif lain untuk menggantikannya. Untuk itu pembakaran biomassa siap dilakukan pada tungku pembakaran (burner). Dalam percobaan ini, penulis mempergunakan sekam kayu sebagai bahan bakarnya yang berada dibawah rumah

pengering



Gbr.3.5.Bentuk susunan Penampung Solar Collector :

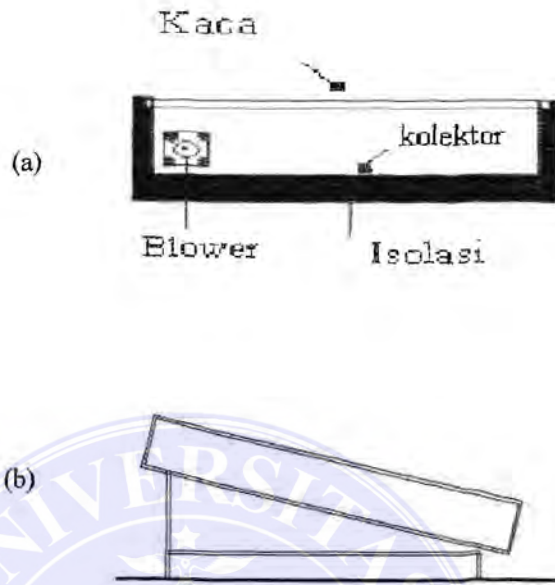
Keterangan Gambar :

- 1.Kaca Bening.
- 2.Kolektor (Triplek hitam)
- 3.Isolasi (sekam kayu)
- 4.Alas (Triplek)

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 5/1/24

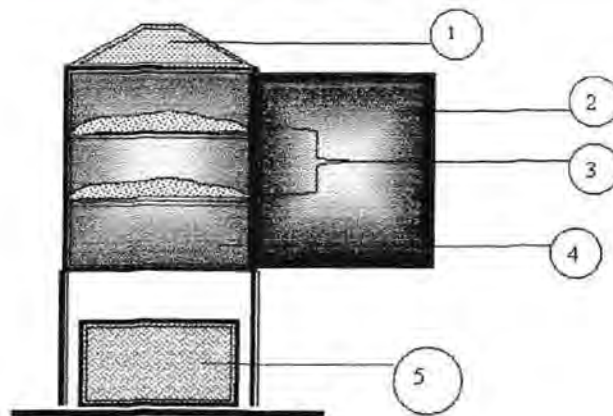


Gbr.3.6. Penampang Solar Colektor yang dibuat.

(a). Potongan samping

(b). Tampak samping.

2.Rumah Pengereng.



Keterangan Gambar :

1. Bagian atas Rumah Pengereng
2. Pintu Penutup.
3. Rak pengereng.
4. Ruang Pengereng.
5. Ruang Bakar Biomassa (Biomass Burner).

Rumah Pengereng terdiri atas adanya ruangan khusus yang adalah sebagai tempat bentangan material pada waktu proses pengeringan. Yang didalamnya terdapat beberapa rak penegereng. Dan rumah pengereng dilengkapi dengan pengkondisian suhu (blower) pada waktu pengujian maupun percobaan. Panas di transfer dari kolektor maupun panas yang dihasilkan dari proses pembakaran sekam padi maupun sekam kayu dari tungku (biomassa).

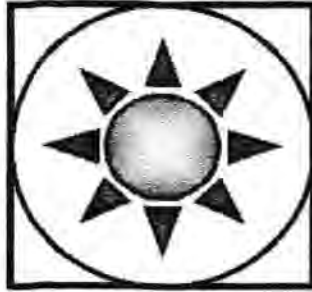
3. Saluran Penghubung.



Gambar 3.8. Saluran Penghubung udara yang masuk ke rumah Pengereng.

Saluran Penghubung mempunyai saluran yang menghubungkan udara panas dari ruang kolektor pengumpul panas menuju ruang pengereng atau dari rak pengereng . Saluran penghubung ini juga terbuat dari plat seng yang berbentuk segi empat.

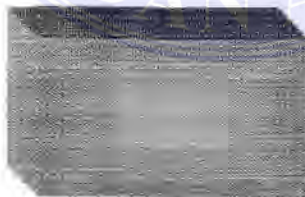
4 . Kipas Angin.(Blower)



Gambar 3.9. Blower yang dipergunakan sebagai konveksi paksa.

Kipas angin berfungsi menghembuskan udara panas (konveksi paksa) dari awal pemasukan udara bebas yang masuk melalui samping solar kolektor. dan juga sebagai pendesak uap air keluar melalui ruang pengering. Kemampuan blower dalam menghembus udara adalah : 500-1500 m³/jam. Untuk kipas DC (arus searah) dipilih kipas dengan daya 32 watt-12 volt.

5. Tungku (Pembakaran biomassa)



Gambar 3. 10. Tungku Pembakaran Biomassa.

Tungku Pengering terdiri dari ruang pembakaran yang dalam hal ini terbuat dari pelat seng yang telah dirancang sedemikian rupa hingga berbentuk box. Di dalam tungku inilah proses pembakaran sekam kayu terjadi. Dimana

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 5/1/24

Access From (repository.uma.ac.id)5/1/24

panas yang dihasilkan melalui proses ini sangat mendukung dalam proses pengeringan pada saat cuaca mendung ataupun waktu malam hari.

3.3.Peralatan Pengering Tenaga surya (*solar collector*)

Parameter sangat penting untuk dipergunakan untuk pengukuran pada proses pengeringan material, yang mempunyai fungsi dan alat yang bermacam-macam . Dan jika diperlukan hasil yang lebih baik, tentunya alat ukur tersebut harus mempunyai tingkat keakuratan yang tinggi pula. Walaupun kenyataannya bahwa apabila kebanyakan peralatan ukur yang semakin teliti atau presisi yang tinggi tak heran jika alat tersebut pasti akan semakin mahal. Dalam hal ini penulis mempergunakan berbagai macam alat ukur dan diantaranya adalah :

3.3.1. *Thermokopel atau thermometer.*

Termometer dalam hal ini berfungsi untuk mengukur tingkat suhu dalam rumah pengering maupun di udara luar atau lingkungan bebas. Alat ini senantiasa dipergunakan apabila material masih dalam keadaan pengeringan, agar jelas menghasilkan atau mengetahui panas yang masuk ke ruang pengering melalui kolektor.

Suhu minimum dalam termometer ini adalah 0°C (32°F) dan maksimum adalah 100°C (212°F).

3.3.2. *Timbangan.*

Untuk mengetahui tingkat berat material yang akan diteliti dari awal

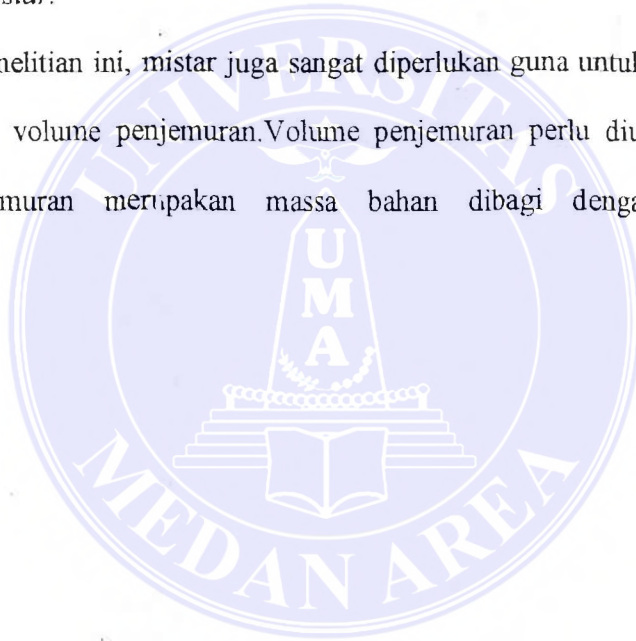
pengeringan hingga sampai pada akhir pengeringan adalah dengan adanya alat

alat ukur timbangan , yaitu dengann menimbang jam per jam sehingga diketahui kadar air yang berkurang dari material tersebut. Disamping itu, untuk mengetahui berapa banyak bahan bakar yang hendak dipergunakan (sekam kayu) juga dipergunakan timbangan.

Timbangan yang dipergunakan dalam hal ini adalah timbangan biasa yang bekerja dengan mekanik, dengan muatan maksimum ± 5 kg.

3.3.3. Rol atau Mistar.

Dalam penelitian ini, mistar juga sangat diperlukan guna untuk mengukur dimensi alat dan volume penjemuran. Volume penjemuran perlu diukur karena kerapatan penjemuran merupakan massa bahan dibagi dengan volume penjemuran.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan.

Setelah melakukan beberapa uji coba terhadap biji kopi melalui alat Solar Kolektor dan Biomassa dapat saya simpulkan beberapa kesimpulan :

1. Alat pengering Solar Kolektor mampu menurunkan kadar air biji kopi 39 % dari 1 kg dengan kerapatan jemuinya : $0,003125 \text{ kg/cm}^3$ atau $31,25 \text{ kg/m}^3$.
2. Alat pengering solar kolektor dan biomassa mampu mengeringkan biji kopi sekitar 10 – 15 jam. Denagn kerapatan Penjemuran yang disesuaikan.
3. Suhu Tertinggi Alat Pengering Ini yang pernah dicapai adalah 53°C Dan Suhu terendah 33°C . Itupun karena Bulan April Kondisi Cuaca tidak Stabil (Tidak Menentu). Dan Apabila Kondisi Cuaca Cerah Terus, Mungkin Bisa tercapai sampai 65°C .
4. Alat Pengering Biomarsanya juga sangat Cocok dipergunakan pada malam hari ataupun Pada Cuaca mendung.
5. Alat ini sangat Cocok Dipergunakan Oleh para petani Kecil, disamping Mudah untuk dioperasikan, Ekonomis dan menguntungkan.

5.2. Saran

Semoga Melalui penelitian ini Alat ini Dapat dikenal oleh Masyarakat luas terutama daerah penghasil pertanian secara khusus Penghasil Kopi. Dan Semoga Alat pengering ini lebih ditingkatkan oleh Adik-adik baru di Jurusan Mesin Universitas Medan Area agar semakin sempurna lah Alat ini dikemudian hari.

DAFTAR LITERATUR

1. *Teknologi Rekayasa Surya*, Arismunandar Wiranto ,Ted Jansen,Prof. Penerbit Pradnya Paramita Jakarta, 1995H.W.
2. *Perpindahan kalor*, Holman JP, Penerbit Erlangga, 1995
3. Mulato Sri, Hermansyah dan Buana L (1994). *Pengering tenaga matahari dengan penggerak photovoltaik untuk pengeringan biji kopi*. Pelita Perkebunan, IX (2). 47 - 55.
4. Mulato Sri, K. Granddeger, Soemarsono M & Siswantoro (1988). *Perancangan dan pengembangan pengering tenaga surya untuk pengolahan hasil perkebunan*. Prosiding Seminar hasil Penelitian Pasca Panen Pertanian II. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Jakarta, 17 - 18 Desember.
5. Nasution Amirsyam Ir,MT, "*Penelitian Pengeringan Gabah dengan Kolektor Surya*", Universitas Medan Area, 1997
6. Silaban Mawardi,Ir. Amin Sarmidi, Drs. Mulato Sri ,Ir,M.Sc, "*Pengujian Alat Pengering Energi Matahari Untuk Komoditas Pertanian Skala Pilot Plant*" , BPPT, IPTEKnet,2002.
7. Mulato Sri Ir,Msc, Amin .Sarmidi Drs, Wahyudi Teguh,Ir dan Oskari Atnawinata T.Pass & W. Muhlbauer."Pengembangan Pengering Tenaga Matahari Tipe Lorong Untuk Pengeringan Biji Kopi dan Kakao" BPPT,IPTEKnet,2002.
8. www.Amecco.com