



TUGAS AKHIR – ME 184834

STUDI PERANCANGAN PERANGKAT PENDINGIN SURYA (*SOLAR DRYER*) UNTUK PENDINGIN SAMPAH BASAH PADA KAPAL PEMBERSIH SAMPAH DI WADUK PLUIT JAKARTA

MARTHA EKA WIDJAYA

NRP. 04211540000034

DOSEN PEMBIMBING I

Ir. AGOES SANTOSO. M.Sc. M.Phil

DOSEN PEMBIMBING II

Ir. ALAM BAHERAMSIAH. M.Sc

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN

FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA

2019



TUGAS AKHIR – ME 184834

STUDI PERANCANGAN PERANGKAT PENDINGIN SURYA (*SOLAR DRYER*) UNTUK PENDINGIN SAMPAH BASAH PADA KAPAL PEMBERSIH SAMPAH DI WADUK PLUIT JAKARTA

MARTHA EKA WIDJAYA

NRP. 0421154000034

DOSEN PEMBIMBING I

Ir. AGOES SANTOSO. M.Sc. M.Phil

DOSEN PEMBIMBING II

Ir. ALAM BAHERAMSYAH. M.Sc

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN

FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA

2019



UNDERGRADUATE THESIS

***STUDY DESIGN OF SOLAR DRYER TO DRY WET GARBAGE ON TRASH
SKIMMER BOAT IN WADUK PLUIT JAKARTA***

MARTHA EKA WIDJAYA

NRP. 04211540000034

SUPERVISOR I

Ir. AGOES SANTOSO. M.Sc. M.Phil

SUPERVISOR II

Ir. ALAM BAHERAMSYAH. M.Sc

DEPARTMENT OF MARINE ENGINEERING

FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA

2019

LEMBAR PENGESAHAN

STUDI PERANCANGAN PERANGKAT PENDINGIN SURYA (*SOLAR DRYER*) UNTUK PENDINGIN SAMPAH BASAH PADA KAPAL-PEMBERSIH SAMPAH DI WADUK PLUIT JAKARTA

TUGAS AKHIR

Dijadikan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Pada

Bidang Studi *Marine Machinery and System* (MMS)
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember


Oleh :

Martha Eka Widjaya
NRP. 0421154000034


Tanggal Ujian : 24 Juli 2019

Disetujui oleh :
Pembimbing Tugas Akhir

Dosen Pembimbing I


Ir. Agoes Santoso, M.Sc., M.Phil.
NIP. 19680 9281 9910 2 1001

Dosen Pembimbing II


Ir. Alam Baharamsyah, M.Sc.
NIP. 19680 1291 9920 3 1001

LEMBAR PENGESAHAN

**STUDI PERANCANGAN PERANGKAT PENDINGIN SURYA (*SOLAR DRYER*) UNTUK PENDINGIN SAMPAH BASAH PADA KAPAL
PEMBERSIH SAMPAH DI WADUK PLUTT JAKARTA**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik**

Pada

**Bidang Studi *Marine Machinery and System (MMS)*
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Oleh :

**Martha Eka Widjaya
NRP. 04211540000034**

Tanggal Ujian : 24 Juli 2019

**Disetujui oleh :
Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan**



**Dr. Eng. M. Badrus Zaman, ST., MT
NIP. 19770 8022 0080 1 1007**

Seluruh tulisan yang tercantum pada Skripsi ini merupakan hasil karya penulis sendiri, dimana isi dan konten sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Penulis bersedia menanggung segala tuntutan dan konsekuensi jika di kemudian hari terdapat pihak yang merasa dirugikan, baik secara pribadi maupun hukum.

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh isi Skripsi ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh isi Skripsi dalam bentuk apa pun tanpa izin penulis.

ABSTRAK

Studi Perancangan Perangkat Pengering Surya (*Solar Dryer*) untuk Pengering Sampah Basah pada Kapal Pembersih Sampah di Waduk Pluit Jakarta

Nama Mahasiswa : Martha Eka Widjaya
NRP : 0421154000034
Departemen : Teknik Sistem Perkapalan
Dosen Pembimbing I : Ir. Agoes Santoso, M.Sc. M.Phill.
Dosen Pembimbing II : Ir. Alam Baheramsyah, M.Sc.

Permasalahan sampah di waduk pluit Jakarta Utara sebelumnya telah diatasi oleh dinas lingkungan hidup provinsi DKI Jakarta dengan mengambil tumpukan sampah pada perairan waduk menggunakan kapal pengangkut sampah berky jenis *weed harvester 6520*. Namun, sampah basah yang telah dikumpulkan dari perairan waduk oleh kapal menjadi masalah lagi ketika sampah ditumpuk di pinggiran waduk. Sampah basah dari waduk sengaja dibiarkan kering terlebih dahulu kemudian baru diangkut menggunakan truk, hal ini menjadi permasalahan lingkungan karena bau yang ditimbulkan. Tujuan penelitian ini yaitu peneliti tertarik untuk membuat rancangan modifikasi kapal berky dengan menambahkan pengering sampah berkonsep kolektor surya, agar sampah basah dari waduk pluit yang telah dikumpulkan oleh kapal berky dapat dikurangi kandungan airnya sebelum disalurkan ke daratan untuk dilakukan pengangkutan oleh truk. Desain penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan membuat prototipe alat pengering surya yang telah di desain oleh peneliti. Teknik pengambilan data dilakukan dengan cara melakukan pengujian terhadap alat pengering surya dengan mengamati temperatur yang dihasilkan dan membandingkan hasil pengeringan sampah dengan tanpa menggunakan alat pengering surya. Hasil analisis penelitian membuktikan bahwa protitipe alat pengering surya dapat menaikkan temperatur sebesar 21,3 °C dengan temperatur lingkungan sebesar 31 °C menjadi 52,3 °C di dalam kolektor, kemudian untuk hasil pengeringan sampah lebih cepat dibandingkan tidak menggunakan alat pengering surya dengan prosentase pengeringan 66% dibanding 26% untuk jenis kain dan 72% dibanding 47% untuk jenis sampah daun.

Kata Kunci : *kolektor surya, pengering tenaga surya, pengeringan, prototipe sampah basah, temperatur.*

(Halaman sengaja dikosongkan)

ABSTRACT

Study Design Of Solar Dryer To Dry Wet Garbage On Trash Skimmer Boat In Waduk Pluit Jakarta

Student Name : Martha Eka Widjaya
NRP : 0421154000034
Departement : Marine Engineering
Supervisor I : Ir. Agoes Santoso, M.Sc. M.Phill.
Supervisor II : Ir. Alam Baheramsyah, M.Sc.

The problem of garbage in waduk pluit Jakarta Utara has been handled by the DKI Jakarta provincial environmental office by taking a pile of rubbish in the waters of the reservoir using berky, a weed harvester 6520 type of trash skimmer boat. again when garbage is stacked inland. Wet garbage from the reservoir is deliberately left to dry first and then transported using a truck, this becomes an environmental problem due to odor caused. The purpose of this study is that researchers are interested in designing modified berky vessels by adding garbage dryer with the concept of solar collectors, so that wet garbage from the reservoir that has been collected by berky boats can be reduced by the water content before it is channeled to land for trucking. The design of this study uses an experimental method by making a prototype of a solar dryer that was designed by the researcher. The data collection technique is done by testing the solar dryer by observing the temperature produced and comparing the results of drying the garbage without using a solar dryer. The results of the research analysis prove that the prototype of the solar dryer can increase the temperature by 21.3 °C with an environmental temperature of 31 °C to 52.3 °C in the collector, then for the results of drying the garbage faster than not using a solar dryer with a percentage drying 66% compared to 26% for fabric types and 72% compared to 47% for leaf types.

Keywords : *Drying, prototype, Solar dryer, solar collector, , temperature, wet garbage*

(Halaman sengaja dikosongkan)

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada hadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul

“STUDI PERANCANGAN PERANGKAT PENERING SURYA (SOLAR DRYER) UNTUK PENERING SAMPAH BASAH PADA KAPAL PEMBERSIH SAMPAH DI WADUK PLUIT JAKARTA”

Yang merupakan salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan program S1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan ITS Surabaya.

Selama penulisan ini, penulis banyak mendapatkan bantuan baik berupa masukan maupun pembelajaran. Oleh karena itu, penulis ingin berterimakasih atas segala bentuk dukungan baik fisik maupun moril yang diberikan. Adapun pihak-pihak yang membantu dalam penyelesaian skripsi ini antara lain:

1. Bapak Dr. Eng. M. Badrus Zaman, S.T., M.T. selaku Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan ITS
2. Bapak Ir. Agoes Santoso, M.Sc., M.phil. selaku dosen pembimbing 1 yang selalu sabar dalam membimbing dan mengajari, serta memberikan arahan yang bermanfaat bagi penulis dalam menyelesaikan tugas akhir.
3. Bapak Ir. Alam Baheramsyah, M.Sc. selaku dosen pembimbing 2 yang telah memberikan kritik dan saran yang membangun dalam proses penyelesaian tugas akhir.
4. Seluruh dosen dan civitas akademika Departemen Teknik Sistem Perkapalan ITS atas bantuan selama masa perkuliahan.
5. Bapak, Ibu dan adik serta keluarga penulis yang terus memberikan dukungan tiada henti serta selalu mendoakan kesuksesan, kemudahan dan kelancaran penulis.
6. Arum Dyah Eka Ardiyanti yang menemani penulis saat proses penelitian ini berlangsung serta sahabat-sahabat penulis, Linggar Rhodam, Rendi Okta dan Fitri Ayu yang selalu memberikan semangat saat penelitian ini berlangsung.
7. Teman-teman Keluarga Mahasiswa Teknik Sistem Perkapalan ITS terkhusus Teknik Sistem Perkapalan angkatan 2015 (SALVAGE) yang telah memberikan banyak dukungan baik pengetahuan maupun moril.

8. Semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu-persatu atas segala sumbangsih ilmu pengetahuan dan pengalaman yang telah membantu proses penyusunan penelitian ini.

Penulis sangat mengharapkan adanya masukan untuk penyempurnaan tugas akhir ini. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat konstruktif sangat ditunggu oleh penulis demi pengembangan diri maupun pengembangan keilmuan dari tugas akhir ini. Besar harapan penulis semoga penelitian ini dapat bermanfaat bagi kegiatan pembelajaran di masa mendatang.

Surabaya, 30 Juli 2019

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK.....	v
ABSTRACT.....	vii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	3
1.5 Batasan Masalah.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI.....	5
2.1 Tinjauan Pustaka	5
2.2 Dasar Teori.....	5
2.2.1 Peninger Energi Surya (<i>Solar Dryer</i>).....	5
2.2.2 Keseimbangan Energi Pada Peninger Surya (<i>Solar Dryer</i>).....	7
2.2.3 Energi yang Dibutuhkan dalam Proses Peningeran.....	8
2.2.4 Penyimpan Panas.....	10
2.2.5 Perpindahan panas	11
2.2.6 Karakteristik Radiasi Permukaan yang Bertingkah laku Seperti Benda Hitam	17
2.2.7 Jenis Kolektor surya	18

BAB III METODOLOGI PENELITIAN	19
3.1 Desain Pengering Surya	19
3.2 Pembuatan Prototipe Pengering Surya (Solar dryer)	23
3.2.1 Alat yang digunakan.....	23
3.2.2 Tahap pembuatan.....	25
3.3 Pengujian Prototipe Pengering Surya (<i>Solar dryer</i>).....	27
3.3.1 Alat yang digunakan.....	28
3.3.2 Prosedur pengujian	29
3.4 Pengolahan Data.....	30
3.5 Analisis Data	30
3.6 Hasil dan Kesimpulan	31
3.7 Penyusunan laporan	31
3.8 Diagram Alir Penelitian	32
BAB IV PEMBAHASAN	35
4.1 Desain Alat Pengering Surya	35
4.1.1 Desain Termal (teoritis).....	38
4.1.2 Desain Termal Skala Prototipe	40
4.1.3 Desain Konstruksi Skala 1:4	41
4.2 Hasil Pengujian Alat Pengering Surya	44
4.2.1 Uji Temperatur yang Dihasilkan Alat Pengering Surya.....	44
4.2.2 Uji Pengeringan Sampah Dengan Kolektor dan Dijemur Langsung.....	48
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	53
5.1 Kesimpulan	53
5.2 Saran.....	53
DAFTAR PUSTAKA	55
LAMPIRAN.....	57

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Peningerang Surya Langsung	6
Gambar 2. 2 Peningerang Surya Tidak Langsung	7
Gambar 2. 3 Keseimbangan Energi pada Kolektor	8
Gambar 2. 4 Keseimbangan Massa dan Energi Proses Peningerangan	9
Gambar 3. 1 Kapal Pembersih Sampah Berky	20
Gambar 3. 2 Kapal Pembersih Sampah Milik Pemprov DKI Jakarta	21
Gambar 3. 3 Desain 2d Alat Peningerang Surya	22
Gambar 3. 4 Desain 3d Alat Peningerang Surya	22
Gambar 3. 5 Gunting Besi	23
Gambar 3. 6 Meteran	24
Gambar 3. 7 Gergaji.....	24
Gambar 3. 8 Mesin Bor.....	25
Gambar 3. 9 Rangka Prototipe.....	25
Gambar 3. 10 Pemasangan Galvalum.....	26
Gambar 3. 11 Rak Berlubang	26
Gambar 3. 12 Pemasangan Kaca	27
Gambar 3. 13 Anemometer.....	28
Gambar 3. 14 Timbangan Digital	28
Gambar 3. 15 Diagram Alir Penelitian	33
Gambar 4. 1 Desain 2d Alat Peningerang Surya	35
Gambar 4. 2 Desain 3d Alat Peningerang Surya	36
Gambar 4. 3 Ukuran Alat Peningerang Surya	37
Gambar 4. 4 Layout Peletakan Alat Peningerang Surya	38
Gambar 4. 5 Tampak Samping Prototipe Alat Peningerang Surya	42
Gambar 4. 6 Tampak Depan Prototipe Alat Peningerang Surya	42
Gambar 4. 7 Maket Drawing Alat Peningerang Surya	43
Gambar 4. 8 Waktu Peningerangan Dengan Kenaikan Temperatur Masuk.....	45
Gambar 4. 9 Waktu Peningerangan Dengan Kenaikan Temperatur Keluar.....	46
Gambar 4. 10 Perbandingan Waktu Peningerangan Dengan Kenaikan Temperatur ..	47
Gambar 4. 11 Perbandingan Peningerangan Sampah Jenis Kain	49
Gambar 4. 12 Perbandingan Peningerangan Sampah Jenis Daun	50

(Halaman sengaja dikosongkan)

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Tabel Pengujian	30
Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Temperatur Kolektor Surya.....	44
Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Pengeringan Sampah Dengan Kolektor Dan.....	48

(Halaman sengaja dikosongkan)

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Dokumentasi.....	57
Lampiran 2 Tabel hasil percobaan.....	59
Lampiran 3 Tentang penulis	62

(Halaman sengaja dikosongkan)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Sampah adalah sisa kegiatan sehari-hari manusia dan atau proses alam yang berbentuk padat (UU RI No. 18 tahun 2008). Sampah juga dapat didefinisikan sebagai buangan yang dihasilkan dari aktivitas manusia dan hewan berupa padatan, yang dibuang karena sudah tidak berguna atau tidak dibutuhkan lagi. Keberadaan sampah dapat menjadikan lahan pencaharian baru bagi sebagian orang, namun tidak menutup kemungkinan sampah dengan jumlah banyak menjadi masalah lingkungan dan kesehatan. Bagi masyarakat pedesaan mungkin adanya sampah belum terlalu berpengaruh terhadap kehidupan mereka karena dengan lahan yang masih luas, masyarakat mudah untuk mengelola sampah. Akan tetapi bagi masyarakat yang tinggal di perkotaan adanya sampah menjadi masalah yang tidak mudah untuk dipecahkan. Sampah di perkotaan telah menjadi perhatian bagi pemerintah pada khususnya serta pihak swasta dan masyarakat pada umumnya.

Adanya timbunan sampah akan menyebabkan berbagai dampak negatif seperti timbulnya berbagai penyakit, saluran air yang tersumbat, pencemaran air dan tanah, dan sebagainya. Hal tersebut terjadi di waduk pluit Jakarta Utara. Adanya tumpukan sampah di waduk pluit menjadikan permasalahan lingkungan yang menyebabkan bau dan pencemaran perairan, oleh karena itu diperlukan solusi untuk mengambil penumpukan sampah di perairan waduk pluit Jakarta Utara.

Dinas lingkungan hidup provinsi DKI Jakarta sebelumnya telah melakukan solusi untuk mengambil penumpukan sampah di perairan waduk pluit Jakarta Utara, salah satunya dengan menggunakan kapal pengangkut sampah jenis *weed harvester* 6520, kapal ini sengaja di beli untuk menyelesaikan permasalahan sampah di waduk pluit Jakarta Utara. Namun, sampah basah yang telah dikumpulkan dari perairan waduk oleh kapal berky menjadi masalah lagi ketika sampah ditumpuk di pinggir waduk. Sampah basah dari waduk sengaja dibiarkan kering terlebih dahulu kemudian baru diangkut menggunakan truk, hal ini menjadi permasalahan lingkungan karena bau yang ditimbulkan.

Dari permasalahan tersebut maka peneliti tertarik untuk membuat rancangan modifikasi kapal berky dengan pengering sampah berkonsep kolektor surya, agar sampah basah dari waduk pluit yang telah dikumpulkan oleh kapal berky dapat mengering sebelum disalurkan ke daratan untuk dilakukan pengangkutan truk.

Pengering energi surya (*solar dryer*) digunakan untuk mengoptimalkan penggunaan sinar matahari dalam proses pengeringan, dengan mengkonversi sinar matahari menjadi energi panas yang dilakukan menggunakan suatu alat pengumpul/kolektor panas. Pengering energi surya ini sangat bermanfaat dalam proses pengeringan hasil-hasil pertanian, tangkapan laut, pengeringan kayu dan untuk berbagai pengeringan lainnya khususnya pada penelitian ini yaitu sampah basah. Pemenuhan standar hasil pengeringan untuk kondisi kering yang dibutuhkan juga merupakan bagian yang dapat dicapai dengan alat pengering surya.

1.2 Rumusan Masalah

Mengacu pada latar belakang yang telah dijelaskan pada bagian sebelumnya, maka permasalahan dari tugas akhir ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana desain perangkat pengering surya (*solar dryer*) pada kapal pembersih sampah di waduk pluit Jakarta ?
2. Berapa temperatur yang dihasilkan oleh perangkat pengering surya (*solar dryer*) setiap jam nya dalam jangka waktu pengambilan data penelitian ?
3. Bagaimana perbandingan hasil pengeringan sampah menggunakan perangkat pengering surya (*solar dryer*) dengan pengeringan secara langsung, dalam jangka waktu pengambilan data penelitian?

1.3 Tujuan

Dari perumusan masalah diatas maka tujuan yang ingin dicapai yaitu :

1. Mengetahui desain perangkat pengering surya (*solar dryer*) pada kapal pembersih sampah di waduk pluit Jakarta.
2. Mengetahui temperatur yang dihasilkan oleh perangkat pengering surya (*solar dryer*) setiap jam dalam jangka waktu pengambilan data penelitian.

3. Mengetahui perbandingan hasil pengeringan sampah menggunakan perangkat pengering surya (*solar dryer*) dengan pengeringan secara langsung, dalam jangka waktu pengambilan data penelitian.

1.4 Manfaat

Adapun beberapa manfaat yang dapat diambil dari tugas akhir ini yaitu :

1. Memberikan informasi desain perangkat pengering surya (*solar dryer*) pada kapal pembersih sampah di waduk pluit Jakarta.
2. Terciptanya kapal pembersih sampah dengan sistem pengeringan sampah yang memanfaatkan energi surya.

1.5 Batasan Masalah

Berikut merupakan batasan dari penelitian ini adalah :

1. Penggunaan perangkat pengering surya (*solar dryer*) pada kondisi terik atau tidak hujan.
2. Pengambilan data penelitian dilakukan pada pukul 9.00 WIB - 13.00 WIB.
3. Objek penelitian menggunakan prototype dengan skala 1 : 4

(Halaman sengaja dikosongkan)

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

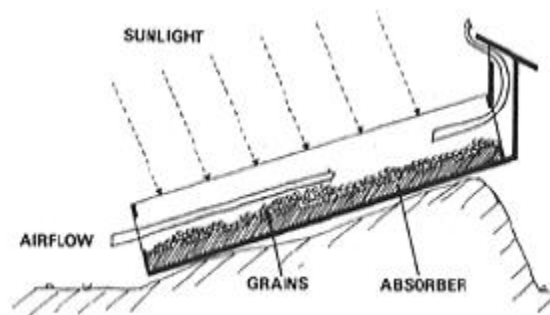
Penelitian Tugas Akhir ini dilakukan dengan memanfaatkan berbagai pengalaman penelitian dalam bidang serupa yang telah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya. Penelitian terdahulu yang telah dilakukan adalah membuat kolektor surya dengan buah pisang sebagai objek pengeringannya. Proses penelitian diawali dengan pembuatan konstruksi kolektor surya meliputi *absorber*, kaca penutup dan dudukan kolektor surya. Kemudian untuk pengujiannya menggunakan objek pisang kupas yang dikeringkan menggunakan kolektor surya yang telah dibuat dengan dilakukan penjemuran secara langsung untuk menghitung tingkat kekeringannya (Afrizal, 2008). Sedangkan penelitian yang serupa lainnya adalah mengeringkan kopi dengan menggunakan pengering surya tipe kolektor tabung vakum, dengan mengamati variabel penelitian yaitu temperatur, kelembapan, lama pengeringan, berat, kecepatan aliran udara dan intensitas radiasi terhadap biji kopi sebagai objeknya (Dina, 2018).

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Pengering Energi Surya (*Solar Dryer*)

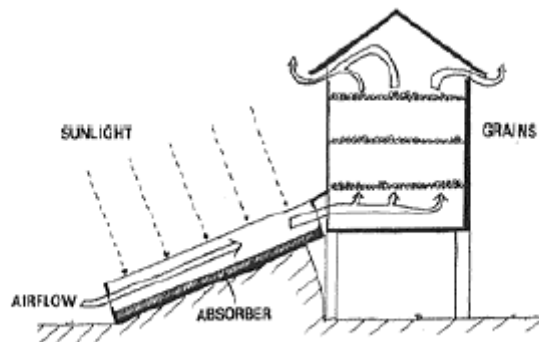
Pengering energi surya (*solar dryer*) digunakan untuk mengoptimalkan penggunaan sinar matahari dalam proses pengeringan, dengan mengkonversi sinar matahari menjadi energi panas yang dilakukan menggunakan suatu alat pengumpul/kolektor panas. Pengering energi surya ini sangat bermanfaat dalam proses pengeringan hasil-hasil pertanian, tangkapan laut, pengeringan kayu dan untuk berbagai pengeringan lainnya yang dapat menghemat penggunaan energi tak terbarukan. Pemenuhan standar hasil pengeringan untuk kondisi kering yang dibutuhkan juga merupakan bagian yang dapat dicapai dengan alat pengering surya. Penggunaan rak bertingkat pada pengering surya jenis pemanasan langsung bertujuan memaksimalkan

pemanfaatan udara panas dan pemakaian ruang pengering, sehingga alat pengering menjadi lebih kompak dan efisien dalam penerimaan udara panas. Pemanfaatan penyimpanan panas berubah fasa pada pengering surya ini akan menjaga panas lebih merata ke seluruh bahan dan penurunan temperatur tidak terjadi secara drastis pada saat intensitas cahaya matahari yang berkurang. Pemanas udara surya adalah alat yang dapat mengkonversikan energi radiasi matahari ke dalam energi kalor sehingga akan meningkatkan entalpi udara. Alat ini pada umumnya sangat sederhana. Alat ini biasanya disebut kolektor/pengumpul, umumnya terdiri dari sebuah pelat penyerap/ *absorber* yang berfungsi untuk mengkonversi energi, sebuah saluran udara dan sebuah penutup bagian atas dapat ditambahkan jika diperlukan. Saat udara mengalir masuk ke dalam saluran udara, panas dipindahkan dari udara ke absorber, sehingga temperatur udara bertambah atau dengan kata lain diperoleh udara panas (Azridjal, 2004). Pemanas udara surya dapat dikelompokkan atas : pemanas surya langsung/*direct solar dryer* (pasif), dan pemanas surya tidak langsung/ *indirect solar dryer* (aktif) atau kombinasi keduanya (Zainuddin, 1990). Pemanas surya langsung (pasif), di mana radiasi yang matahari diserap secara langsung oleh produk dan lingkungan sekitar. Bentuk sederhana dari pengering ini terdiri dari sebuah kotak berisi produk dengan suatu tutup transparan pada kemiringan tertentu, dan lubang ventilasi untuk tempat masuknya udara segar dan keluarnya udara yang lembab. Radiasi surya yang menimpa kotak dengan tutup transparan akan memanaskan produk, atau permukaan gelap di dalam lemari pengering, dan menyebabkan uap air keluar dari bahan yang sedang di keringkan. Sistem seperti ini mirip dengan suatu rumah kaca dimana plastik atau kaca transparan menutup rangka rumah kaca.



Gambar 2. 1 Pengering Surya Langsung

Pemanas tidak langsung di mana radiasi matahari digunakan untuk memanaskan udara yang kemudian dialirkan ke ruang pengering /aktif. Pengering surya ini menggunakan suatu kolektor udara surya terpisah, terdiri dari suatu plat logam yang berwarna gelap di (dalam) suatu kotak dengan tutup kaca transparan (gambar 2.2).



Gambar 2. 2 Pengering Surya Tidak Langsung

2.2.2 Keseimbangan Energi Pada Pengering Surya (*Solar Dryer*)

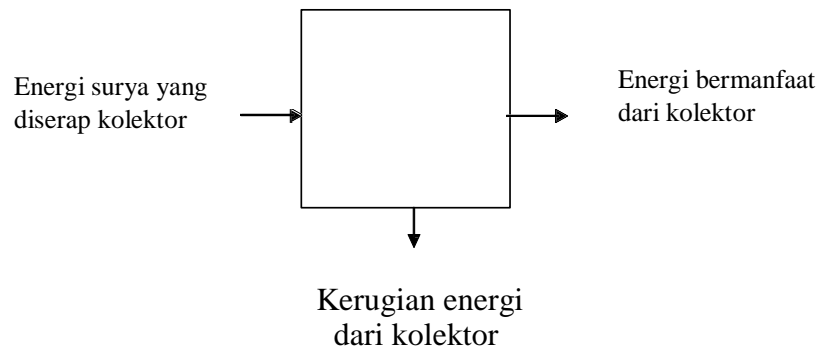
Energi yang diserap oleh kolektor (Q_A) adalah :

$$Q_A = GA(\tau + \alpha) \quad (2.1)$$

Dimana Q_A adalah besar energi yang diserap (kW), G adalah radiasi surya total (kW/m²), A adalah luas kolektor surya (m²), τ adalah faktor *transmission* dari penutup, α adalah faktor *absorptance* dari pelat penyerap kolektor. Energi yang hilang/kerugian energi dari kolektor (Q_L) adalah

$$Q_L = UA(T_p - T_a) \quad (2.2)$$

Dimana Q_L adalah kerugian energi dari kolektor (kW), U adalah nilai koefisien perpindahan kalor keseluruhan dari kolektor (kW/m²K), A adalah luas kolektor surya (m²), T_p adalah temperatur pelat penyerap kolektor (K), dan T_a adalah temperatur udara sekitar (K). Keseimbangan energi pada kolektor, seperti tampak pada gambar 2.3.



Gambar 2. 3 Keseimbangan Energi pada Kolektor

Energi berguna yang diperoleh dari kolektor (Q_s) adalah sebesar :

$$Q_s = GA(\tau + \beta) - UA(T_p - T_a) \quad (2.3)$$

Energi yang diterima oleh kolektor dengan intensitas radiasi (E_{glob}) dan luas kolektor (Ak) ialah :

$$Q_{in} = E_{glob} \cdot Ak \quad (2.4)$$

Efisiensi kolektor ditentukan dari besarnya energi yang diserap oleh kolektor (Q_{in}) terhadap, besarnya energi yang dapat dimanfaatkan (Q_s).

$$\eta_a = \frac{Q_s}{Q_{in}} \quad (2.5)$$

Proses pengeringan merupakan cara untuk mengeluarkan kandungan air dalam bahan sampai pada harga tertentu dengan menggunakan kalor. Pada proses pengeringan terjadi dua proses secara bersamaan yaitu proses perpindahan energi dalam kalor/panas dari lingkungan untuk menguapkan kandungan air dari bahan dan perpindahan massa air di dalam bahan ke permukaan sebagai akibat proses penguapan dari kalor/panas yang dipindahkan. dan perpindahan massa secara bersamaan. Pada proses pengeringan terjadi perpindahan massa air secara termal untuk memperoleh produk yang kering (kandungan air rendah).

2.2.3 Energi yang Dibutuhkan dalam Proses Pengeringan

Besarnya energi yang dibutuhkan dalam proses pengeringan sangat dipengaruhi oleh kadar air awal bahan yang akan dikeringkan, kadar air akhir

yang diinginkan, dan jumlah massa bahan yang akan dikeringkan. Rumusan energi pengeringan yang dibutuhkan secara umum ditentukan dari analisa termodinamika proses pengeringan tersebut, penentuan kebutuhan energi pengeringan dalam uraian berikut dapat digunakan (Fachrizal, et al, 1994). Keseimbangan energi pada proses pengeringan digambarkan pada gambar 2.4. Dari gambar 2.4 dapat dihitung keseimbangan energi dan massa proses pengeringan yaitu :

$$m_1 h_1 + m_w h_w = m_2 h_2 + Q \quad (2.6)$$

dimana :

1 = kondisi masuk sistem

2 = kondisi keluar sistem

m = massa udara (kg udara kering/jam)

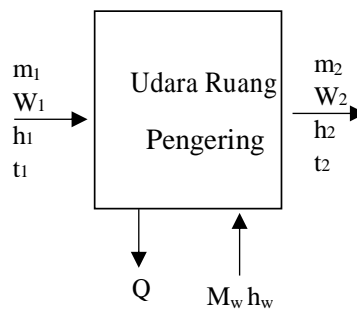
W = kelembaban mutlak (kg/kg udara kering)

h = entalpi udara (kJ/kg)

m_w = massa air yang dikeluarkan dari bahan yang dikeringkan(kg/jam)

h_w = entalpi penguapan air (kJ/kg)

Q = kalor untuk pengeringan (kJ/jam)



Gambar 2. 4 Keseimbangan Massa dan Energi Proses Pengeringan

$$m_1 W_1 + m_w = m_2 W_2 \quad ; m_1 = m_2 = m \quad (2.7)$$

$$m_w = m(W_2 - W_1) \quad (2.8)$$

Besarnya energi total (Q_T) pada proses pengeringan sangat tergantung pada kadar air bahan, kadar air akhir yang diinginkan, massa bahan yang akan dikering dan energi yang digunakan menaikkan temperatur bahan (Q_k), energi untuk menaikkan temperatur air di dalam bahan (Q_m), energi untuk menguapkan kandungan air dalam bahan (Q_e), dan energi untuk menaikkan temperatur uap air (Q_v).

$$Q_T = Q_k + Q_m + Q_e + Q_v \quad (2.9)$$

2.2.4 Penyimpan Panas

Penyimpan panas berfungsi untuk memberikan panas tambahan jika energi yang dibutuhkan dalam ruang pengering berkurang. Beberapa hal yang harus dipertimbangkan pada waktu memilih, merencanakan dan mengoperasikan sistem penyimpanan energi adalah kapasitas panas yang besar, kerapatan penyimpanan energi (kJ/m^3), ekonomis dan murah serta memperhitungkan efisiensi termal. Persamaan umum penyimpan energi sesuai dengan jumlah panas yang diserap adalah :

$$\frac{m_s \cdot \Delta i}{A_c} = 4400 \text{ sampai } 6600 \frac{\text{kJ}}{\text{m}^2} \quad (2.10)$$

$$\Delta i = C_{pl}(T_o - T_m) + i_{sl} = C_{pl}(T_m - T_{\min})$$

Batu adalah penyimpan panas sensibel yang hanya mengalami kenaikan temperatur seiring bertambahnya jumlah panas yang disimpan. Penggunaan batu sebagai penyimpan panas sensibel lebih praktis dan murah dibandingkan dengan media penyimpanan panas yang berubah fasa (penyimpan panas laten). Besarnya panas sensibel yang diperlukan untuk menaikkan temperatur batu tiap satuan massa sebesar satu derajat disebut kapasitas panas batu yaitu :

$$C = dq/m \cdot dt \quad (2.11)$$

Untuk penyimpan panas laten yaitu penyimpanan yang terjadi pada bahan/zat yang saat berlangsungnya perubahan fasa zat, yaitu dari padat ke cair atau dari cair ke padat. Persamaan untuk panas laten adalah :

$$Q = mL \quad (2.12)$$

Q adalah jumlah energi yang dilepaskan atau diserap selama terjadinya perubahan fasa zat (joule), massa zat (m), dan L merupakan panas laten spesifik dari partikel zat tersebut (J kg^{-1}).

2.2.5 Perpindahan panas

Perpindahan panas (*heat transfer*) ialah ilmu untuk meramalkan perpindahan energi yang terjadi karena adanya perbedaan suhu di antara benda atau material. Dari termodinamika telah kita ketahui bahwa energi yang pindah itu dinamakan kalor atau panas (*heat*). Ilmu perpindahan kalor tidak hanya mencoba menjelaskan bagaimana energi kalor itu berpindah dari suatu benda ke benda lain, tetapi juga dapat meramalkan laju perpindahan yang terjadi pada kondisi-kondisi tertentu. Kenyataan di sini yang menjadi sasaran analisis ialah masalah laju perpindahan, inilah yang membedakan ilmu perpindahan kalor dari ilmu termodinamika. Termodinamika membahas sistem dalam keseimbangan, ilmu ini dapat digunakan untuk meramal energi yang diperlukan untuk mengubah sistem dari suatu keadaan seimbang ke keadaan seimbang lain, tetapi tidak dapat meramalkan kecepatan perpindahan itu. Hal ini disebabkan karena pada waktu proses perpindahan itu berlangsung, sistem tidak berada dalam keadaan seimbang. Ilmu perpindahan kalor melengkapi hukum pertama dan kedua termodinamika, yaitu dengan memberikan beberapa kaidah percobaan yang dapat dimanfaatkan untuk menentukan perpindahan energi. Sebagaimana juga dalam ilmu 7 termodinamika, kaidah-kaidah percobaan yang digunakan dalam masalah perpindahan kalor cukup sederhana, dan dapat dengan mudah dikembangkan sehingga mencakup berbagai ragam situasi praktis. (Holman, 1983)

a. Perpindahan Panas Konduksi

Perpindahan panas konduksi adalah perpindahan tenaga sebagai kalor melalui sebuah proses medium stasioner, seperti tembaga, air, atau udara. Di dalam benda-benda padat maka perpindahan tenaga timbul karena atom-atom pada temperatur yang lebih tinggi bergetar dengan lebih bergairah, sehingga atom-atom tersebut dapat memindahkan tenaga kepada atom-atom yang lebih lesu yang berada di dekatnya dengan kerja mikroskopik, yakni kalor. Di dalam logam-logam, elektron-elektron

bebas juga membuat kontribusi kepada proses hantaran kalor. Di dalam sebuah cairan atau gas, molekul-molekul juga giat (mudah bergerak), dan tenaga juga dihantar oleh tumbukan-tumbukan molekul. (Reynold dan Perkins, 1983) Perpindahan kalor konduksi satu dimensi melalui padatan diatur oleh hukum Fourier, yang dalam bentuk satu dimensi dapat dinyatakan sebagai :

$$q = -kA \frac{dT}{dx} \quad (2.13)$$

dimana:

q = Kalor konduksi (W/m²)

k = Konduktivitas termal (W/m.K)

dT = Perbedaan temperatur (K)

dx = Ketebalan lempengan (m)

Perbedaan suhu yang dihasilkan dari difusi steady-state panas dengan demikian berkaitan dengan konduktivitas termal dari material, luas penampang A, dan panjang jalur L, menjadi,

$$(T_1 - T_2)cd = q \frac{L}{kA} \quad (2.14)$$

Bentuk persamaan (2.14), dimana k dan A diduga konstan, menunjukkan bahwa dengan cara yang analog dengan hukum Ohm mengatur aliran arus listrik melalui hambatan, adalah mungkin untuk menentukan hambatan konduktivitas termal.

$$R_{cd} = \frac{T_1 - T_2}{kA} \quad (2.15)$$

Persamaan (2.13) merupakan persamaan dasar tentang konduktivitas termal. Berdasarkan rumusan itu maka dapatlah dilaksanakan pengukuran dalam percobaan untuk menentukan konduktivitas termal berbagai bahan. Untuk gas-gas pada suhu agak rendah, pengolahan

analitis teori kinetik gas dapat dipergunakan untuk meramalkan secara teliti nilai-nilai yang diamati dalam percobaan. (Bejan dan Kraus, 1948)

Mekanisme konduksi termal pada gas cukup sederhana. Energi kinetik molekul ditunjukkan oleh suhunya, jadi pada bagian bersuhu tinggi molekul-molekul mempunyai kecepatan yang lebih tinggi daripada yang berada pada bagian bersuhu rendah. Molekul-molekul itu selalu berada dalam gerakan rambang atau acak, saling bertumbukkan satu sama lain, di mana terjadi pertukaran energi dan momentum. Jika suatu molekul bergerak dari daerah bersuhu tinggi ke daerah bersuhu rendah, maka molekul itu mengangkut energi kinetik ke bagian sistem yang suhunya lebih rendah, dan di sini menyerahkan energinya pada waktu bertumbukkan dengan molekul yang energinya lebih rendah. Jika aliran kalor dinyatakan dalam watt, satuan untuk konduktivitas termal itu ialah watt per meter per derajat Celsius. Nilai konduktivitas termal itu menunjukkan berapa cepat kalor mengalir dalam bahan tertentu. Energi termal dihantarkan dalam zat padat menurut salah satu dari dua modus berikut : melalui getaran kisi (*lattice vibration*) atau dengan angkutan melalui elektron bebas. Dalam konduktor listrik yang baik, dimana terdapat elektron bebas yang bergerak di dalam struktur kisi bahan-bahan, maka elektron, di samping dapat mengangkut muatan listrik, dapat pula membawa energi termal dari daerah bersuhu tinggi ke daerah bersuhu rendah, sebagaimana halnya dalam gas. Energi dapat pula berpindah sebagai energi getaran dalam struktur kisi bahan. Namun, pada umumnya perpindahan energi melalui getaran ini tidaklah sebanyak dengan cara angkutan elektron. Karena itu penghantar listrik yang baik selalu merupakan penghantar kalor yang baik pula, seperti halnya tembaga, aluminium dan perak. Sebaliknya isolator listrik yang baik merupakan isolator kalor. (Holman,1983) Nilai konduktivitas thermal suatu bahan menunjukkan laju perpindahan panas yang mengalir dalam suatu bahan.

Konduktivitas thermal kebanyakan bahan 10 merupakan fungsi suhu, dan bertambah sedikit kalau suhu naik, akan tetapi variasinya kecil dan sering kali diabaikan. Jika nilai konduktivitas thermal suatu bahan makin besar, maka makin besar juga panas yang mengalir melalui benda tersebut. Karena itu, bahan yang harga k-nya besar adalah penghantar panas yang baik, sedangkan bila k-nya kecil bahan itu kurang menghantar atau merupakan isolator.

$$E_b = \sigma T^4 \quad (2.16)$$

$$\begin{aligned} \sigma &= 5,669 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4 \\ &= 0,1714 \times 10^{-8} \text{ Btu / (h kaki}^2 \cdot \text{R}^4) \end{aligned} \quad (2.17)$$

Oleh karena itu benda nyata tidak berwarna “hitam”, benda tersebut memancarkan energi yang lebih sedikit dibandingkan dengan suatu benda hitam pada suhu yang sama. Perbandingan antara daya pancar nyata terhadap daya pancar benda hitam dinyatakan dengan emisivitas ϵ , di mana

$$\epsilon = \frac{E}{E_b} \quad (2.18)$$

Dengan

E = Daya pancar benda nyata

E_b = Daya pancar benda hitam

Pada banyak bahan, emisivitas dan absorbtivitas dapat dianggap sama. Bahan ini dikelompokkan ke dalam benda kelabu (*gray bodies*), dan

$$\epsilon = \alpha \quad (2.19)$$

Ciri khas pertukaran enegi radiasi yang penting lagi adalah sifatnya yang menyebar secara merata ke segala arah. Karena itu hubungan geometric antara kedua permukaan akan mempengaruhi pertukaran energi

radiasinya. Hubungan geometri dapat diterangkan dan dihitung dengan memperhatikan faktor bentuk FA. (Reynold dan Perkins, 1983)

b. Perpindahan Panas Radiasi

Perpindahan panas radiasi adalah perpindahan tenaga oleh penjalaran (rambatan) foton yang tak terorganisir. Setiap benda yang terus memancarkan foton-foton secara serampangan di dalam arah dan waktu, dan tenaga netto yang dipindahkan oleh foton-foton ini diperhitungkan sebagai kalor. Bila foton-foton ini berada di dalam jangkauan panjang gelombang 0,38 sampai 0,76 μm , maka foton-foton tersebut mempengaruhi mata kita sebagai sinar cahaya yang tampak (dapat dilihat). Bertentangan dengan itu, maka setiap tenaga foton yang terorganisir, seperti transmisi radio, dapat diidentifikasi secara mikroskopik dan tak dipandang sebagai kalor. (Reynold dan Perkins, 1983) Bila foton-foton yang diradiasikan mencapai permukaan lain, maka foton-foton tersebut baik diserap, direfleksikan, maupun diteruskan melalui permukaan tersebut. Tiga sifat-sifat permukaan yang mengukur kuantitas kuantitas ini adalah:

- α absorptivitas, bagian radiasi yang masuk yang diserap
- ρ reflektivitas, bagian radiasi yang masuk yang direfleksikan
- τ transmittivitas, bagian radiasi yang masuk yang ditransmisikan

Tenaga yang direfleksikan tersebut dapat merupakan difusi (*diffuse*), dimana refleksi tak bergantung dari sudut radiasi yang masuk, maupun merupakan spekular (*specular*), di mana sudut refleksi menyamai sudut masuk. Kebanyakan permukaan teknik menunjukkan kombinasi kedua jenis refleksi tersebut. Fluks radiasi tenaga [$\text{Btu}/(\text{h.kaki}^2)$] dari sebuah permukaan didefinisikan sebagai daya pancar (*emissive power*) E . Pertimbangan termodinamika memperlihatkan bahwa E adalah sebanding dengan pangkat 4 dari temperature absolute. Untuk sebuah benda dengan $\alpha = 1$, $\rho = \tau = 0$ (sebuah benda hitam), untuk perbedaan temperatur, persamaan (2.20) dapat ditulis dalam bentuk :

$$q_r = h_r S (T_1 - T_2) \quad (2.20)$$

di mana q_r ($W/m^2 \cdot K$) adalah koefisien perpindahan panas radiasi. (Bejan dan Kraus, 1948)

c. Perpindahan Kalor Konveksi

Bila sebuah fluida lewat di atas sebuah permukaan padat panas, maka tenaga dipindahkan kepada fluida dari dinding oleh panas hantaran. Tenaga ini kemudian diangkut atau dikonveksikan (*convected*), ke hilir oleh fluida, dan didifusikan melalui fluida oleh hantaran di dalam fluida tersebut. Jenis proses perpindahan tenaga ini dinamakan perpindahan tenaga konveksi (*convection heat transfer*). (Stoecker dan Jones, 1982) Jika proses aliran fluida tersebut diinduksikan oleh sebuah pompa atau sistem pengedar (*circulating system*) yang lain, maka digunakan istilah konveksi yang dipaksakan (*forced convection*). Bertentangan dengan itu, jika aliran fluida timbul karena daya apung fluida yang disebabkan oleh pemanasan, maka proses tersebut dinamakan konveksi bebas atau konveksi alami. Persamaan dasar untuk menghitung laju perpindahan panas konveksi yaitu :

$$q = hA (T_w - T_f) \quad (2.21)$$

Dimana :

q = Laju perpindahan panas (W)

h = Koefisien perpindahan panas konveksi ($W/m^2 \cdot K$)

A = Luas Penampang (m^2)

T_w = Temperatur Dinding ($^{\circ}C$)

T_f = Temperatur Fluida ($^{\circ}C$)

Banyak parameter yang mempengaruhi perpindahan kalor konveksi di dalam sebuah geometri khusus. Parameter-parameter ini termasuk skala panjang sistem (L), konduktivitas termal fluida (k), biasanya kecepatan fluida (V), kerapatan (ρ), viskositas (μ), panas jenis (C_p), dan kadang-

kadang faktor lain yang berhubungan dengan cara-cara pemanasan (temperatur dinding uniform atau temperatur dinding berubah-ubah). Fluks kalor dari permukaan padat akan bergantung juga pada temperatur permukaan (T_s) dan temperatur fluida (T_f), tetapi biasanya dianggap bahwa ($\Delta T = T_s - T_f$) yang penting. Akan tetapi, jika sifat-sifat fluida berubah dengan nyata pada daerah pengkonveksi (*convection region*), maka temperatur-temperatur absolute T_s dan T_f dapat juga merupakan faktor-faktor penting didalam korelasi. Jelaslah bahwa dengan sedemikian banyak variable-variabel penting, maka korelasi spesifik akan sulit dipakai, dan sebagai konsekuensinya maka korelasi-korelasi biasanya disajikan dalam pengelompokkan-pengelompokkan tak berdimensi (*dimensionless groupings*) yang mengizinkan representasi-representasi yang jauh lebih sederhana. Juga faktor-faktor dengan pengaruh yang kurang penting, seperti variasi sifat fluida dan distribusi temperatur dinding, seringkali diabaikan untuk menyederhanakan korelasi-korelasi tersebut. (Stoecker dan Jones, 1982)

2.2.6 Karakteristik Radiasi Permukaan yang Bertingkah laku Seperti Benda Hitam

Nilai emisivitas dari suatu materi sangat tergantung kepada sifat atau ciri khas dari permukaan material tersebut yang dipengaruhi oleh proses *manuvacturing*, perlakuan panas, serta reaksi kimia dengan lingkungan sekitarnya. Sifat dari permukaan radiasi (emisivitas) didefinisikan sebagai perbandingan radiasi yang dihasilkan oleh permukaan terhadap radiasi yang dihasilkan oleh permukaan benda hitam pada temperatur yang sama. Emisivitas mempunyai nilai yang berbeda tergantung kepada panjang gelombang dan arahnya. Nilai emisivitas bervariasi dari 0 sampai dengan 1, dimana benda hitam mempunyai nilai emisivitas 1.

2.2.7 Jenis Kolektor surya

a. Kolektor Surya Pelat Datar

Kolektor Surya Pelat Datar merupakan sebuah media yang digunakan untuk memanaskan fluida kerja yang mengalir dengan mengkonversikan energi radiasi matahari menjadi panas. Fluida yang dipanaskan berupa cairan minyak, oli, dan udara kolektor surya plat datar mempunyai temperatur keluaran dibawah 95°C . Dalam aplikasinya kolektor plat datar digunakan untuk memanaskan udara dan air (Goswami, 1999).

b. Concentrating Collectors

Kolektor jenis ini diaplikasikan pada temperatur $100^{\circ}\text{--}400^{\circ}\text{C}$ dan mampu memfokuskan energi radiasi cahaya matahari pada suatu receiver, sehingga dapat meningkatkan kuantitas energi panas yang diserap oleh absorber. Spesifikasi jenis ini dapat dikenali dari adanya komponen konsentrator yang terbuat dari material dengan transmisivitas tinggi. Berdasarkan komponen absorber-nya jenis ini dikelompokkan menjadi dua jenis yaitu Line Focus dan Point Focus. Agar cahaya matahari selalu dapat difokuskan terhadap tabung absorber, concentrator harus dirotasi. Pergerakan ini disebut dengan tracking. Temperatur fluida melebihi 400°C dapat dicapai pada sistem kolektor ini.

c. Kolektor Surya Jenis Evacuated Receiver

Pada kolektor surya jenis ini dirancang untuk menghasilkan energi panas yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan kolektor pelat datar maupun kolektor konsentrik. Keistimewaannya terletak pada efisiensi transfer panasnya yang tinggi tetapi faktor kehilangan panasnya yang relatif rendah. Kolektor surya jenis *evacuated receiver* fluida yang terjebak diantara absorber dan cover-nya dikondisikan dalam keadaan vakum, sehingga mampu meminimalisasi kehilangan panas yang terjadi secara konveksi dari permukaan luar absorber menuju lingkungan

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Dalam bab ini akan dijelaskan beberapa tahapan penelitian, dimulai dengan mendesain perangkat pengering surya hingga prosedur pengujiannya

3.1 Desain Pengering Surya

Data yang diperoleh dari studi literatur digunakan sebagai dasar pembuatan desain pengering surya (*solar dryer*) pada kapal pembersih sampah. Kemudian dilakukan perencanaan pembuatan pengering surya (*solar dryer*) dengan terlebih dahulu mempertimbangkan parameter sebagai berikut yaitu :

1. Desain termal, meliputi :
 - a. Keseimbangan energi pada pengering surya (*solar dryer*)
 - b. Panas yang berguna pada pengering surya (*solar dryer*)
 - c. Luas pengering surya (*solar dryer*) yang dibutuhkan
 - d. Panas yang diserap pengering surya (*solar dryer*)
 - e. Kerugian panas dari pengering surya (*solar dryer*) ke lingkungan
2. Desain konstruksi, meliputi :
 - a. Perencanaan komponen dasar pengering surya (*solar dryer*)
 - b. Pemilihan bahan pengering surya (*solar dryer*)
 - c. Dimensi pengering surya (*solar dryer*)
 - d. Desain 3d pengering surya (*solar dryer*)

Dalam mendesain modifikasi kapal pembersih sampah di waduk pluit Jakarta Utara, peneliti mengamati terlebih dahulu objek kapal yang akan dimodifikasi untuk ditambahkan alat pengering surya, supaya penambahan dan penempatan alat pengering surya ini bagus secara fungsi dan estetika ketika dipasang di kapal pembersih sampah di waduk pluit Jakarta Utara. Untuk objek kapal penelitian memilih kapal berky dengan informasi dan *technical data* sebagai berikut :



Gambar 3. 1 Kapal Pembersih Sampah Berky

Kapal pembersih sampah berky merupakan kapal pemanen gulma air untuk memotong dan memanen gulma air (seperti Algae, Pondweed, Watermilfoil, Hydrilla, Eceng gondok Air (Eichhornia), dan juga sampah, puing-puing serta kayu di saluran kecil, sungai dan danau. Memiliki sistem yang efektif, memotong dan mengumpulkan sampah atau gulma dalam satu proses. Kapal berky ini dioperasikan oleh satu orang dengan visibilitas yang sangat baik selama beroperasi dan saat membongkar muatan, memiliki pisau berbentuk U di depan untuk memotong gulma air dan memiliki waktu bongkar yang relatif cepat yaitu sekitar 30 detik.

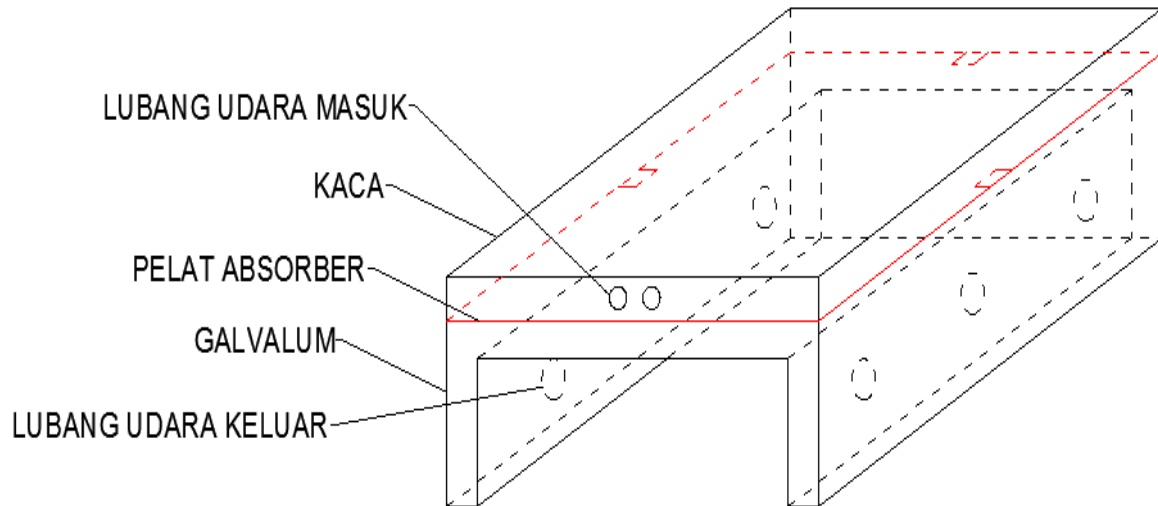


Gambar 3. 2 Kapal Pembersih Sampah Milik Pemprov DKI Jakarta

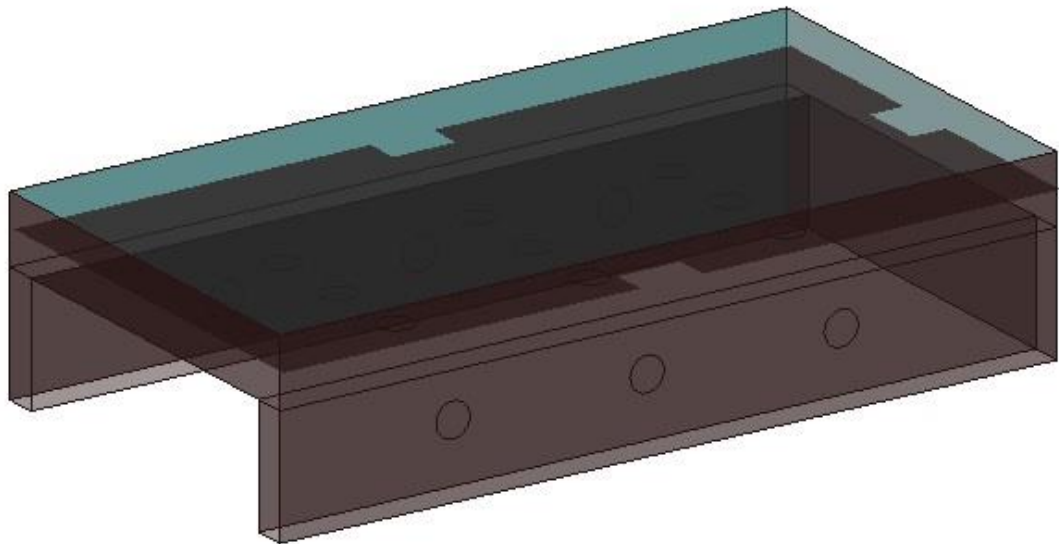
Berikut merupakan spesifikasi kapal pembersih sampah milik Pemprov DKI Jakarta:

- Lambung : 6,0 m panjang, 2,4 m lebar, 0,7 m tinggi
- Mesin: Kubota V2607-D1-TE3B-EU-X3, app. 49kW/65 HP, *watercooled*
- *Hydraulic:*
 1. Pompa: *Load-Sensing Type Bosch Rexroth LS pump*
 2. Pompa *fixed gear* Triplex : *Sauer gear pump*
 3. Pompa *fixed gear* : *Sauer gear pump*
- *Cutting width:* app. 2,30 m
- *Cutting depth:* app. 1,50 m
- *Cutting system:* *high quality double knife system, Type Busatis ESM*
- *Conveyer:* *corossion free, material: special rubber polysteel*
- *Conveyer belts* 1,90 m width, loading width 2,10m, unloading height up to 2,00 m

Perangkat pengering surya di desain menggunakan aplikasi gambar teknik Autocad kemudiam dari hasil pengamatan dan matching desain maka di dapat gambar berikut ini



Gambar 3. 3 Desain 2d Alat Pengering Surya



Gambar 3. 4 Desain 3d Alat Pengering Surya

3.2 Pembuatan Prototipe Pengering Surya (Solar dryer)

Pada tahap pembuatan prototipe pengering surya (*solar dryer*) ini, peneliti menggunakan data desain dan perencanaan pengering surya (*solar dryer*) yang sudah dibuat pada tahap sebelumnya. Pembuatan prototipe pengering surya (*solar dryer*) menggunakan skala 1 : 4 Penggunaan skala ditujukan agar pengering surya (*solar dryer*) mudah untuk dipindahkan, selain itu juga dapat menghemat biaya produksi. Dalam pembuatan prototipe ini diperlukan alat atau perkakas agar mempermudah dan mempercepat pekerjaan peneliti, untuk detail alat yang digunakan akan dijelaskan pada baris dibawah ini.

3.2.1 Alat yang digunakan

Berikut alat-alat yang digunakan pada saat pembuatan prototipe beserta keterangannya

a. Gunting besi

Gunting besi berguna untuk memotong pelat galvalum dan pelat alumunium sesuai ukuran prototipe yang direncanakan.



Gambar 3. 5 Gunting Besi

b. Meteran

Meteran berguna untuk mengukur panjang kontruksi kayu dan galvalum sebelum dilakukan pemotongan.



Gambar 3. 6 Meteran

c. Gergaji

Gergaji berguna untuk memotong kayu sebagai konstruksi.



Gambar 3. 7 Gergaji

d. Mesin bor

Mesin bor berguna untuk menyatukan konstruksi kayu dengan skrup.



Gambar 3. 8 Mesin Bor

3.2.2 Tahap pembuatan

Berikut cara pembuatan prototipe alat pengering surya

a. Pembuatan rangka prototipe

Rangka prototipe menggunakan kayu ukuran 2x3 cm dipotong sesuai desain dengan panjang 1150mm x 600mm



Gambar 3. 9 Rangka Prototipe

b. Pemasangan pelat galvalum dan absorber

Pelat galvalum dipasang mengelilingi rangka alat pengering surya dan sambungannya dibuat serapat mungkin supaya tidak terjadi *heat loss* yang terlalu besar dari udara panas yang dihasilkan.



Gambar 3. 10 Pemasangan Galvalum

c. Pemasangan rak berlubang

Pemasangan rak berlubang dimaksudkan agar kandungan air dari sampah basah yang masuk alat pengering surya dapat terbuang ke lingkungan, sehingga tidak terkumpul didalam alat pengering surya.



Gambar 3. 11 Rak Berlubang

d. Pengecatan dan pemasangan penutup kaca

Prototipe dicat dengan warna hitam dimaksudkan agar dapat lebih menyerap panas matahari yang diterima dari lingkungan, kemudian langkah terakhir adalah pemasangan kaca dengan tebal 5 mm dimaksudkan agar sinar matahari dapat menembus kaca dan mengenai pelat *absorber*, sehingga terjadi kenaikan temperatur pada *absorber*.



Gambar 3. 12 Pemasangan Kaca

3.3 Pengujian Prototipe Pengereng Surya (*Solar dryer*)

Pada tahap pengujian prototipe pengereng surya (*solar dryer*) ini peneliti melakukan pengujian alat pengereng surya (*solar dryer*) yang sudah diproduksi pada tahap sebelumnya. Pengujian yang dilakukan meliputi panas yang dihasilkan oleh pengereng surya (*solar dryer*) dan kadar air atau tingkat kekeringan sampah basah dengan menggunakan pengereng surya (*solar dryer*) dan dilakukan penjemuran secara langsung.

Metode yang dipakai yaitu metode *eksperimental* dengan mencatat dan mengamati perilaku objek penelitian pada setiap jam-nya. Peneliti memulai penelitian pada pukul 09.00 wib sampai pukul 13. 00 wib. Kemudian akan dicatat setiap jam peningkatan panas yang dihasilkan pengereng surya (*solar dryer*) ini dan kadar air atau tingkat kekeringan sampah basah yang menjadi objek.

3.3.1 Alat yang digunakan

Berikut alat-alat yang digunakan pada saat pengujian alat pengering surya beserta keterangannya.

a. Anemometer

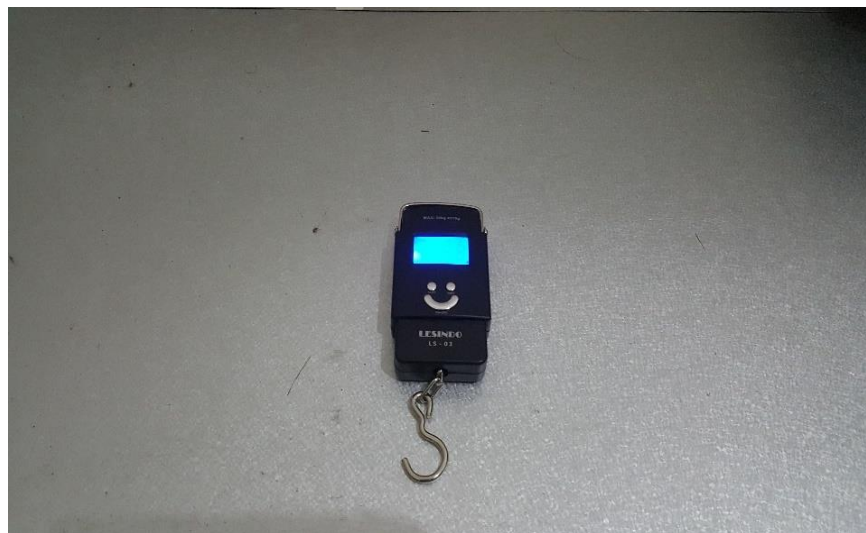
Anemometer berguna untuk mengukur kecepatan angin, alat ini juga memiliki fungsi sebagai termometer yaitu dapat mengukur temperatur masuk dan temperatur yang dihasilkan alat pengering surya.



Gambar 3. 13 Anemometer

b. Timbangan digital

Timbangan digital berguna untuk mengukur berat sampah basah yang menjadi objek penelitian.



Gambar 3. 14 Timbangan Digital

3.3.2 Prosedur pengujian

a. Uji temperatur

- Pukul 08.30 wib, persiapan alat pengering surya
- Pukul 09.00 wib, peletakkan alat pengering surya dibawah sinar matahari, hindari terkena *shading* sekitar.
Pencatatan temperatur lingkungan.
- Pukul 10.00 wib, pencatatan temperatur lingkungan dan temperatur yang dihasilkan alat pengering surya.
- Pukul 11.00 wib, pencatatan temperatur lingkungan dan temperatur yang dihasilkan alat pengering surya.
- Pukul 12.00 wib, pencatatan temperatur lingkungan dan temperatur yang dihasilkan alat pengering surya.
- Pukul 13.00 wib, pencatatan temperatur lingkungan dan temperatur yang dihasilkan alat pengering surya.
- Selesai

b. Uji pengeringan

- Pukul 08.30 wib, persiapan alat pengering surya.
Persiapan 2 jenis sampah kain massa awal = 700 gram
Persiapan 2 jenis sampah daun massa awal = 160 gram
Ditambah kandungan air dengan masing-masing :
2 jenis sampah kain dengan massa akhir = 1700 gram
2 jenis sampah daun dengan massa akhir = 355 gram
- Pukul 09.00 wib, peletakkan alat pengering surya dibawah sinar matahari, hindari terkena *shading* sekitar.
Pencatatan temperatur lingkungan.
Pengukuran dan pencatatan massa 2 sampah kain dan daun
- Pukul 10.00 wib, pencatatan temperatur lingkungan dan temperatur yang dihasilkan alat pengering surya.
Pengukuran dan pencatatan massa 2 sampah kain dan daun
Pukul 11.00 wib, pencatatan temperatur lingkungan dan temperatur yang dihasilkan alat pengering surya.

- Pengukuran dan pencatatan massa 2 sampah kain dan daun
- Pukul 12.00 wib, pencatatan temperatur lingkungan dan temperatur yang dihasilkan alat pengering surya.
 - Pengukuran dan pencatatan massa 2 sampah kain dan daun
 - Pukul 13.00 wib, pencatatan temperatur lingkungan dan temperatur yang dihasilkan alat pengering surya.
- Pengukuran dan pencatatan massa 2 sampah kain dan daun
- Selesai

3.4 Pengolahan Data

Dari hasil pengujian prototipe pengering surya (*solar dryer*) yang merupakan data hasil pengukuran temperatur dan data hasil pengeringan terhadap sampah basah yang didapatkan, kemudian data tersebut akan dikelompokkan dan disajikan menggunakan tabel agar peneliti dapat mengetahui apakah hasil percobaan sudah valid atau terdapat data *error* yang terjadi pada hasil uji.

Tabel 3. 1 Tabel Pengujian

Waktu	V Angin (m/s)	Kolektor Surya		Gambar	Dengan Kolektor		Gambar	Tanpa Kolektor		Gambar
		T _{in} (°C)	T _{out} (°C)		Kain (g)	Daun (g)		Kain (g)	Daun (g)	
09.00										
10.00										
11.00										
12.00										
13.00										

3.5 Analisis Data

Peneliti melakukan analisis terhadap data yang telah dikelompokkan dan disajikan menggunakan tabel pada tahap sebelumnya. Pada tahap ini hasil analisis data akan disajikan dalam bentuk grafik agar memudahkan dalam pembacaannya.

Grafik yang disajikan meliputi panas yang dihasilkan pengering surya (*solar dryer*) setiap jam-nya dan perbandingan tingkat kekeringan sampah basah menggunakan pengering surya (*solar dryer*) dengan tidak menggunakan pengering surya (*solar dryer*) atau dilakukan penjemuran secara langsung.

3.6 Hasil dan Kesimpulan

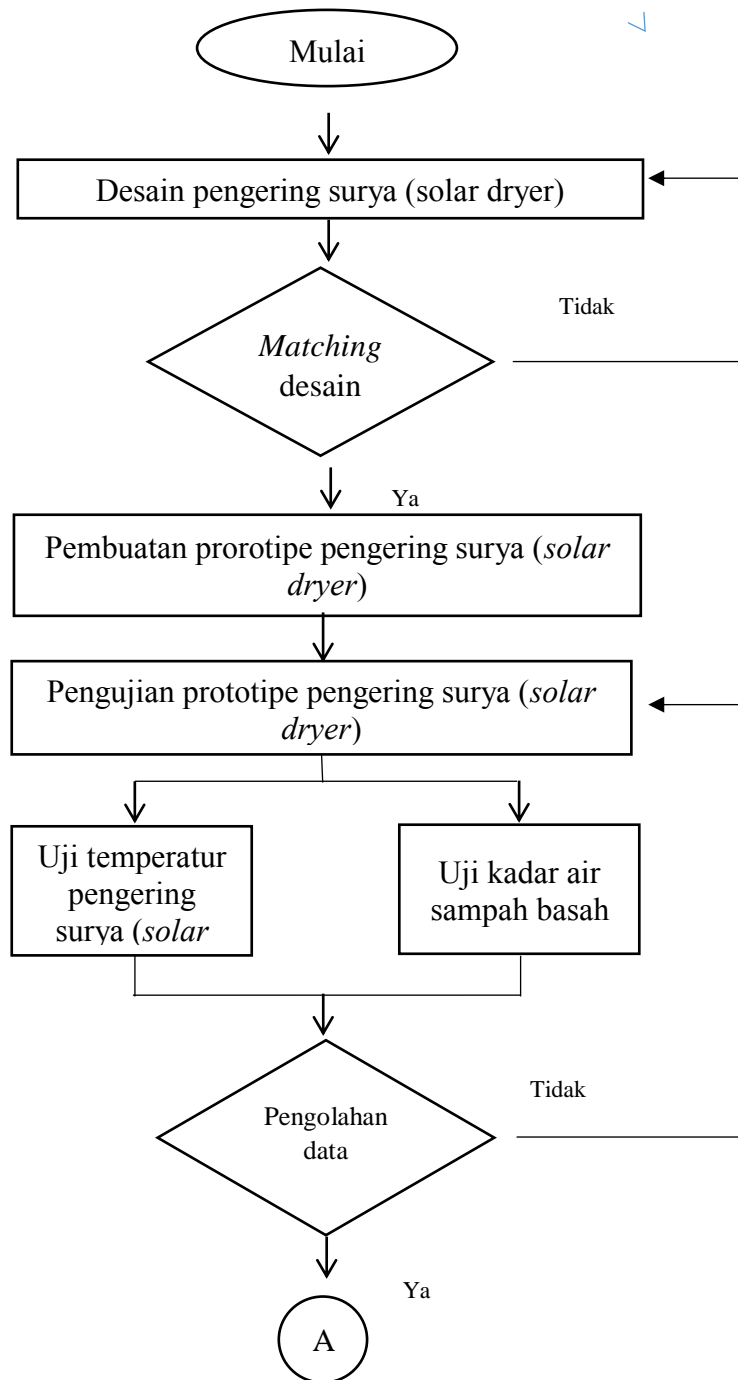
Pada tahap ini akan didapatkan hasil penelitian yaitu peningkatan panas yang dihasilkan pengering surya (*solar dryer*) dan kadar air atau tingkat kekeringan sampah basah yang menjadi objek. Setelah itu dapat ditarik kesimpulan penelitian setelah melakukan analisis data pada tahap sebelumnya.

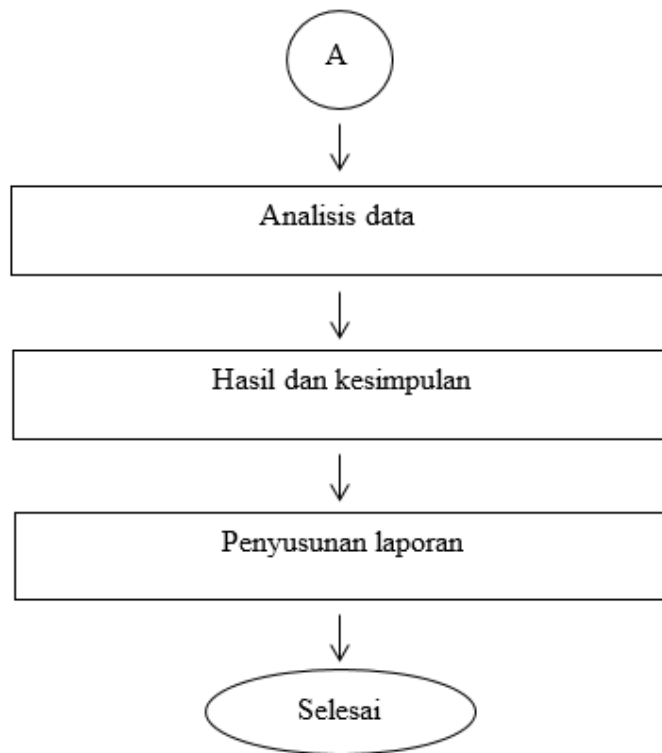
3.7 Penyusunan laporan

Tahap terakhir dari penelitian ini adalah penyusunan laporan hasil penelitian terhadap pembuatan prototipe pengering surya (*solar dryer*) dan hasil uji coba prototipe pengering surya (*solar dryer*) ini yaitu panas yang dihasilkan pengering surya (*solar dryer*) setiap jam-nya dan perbandingan tingkat kekeringan sampah basah menggunakan pengering surya (*solar dryer*) dengan tidak menggunakan menggunakan pengering surya (*solar dryer*) atau dilakukan penjemuran secara langsung.

3.8 Diagram Alir Penelitian

Secara lengkap tahapan penelitian yang akan dilakukan dari awal sampai dengan selesai melalui tahap-tahap seperti yang ditunjukkan dalam *flowchart* berikut ini





Gambar 3. 15 Diagram Alir Penelitian

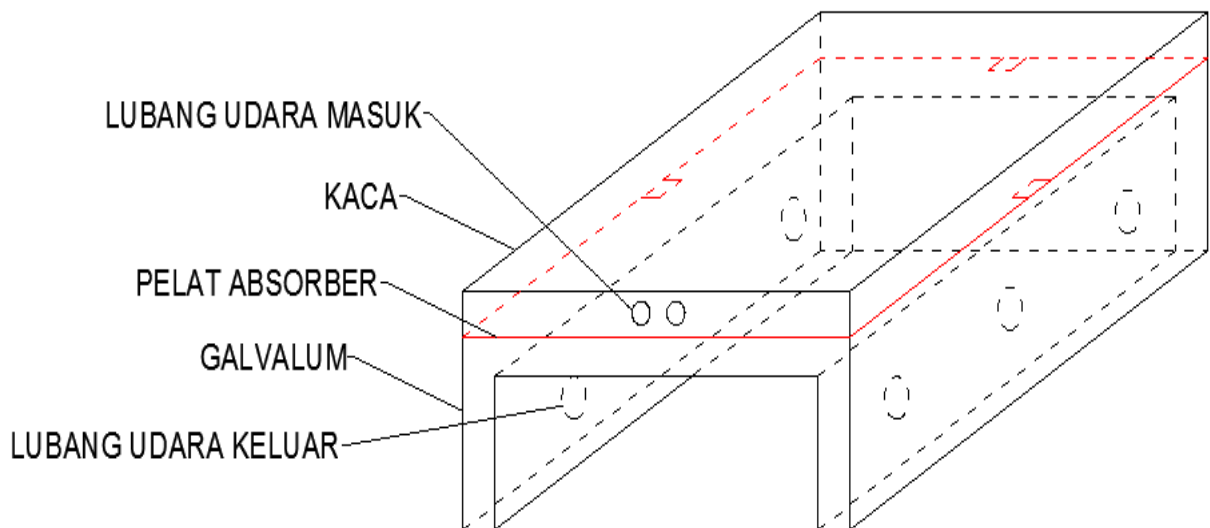
(Halaman sengaja dikosongkan)

BAB IV PEMBAHASAN

Pembahasan mengenai rumusan masalah penelitian akan dibahas secara detail pada bab iv ini, meliputi bagaimana desain alat pengering surya, berapa temperatur yang dihasilkan oleh perangkat pengering surya dan bagaimana perbandingan hasil pengeringan sampah menggunakan perangkat pengering surya (*solar dryer*) dengan pengeringan secara langsung.

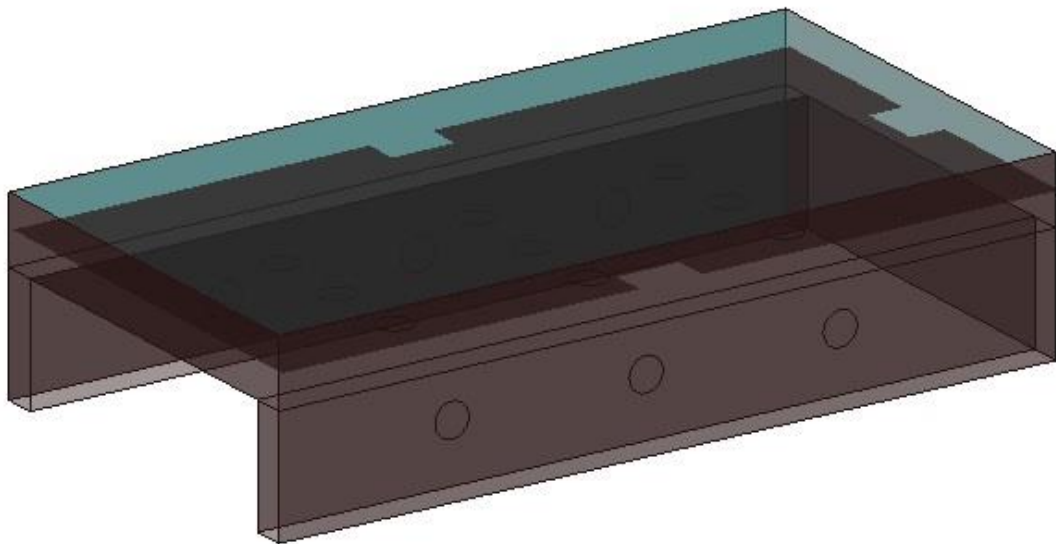
4.1 Desain Alat Pengering Surya

Desain alat pengering surya (*solar dryer*) pada kapal pembersih sampah milik pemprov DKI Jakarta diawali dengan penempatan alat pengering surya itu sendiri, aspek yang paling penting dalam pembuatan perangkat pengering surya yaitu terletak pada luasan pelat *absorber*. Dikarenakan jumlah panas yang dihasilkan pengering surya ini berbanding lurus dengan luasan pelat *absorber* yang terpasang. Desain 2d dari alat pengering surya digambarkan pada gambar 4.1 dibawah.



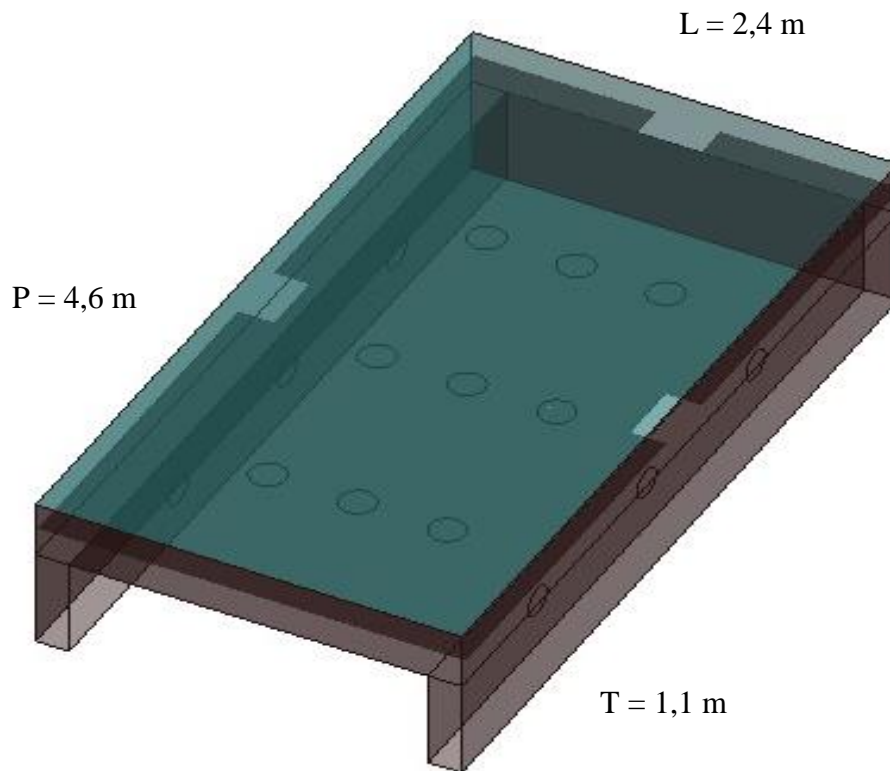
Gambar 4. 1 Desain 2d Alat Pengering Surya

Bahan prototipe terbuat dari konstruksi kayu, pelat galvalum sebagai bahan utama alat pengering surya, yang dipasang mengelilingi konstruksi, kemudian penutup kaca transparan dipasang agar cahaya dapat masuk kedalam kolektor dan panas tidak keluar, kemudian pelat absorber aluminium dipasang ditengah ruangan dibawah penutup kaca. Mula-mula panas dari sinar matahari menembus kaca dan memanaskan pelat absorber, kemudian udara segar masuk pada lubang yang telah dibuat, udara segar akan menjadi udara panas akibat kenaikan temperatur pada ruang absorber, seiring dengan berjalannya kapal membuat udara panas didalam alat pengering surya tertekan kebawah melewati lubang pada absorber, udara panas kemudian keluar dari lubang menuju rak sampah dibawahnya dan pada proses ini terjadi pengeringan sampah basah.



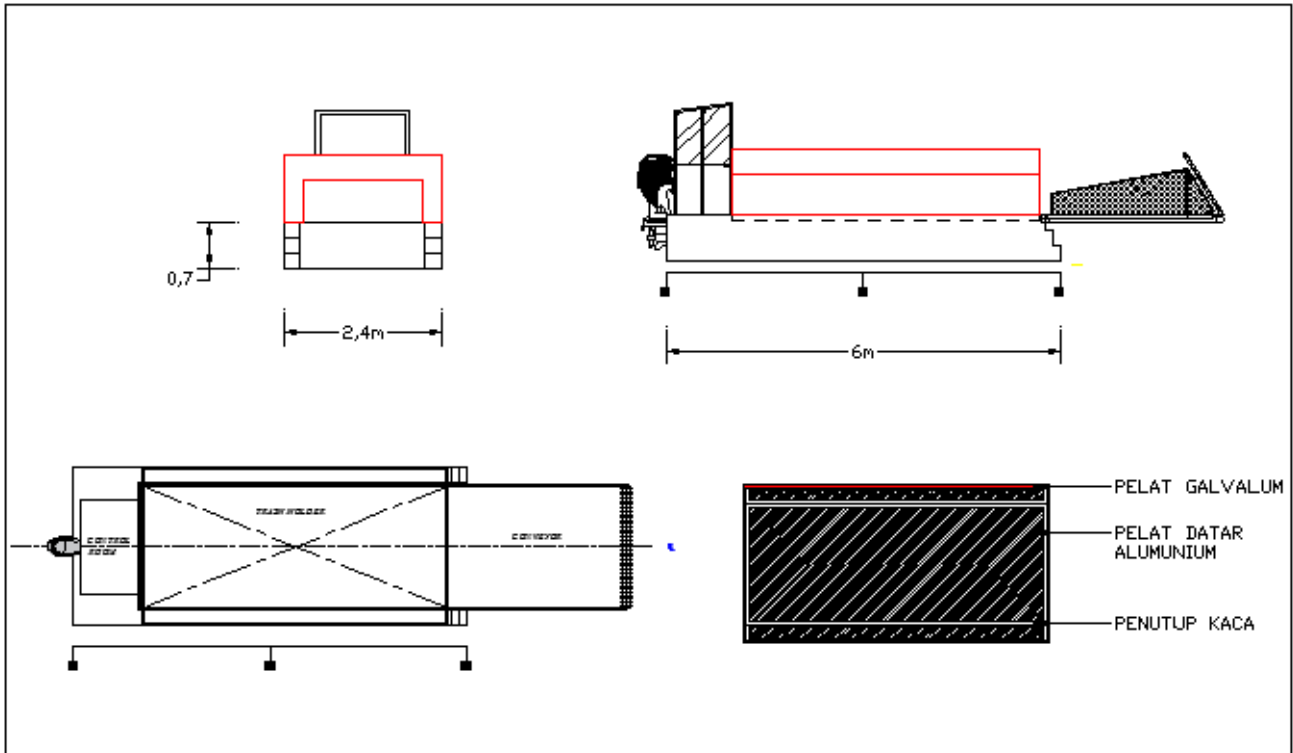
Gambar 4. 2 Desain 3d Alat Pengering Surya

Ukuran alat pengering surya pada kapal pembersih sampah milik Pemprov DKI Jakarta ini mengikuti panjang bak penampung sampah dan lebar kapal, alasannya yaitu pembuatan *absorber* membutuhkan ruang yang cukup luas. Dikarenakan pada kapal ini sebagian besar ruangan digunakan untuk bak penampung maka desain yang sesuai yaitu dengan membuat ukuran pengering sepanjang bak dan lebar mengikuti lebar kapal, ukuran alat pengering surya dapat dilihat pada gambar 4.3



Gambar 4. 3 Ukuran Alat Pengering Surya

Penempatan alat pengering surya pada kapal pembersih sampah ini diletakkan diatas bak penampungan sampah yang diangkut, hal ini dimaksudkan agar panas yang dihasilkan alat pengering surya dapat langsung diteruskan pada sampah basah dibawahnya, supaya terjadi proses pengeringan tanpa menggunakan perantara apapun langsung diteruskan dari ruang kolektor panas. Penempatan alat pengering surya pada kapal pembersih sampah milik Pemprov DKI Jakarta dapat dilihat pada gambar 4.4 digambarkan dengan garis berwarna merah dibawah ini.



Gambar 4. 4 Layout Peletakan Alat Pengering Surya

4.1.1 Desain Termal (teoritis)

1. Temperatur udara masuk kolektor (T_{in}).

$$T_{in} = 31^{\circ}\text{C}$$

T_{in} = Temperatur lingkungan

$$= 31^{\circ}\text{C}$$

2. Luas kolektor (A_k).

$$A_k = 11,04 \text{ m}^2$$

$$A_k = 4,6 \times 2,4$$

$$= 11,04 \text{ m}^2$$

3. Laju aliran fluida kerja (V).

$$V = 1,5 \text{ m/s}$$

V = Kecepatan udara lingkungan

$$= 1,5 \text{ m/s}$$

4. Intensitas radiasi matahari (E_{glob}).

$$E_{glob} = 676 \text{ W/m}^2$$

E_{glob} = Intensitas matahari di daratan

$$= 676 \text{ W/m}^2$$

5. Panas yang diserap oleh kolektor (Q_a). $Q_a = 13742,15 \text{ W}$

$$\begin{aligned} Q_a &= GA(\tau + \alpha) \\ &= 0,6756 \times 11,04 (0,85 + 0,99) \\ &= 13742,15 \text{ W} \end{aligned}$$

6. Panas yang berguna dari kolektor (Q_u). $Q_u = 13650,63 \text{ W}$

$$\begin{aligned} Q_u &= Q_a - U_l \\ &= 13742,15 - 91,52 \\ &= 13650,63 \text{ W} \end{aligned}$$

7. Kerugian panas dari kolektor ke lingkungan : $U_l = 91,52 \text{ W}$

Dimana:

- Kerugian Panas pada sisi bawah kolektor: $U_b = 30,54 \text{ W}$

$$\begin{aligned} U_b &= \frac{k}{L} \\ &= 0,1666/0,06 \\ &= 2,77 \text{ W/m}^2 \\ &= 11,04 \times 2,77 \text{ W/m}^2 \\ &= 30,54 \text{ W} \end{aligned}$$

- Kerugian Panas pada sisi samping kolektor: $U_s = 0,87 \text{ W}$

$$\begin{aligned} U_e &= \frac{(U_A)_{\text{edge}}}{A_c} \\ &= 0,0777/11,04 \\ &= 0,0777 \text{ W/m}^2 \\ &= 11,04 \times 0,0777 \text{ W/m}^2 \\ &= 0,87 \text{ W} \end{aligned}$$

- Kerugian Panas pada sisi atas kolektor $U_t = 60,10 \text{ W}$

4.1.2 Desain Termal Skala Prototipe

1. Temperatur udara masuk kolektor (T_{in}). $T_{in} = 31^{\circ}\text{C}$
 T_{in} = Temperatur lingkungan
= 31°C

2. Luas kolektor (A_k). $A_k = 0,69 \text{ m}^2$
 $A_k = 1,15 \times 0,6$
= $0,69 \text{ m}^2$

3. Laju aliran fluida kerja (V). $V = 1,5 \text{ m/s}$
 V = Kecepatan udara lingkungan
= $1,5 \text{ m/s}$

4. Intensitas radiasi matahari (E_{glob}). $E_{glob} = 676 \text{ W/m}^2$
 E_{glob} = Intensitas matahari di daratan
= 676 W/m^2

5. Panas yang diserap oleh kolektor (Q_a). $Q_a = 858,88 \text{ W}$

$$Q_a = GA(\tau + \alpha)$$
$$= 0,6756 \times 0,69 (0,85 + 0,99)$$
$$= 858,88 \text{ W}$$

6. Panas yang berguna dari kolektor (Q_u). $Q_u = 853,2 \text{ W}$
 $Q_u = Q_a - U_l$
= $858,88 - 5,68$
= $853,2 \text{ W}$

7. Kerugian panas dari kolektor ke lingkungan : $U_l = 5,68 \text{ W}$
Dimana:

- Kerugian Panas pada sisi bawah kolektor: $U_b = 1,91 \text{ W}$

$$\begin{aligned}
 U_b &= \frac{k}{L} \\
 &= 0,166/0,06 \\
 &= 2,77 \text{ W/m}^2 \\
 &= 0,69 \times 2,77 \text{ W/m}^2 \\
 &= 1,91 \text{ W}
 \end{aligned}$$

- Kerugian Panas pada sisi samping kolektor: $U_s = 0,017 \text{ W}$

$$\begin{aligned}
 U_e &= \frac{(U_A)_{\text{edge}}}{A_c} \\
 &= 0,0131/0,69 \\
 &= 0,019 \text{ W/m}^2 \\
 &= 0,69 \times 0,019 \text{ W/m}^2 \\
 &= 0,017 \text{ W}
 \end{aligned}$$

- Kerugian Panas pada sisi atas kolektor $U_t = 3,76 \text{ W}$

4.1.3 Desain Konstruksi Skala 1:4

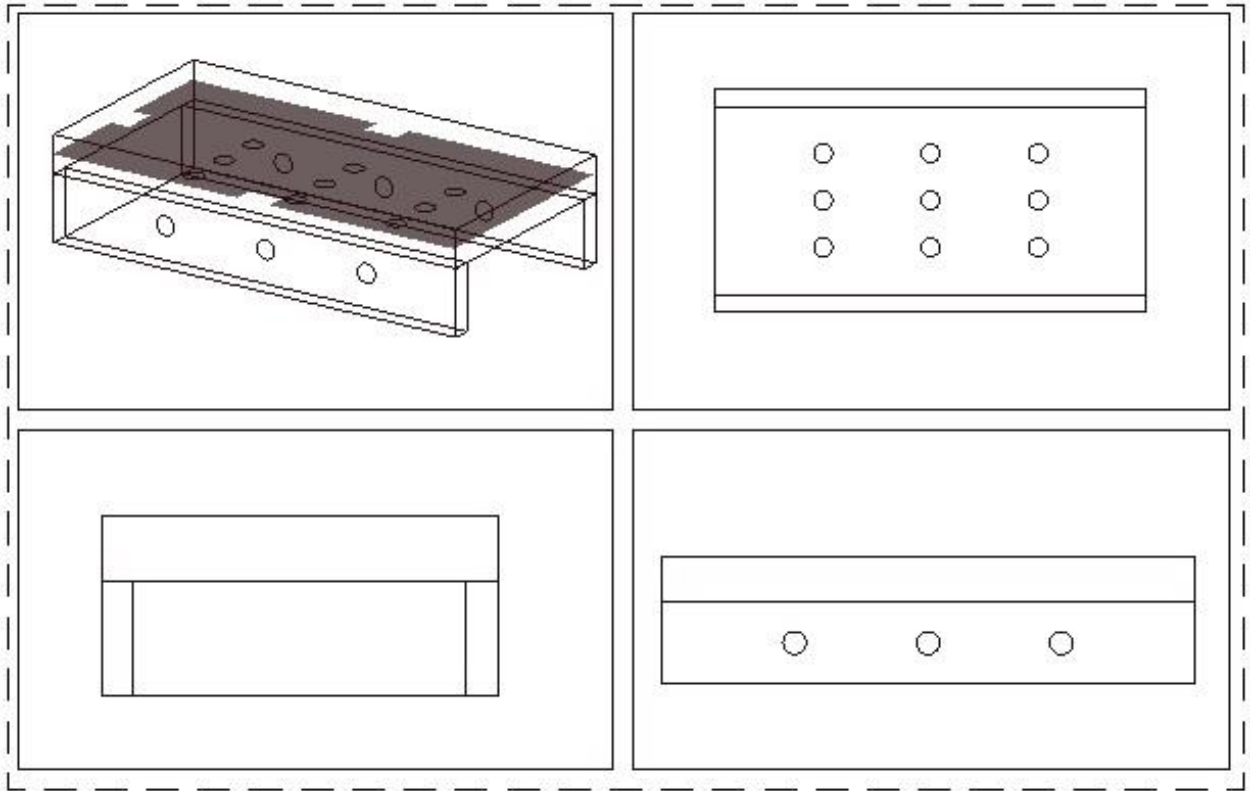
1. Pelat *Absorber*
 - Bahan : Pelat alumunium 0.35 mm.
 - Perlakuan permukaan : Cat *Black Dop*.
2. Kaca Penutup
 - Bahan : Kaca Transparan 5 mm.
 - Ukuran : 1150 mm x 600 mm
3. Isolasi Termal
 - Bahan 1 : *Rigid Foam* 6 cm.
 - Konduktifitas termal : $0,166 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$.



Gambar 4. 5 Tampak Samping Prototipe Alat Pengering Surya



Gambar 4. 6 Tampak Depan Prototipe Alat Pengering Surya



Gambar 4. 7 Maket Drawing Alat Pengering Surya

4.2 Hasil Pengujian Alat Pengering Surya

4.2.1 Uji Temperatur yang Dihasilkan Alat Pengering Surya

Intensitas radiasi matahari bervariasi menurut cuaca saat pengujian berlangsung. Intensitas radiasi matahari tidak diukur, karena tidak tersedianya alat ukur radiasi matahari (solarimeter). Variasi intensitas radiasi matahari sebanding dengan variasi temperatur pelat absorber, sehingga variasi intensitas radiasi matahari saat pengujian dapat diwakili oleh variasi temperatur pelat absorber (Hanif, 1996). Pengujian alat pengering surya dilakukan pada pukul 09.00 WIB sampai pukul 13.00 WIB, dari hasil pengujian yang dilakukan pada alat pengering surya (tabel 4.1) diperoleh data sebagai berikut:

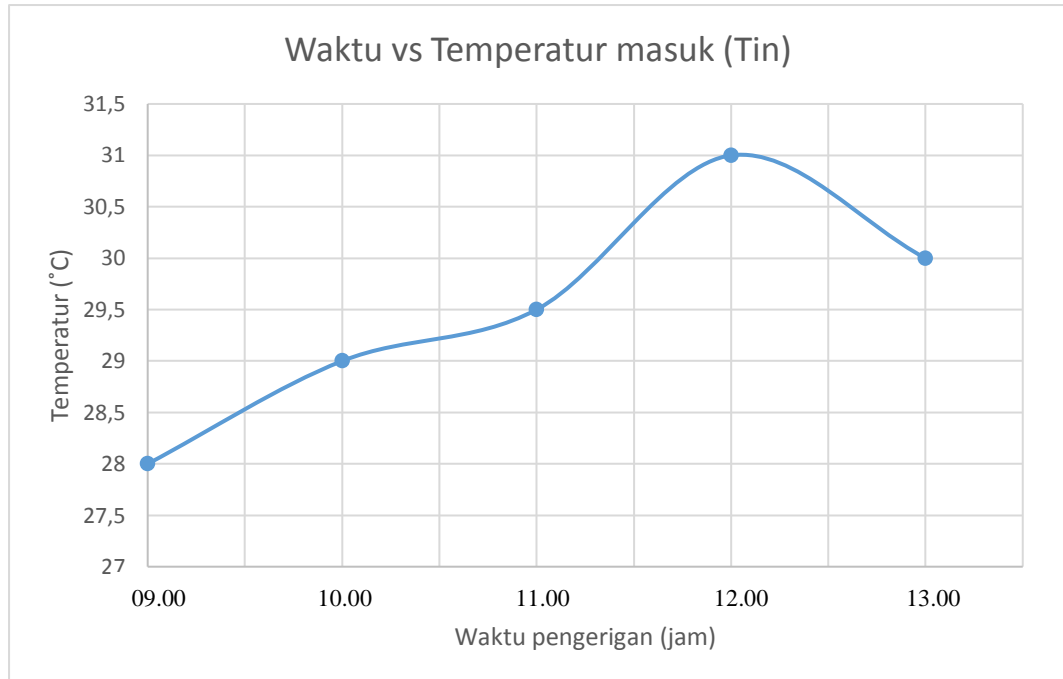
Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Temperatur Kolektor Surya

Lama pengeringan (Jam ke-)	Jam (WIB)	V Angin (m/s)	Kolektor Surya	
			T _{in} (°C)	T _{out} (°C)
0	09.00	1,2	28	28
1	10.00	1,5	29	42,5
2	11.00	1,7	29,5	49,2
3	12.00	1,2	31	50,3
4	13.00	1,2	30	43,3

Dari tabel 4.1 hasil pengujian temperatur masuk dan temperatur yang dihasilkan alat pengering surya dapat diketahui bahwa alat pengering surya mengalami kenaikan temperatur dimulai pukul 09.00 WIB sampai pukul 12.00 WIB setelah itu alat pengering kolektor surya mengalami penurunan temperatur di akhir percobaan pada pukul 13.00 WIB, hal ini berlaku baik pada temperatur masuk dan temperatur keluar yang dihasilkan alat pengering surya.

Pada tabel 4.1 juga diketahui hasil pengukuran kecepatan angin, dikarenakan kecepatan angin yang berubah ubah pada saat percobaan maka pencatatan dilakukan saat pengambilan data di tiap jam percobaan. Pada tabel tercatat pada pukul 09.00 WIB sampai pukul 11.00 WIB kecepatan angin

tercatat terus mengalami kenaikan, bermula berkecepatan 1,2 m/s dan berakhir pada kecepatan 1,7 m/s pada pukul 11.00 WIB. Selanjutnya kecepatan angin turun di kecepatan 1,2 m/s pada pukul 12.00 WIB dan mengalami kecepatan konstan sampai pukul 13.00 WIB.

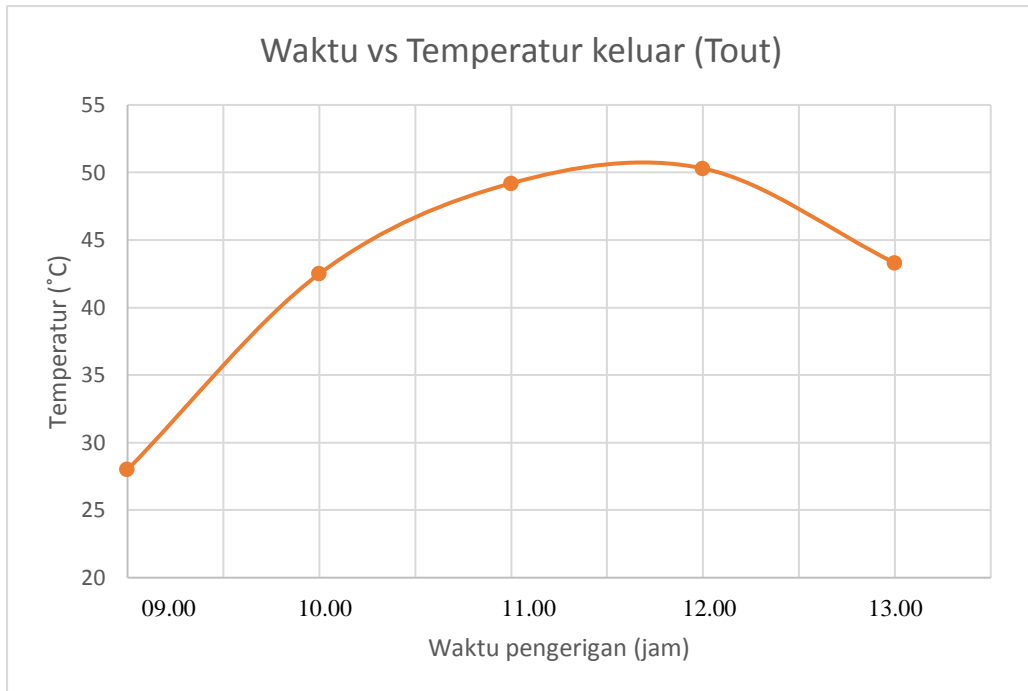


Gambar 4. 8 Waktu Pengeringan Dengan Kenaikan Temperatur Masuk

Pada gambar 4.7 diketahui grafik hasil percobaan pengukuran temperatur masuk. Temperatur masuk yang dihasilkan ini tergantung temperatur lingkungan di wilayah percobaan, percobaan dilakukan pada pukul 09.00 WIB dimana pada wilayah percobaan temperatur lingkungan yaitu 28°C, kemudian setelah satu jam percobaan pada pukul 10.00 WIB dicatat kembali temperatur lingkungan yaitu naik menjadi 29 °C, pada pukul 11.00 WIB temperatur lingkungan naik menjadi 29,5 °C. Temperatur lingkungan pada hari pertama percobaan terus naik sampai pukul 12.00 WIB yaitu sebesar 31°C akan tetapi pada pukul 13.00 WIB temperatur lingkungan turun menjadi 30 °C.

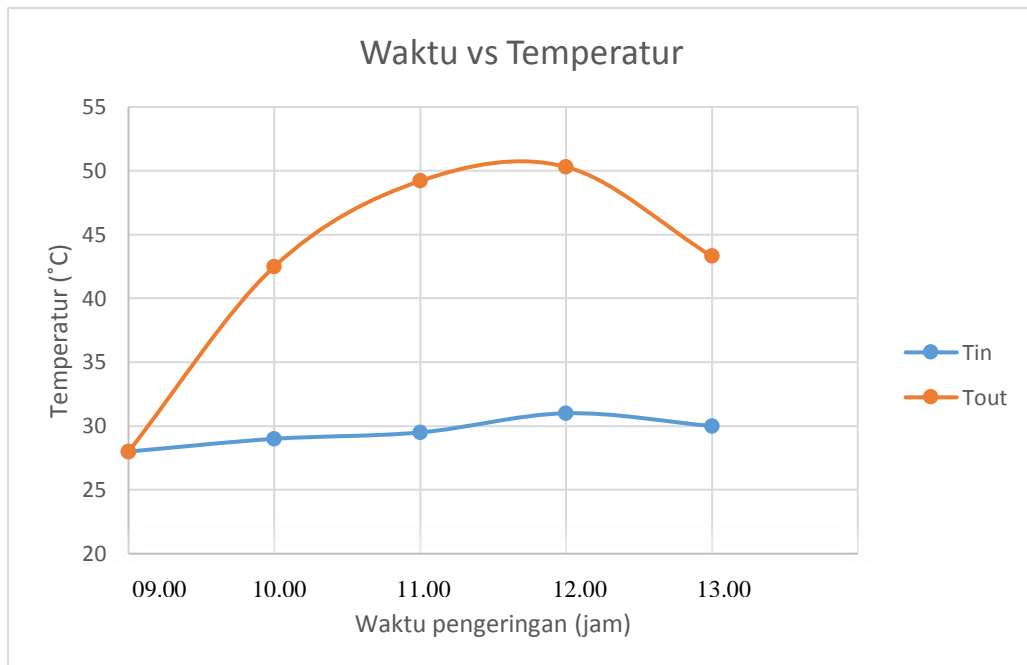
Dapat diketahui pada percobaan pengukuran temperatur lingkungan terus naik dimulai pada pukul 09.00 WIB sebesar 28 °C sampai pukul 12.00 WIB menjadi 31 °C, setelah itu temperatur lingkungan turun pada akhir percobaan pada pukul 13.00 WIB menjadi 30 °C di wilayah percobaan grafik naik turunnya temperatur masuk dapat diketahui pada gambar 4.7 diatas.

Gambar 4. 9 Waktu Pengeringan Dengan Kenaikan Temperatur Keluar



Pada gambar 4.8 diketahui grafik hasil percobaan pengukuran temperatur keluar. Temperatur keluar yang dihasilkan pada pukul 09.00 WIB masih sama seperti temperatur lingkungan yaitu sebesar 28,4°C dikarenakan alat pengering surya baru diletakkan dibawah sinar matahari, kemudian setelah satu jam percobaan pada pukul 10.00 WIB dicatat temperatur alat pengering surya yaitu naik menjadi 42,5 °C, pada pukul 11.00 WIB temperatur alat pengering surya naik menjadi 49,2 °C. Temperatur alat pengering surya pada hari kedua percobaan terus naik sampai pukul 12.00 WIB yaitu sebesar 50,3 °C akan tetapi pada pukul 13.00 WIB temperatur alat pengering surya turun menjadi 43,3 °C.

Dapat diketahui bahwa temperatur alat pengering surya terus naik dimulai pada pukul 09.00 WIB sebesar 28°C sampai pukul 12.00 WIB menjadi 50,3 °C, setelah itu temperatur lingkungan turun pada akhir percobaan pada pukul 13.00 WIB menjadi 43,3 °C, grafik naik turunnya temperatur keluar atau yang dihasilkan alat pengering surya dapat diketahui pada gambar 4.8 diatas.



Gambar 4. 10 Perbandingan Waktu Pengeringan Dengan Kenaikan Temperatur

Pada gambar 4.9 diketahui grafik perbandingan hasil percobaan temperatur masuk dengan temperatur keluar terhadap waktu percobaan alat pengering surya. Pada awal percobaan pukul 09.00 WIB temperatur masuk masih sama seperti temperatur lingkungan yaitu sebesar 28°C begitu juga temperatur keluar yaitu sebesar 28 °C, kemudian pada pukul 10.00 WIB temperatur masuk naik sebesar 29°C dan temperatur keluar naik yaitu menjadi 42,5°C, pada pukul 11.00 WIB temperatur masuk naik menjadi 29,5°C dan temperatur keluar menjadi 49,2°C, pada pukul 12.00 WIB tercatat temperatur masuk yaitu sebesar 31°C dan temperatur keluar alat pengering surya juga naik menjadi 50,3°C. akan tetapi pada akhir percobaan pada pukul 13.00 WIB

temperatur masuk turun menjadi 30°C dan temperatur keluar alat pengering surya juga turun menjadi 43,3 °C.

Pada percobaan ini dapat diketahui bahwa temperatur masuk berpengaruh terhadap hasil temperatur keluar alat pengering surya dimana temperatur keluar alat pengering surya sebanding dengan temperatur masuk hal ini dapat diketahui dari gambar 4.11 dimana temperatur masuk dan keluar terus naik sampai pukul 12.00 WIB, setelah pukul 12.00 WIB temperatur masuk dan keluar akan turun di akhir percobaan pukul 13.00 WIB.

4.2.2 Uji Pengeringan Sampah Dengan Kolektor dan Dijemur Langsung

Pengujian fungsi alat pengering surya ketika dibandingkan laju pengeringannya dengan dijemur langsung di bawah sinar matahari, objek yang digunakan sebagai pengeringan yaitu sampah kain dan daun, hasil percobaan dapat dilihat pada tabel 4.2 dibawah ini.

Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Pengeringan Sampah Dengan Kolektor Dan Dijemur Langsung

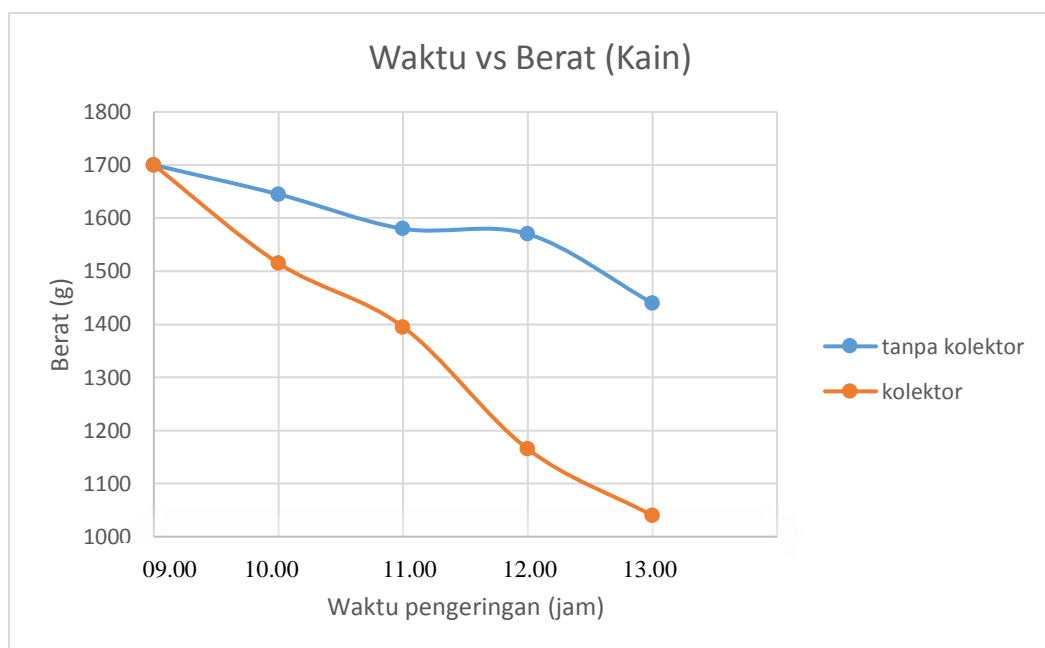
Lama pengeringan (Jam ke-)	V Angin (m/s)	Kolektor Surya		Dengan Kolektor		Tanpa Kolektor	
		T _{in} (°C)	T _{out} (°C)	Kain (g)	Daun (g)	Kain (g)	Daun (g)
0	1,2	28	28	1700	355	1700	355
1	1,5	29	42,5	1515	335	1645	340
2	1,7	29,5	49,2	1395	285	1580	315
3	1,2	31	50,3	1165	210	1570	265
4	1,2	30	43,3	1040	205	1440	245

Dari tabel 4.2 hasil percobaan pengeringan sampah diatas menunjukkan bahwa objek pengeringan menggunakan dua jenis sampah yaitu sampah kain dan sampah daun alasannya yaitu demi mendapatkan hasil percobaan yang lebih valid karena jika menggunakan sampah jenis lainnya contoh plastik, tidak bisa dengan baik menyerap air.

Peneliti menyediakan dua jenis sampah masing-masing dua kantong untuk membandingkan hasil pengeringan menggunakan alat pengering surya dengan pengeringan secara langsung dibawah sinar matahari. Berat awal

sampah dibuat sama menggunakan wadah kantong berlubang yaitu dua kantong sampah kain masing-masing 700 gram dan dua sampah daun masing-masing 160 gram.

Pada awal percobaan sampah kain yang mula-mula memiliki berat masing-masing 700 gram direndam air sampai memiliki berat 1700 gram atau memiliki kandung air seberat 1000 gram, kemudian sampah daun juga direndam air sampai memiliki berat masing-masing 355 gram atau memiliki kandungan air seberat 195 gram.

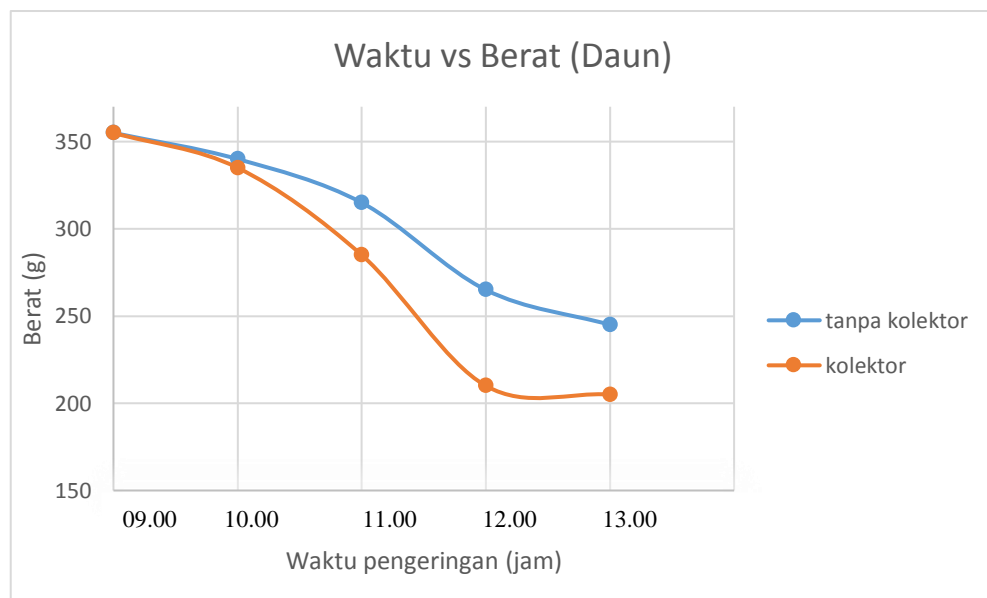


Gambar 4. 11 Perbandingan Pengeringan Sampah Jenis Kain

Pada gambar 4.10 diketahui grafik perbandingan hasil percobaan pengeringan sampah jenis kain menggunakan alat pengering surya dengan pengeringan secara langsung. Diketahui bahwa pada awal percobaan sampah kain yang mula-mula memiliki berat masing-masing 700 gram direndam air sampai memiliki berat 1700 gram atau memiliki kandung air seberat 1000 gram. Pada 1 jam pertama pukul 10.00 WIB berat sampah yang menggunakan alat pengering surya dan tidak masing-masing seberat 1515 gram dan 1645 gram, pada pukul 11.00 WIB atau 2 jam percobaan berat sampah yang menggunakan alat pengering surya dan tidak masing-masing seberat 1395

gram dan 1580 gram, kemudian pada pukul 12.00 WIB atau 3 jam percobaan berat sampah yang menggunakan alat pengering surya dan tidak masing-masing seberat 1165 gram dan 1470 gram dan diakhir percobaan pada pukul 13.00 WIB berat sampah yang menggunakan alat pengering surya dan tidak masing-masing seberat 1040 gram dan 1440 gram.

Dari hasil perbandingan dapat disimpulkan bahwa pengeringan sampah jenis kain yang menggunakan alat pengering surya lebih cepat pengeringannya daripada dijemur langsung dibawah sinar matahari dengan berat akhir sampah sebesar 1040 gram dibanding 1440 gram dengan cara dijemur langsung dibawah sinar matahari.



Gambar 4. 12 Perbandingan Pengeringan Sampah Jenis Daun

Pada gambar 4.11 diketahui grafik perbandingan hasil percobaan pengeringan sampah jenis daun menggunakan alat pengering surya dengan pengeringan secara langsung. Diketahui bahwa pada awal percobaan sampah daun yang mula-mula memiliki berat masing-masing 160 gram direndam air sampai memiliki berat 355 gram atau memiliki kandung air seberat 195 gram. Pada 1 jam pertama pukul 10.00 WIB berat sampah yang menggunakan alat pengering surya dan tidak masing-masing seberat 335 gram dan 340 gram, pada pukul 11.00 WIB atau 2 jam percobaan berat sampah yang menggunakan

alat pengering surya dan tidak masing-masing seberat 285 gram dan 315 gram, kemudian pada pukul 12.00 WIB atau 3 jam percobaan berat sampah yang menggunakan alat pengering surya dan tidak masing-masing seberat 210 gram dan 265 gram dan diakhir percobaan pada pukul 13.00 WIB berat sampah yang menggunakan alat pengering surya dan tidak masing-masing seberat 205 gram dan 245 gram.

(Halaman sengaja dikosongkan)

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari hasil pembuatan prototipe dan percobaan alat pengering surya (*solar dryer*) jenis pemanasan langsung adalah :

1. Desain alat pengering surya meliputi desain termal dengan luasan 0,69 m² dan desain konstruksi yaitu menggunakan pelat galvalum, pelat absorber aluminium dan kaca bening 5 mm sebagai penutup alat pengering surya. (desain pada lampiran)
2. Temperatur maksimal yang dapat dihasilkan oleh alat pengering surya skala 1:4 yaitu sebesar 52,3 °C dengan temperatur lingkungan sebesar 31 °C artinya alat pengering surya dapat menaikkan temperatur sebesar 21,3 °C.
3. Hasil pengeringan menunjukkan bahwa pada sampah jenis kain dengan kandungan masing-masing 1000 gram alat pengering surya mampu menguapkan air sebanyak 660 gram atau 66% dibanding tanpa menggunakan alat pengering sebanyak 260 gram atau 26%. pada sampah jenis daun dengan kandungan masing-masing 160 gram alat pengering surya mampu menguapkan air sebanyak 115 gram atau 72% dibanding tanpa menggunakan alat pengering sebanyak 75 gram atau 47%.

5.2 Saran

Adapun saran yang perlu diperhatikan untuk pengembangan dan pemakaian kolektor pengering tenaga surya (*solar dryer*) :

1. Semua sambungan dan celah pada alat pengering surya harus ditutup agar terhindar dari *heatloss* yang terlalu besar.
2. Direkomendasikan menambahkan *blower* pada alat pengering surya karena kecepatan angin di lingkungan yang tidak konstan.
3. Perlu penelitian lebih lanjut yaitu pembuatan rak sampah menggunakan tabung yang diputar agar proses pengeringan lebih cepat dan merata pada sampah basah.

(Halaman sengaja dikosongkan)

DAFTAR PUSTAKA

- Afrizal, E. (2008). Studi Perancangan Trash-Skimmer Boat di Perairan Teluk Jakarta. *JURNAL TEKNIK POMITS*, 2.
- Dina, S. F. (2018). RANCANG BANGUN DAN UJICOBA PENGERING SURYA TIPE KOLEKTOR TABUNG VAKUM (EVACUATED TUBE COLLECTOR).
- Azridjal, A. (2004). Teknologi Rekayasa Surya sebagai Pemanas Udara untuk Proses Pengeringan (Solar Dyer).
- Zainuddin, D. (1990). *Solar Teknik 1 & 2*. Padang: Universitas Andalas.
- Fachrizal. (1994). Efisiensi Pengering Tipe Kotak Kombinasi Energi. *Makalah Ilmiah UPT-LSDE*.
- Holman. (1983). Heat Transfer sixth edition. *McGraw Hill*.
- Bejan, A. A. (1948). *Heat Transfer Hadbook*. New york: John Wiley & sons.
- Reynolds, W. C. (1983). *Engineering Thermodynamics*. New York: McGraw Hill.
- Stoecker, W. F. (1982). *Refrigeration and Air*. New York.
- Goswami, D. K. (1999). *Principles of Solar Engineering 2nd Edition*, . Philadelphia: Taylors & Francis Co.

(Halaman sengaja dikosongkan)

LAMPIRAN

Lampiran 1 Dokumentasi





Lampiran 2 Tabel hasil percobaan

Waktu	V Angin (m/s)	Kolektor Surya		Gambar	Dengan Kolektor		Gambar	Tanpa Kolektor		Gambar
		T _{in} (°C)	T _{out} (°C)		Kain (g)	Daun (g)		Kain (g)	Daun (g)	
09.00	1,2	28	28	v	1700	355	v	1700	355	v
10.00	1,5	29	42,5	v	1515	335	v	1645	340	v
11.00	1,7	29,5	49,2	v	1395	285	v	1580	315	v
12.00	1,2	31	50,3	v	1165	210	v	1470	265	v
13.00	1,2	30	43,3	v	1040	205	v	1440	245	v

Berat Awal (g)		Gambar
Kain (g)	Daun (g)	
700	160	v
700	160	v

Hari/Tanggal	Jumat/04-07-2019
--------------	------------------

Notes

UJI COBA PERANGKAT PENGERING SURYA PADA KAPAL SAMPAH BERKY-WADUK PLUIT JAKARTA UTARA

Waktu	V Angin (m/s)	Kolektor Surya		Gambar	Dengan Kolektor		Gambar	Tanpa Kolektor		Gambar
		T _{in} (°C)	T _{out} (°C)		Kain (g)	Daun (g)		Kain (g)	Daun (g)	
09.00	1,2	29,2	29,2							
10.00	1,5	30	47,8							
11.00	1,7	30,7	50,9							
12.00	1,2	31	51,4							
13.00	1,2	30	45,4							

Hari/Tanggal	Kamis/27-06-2019
--------------	------------------

Notes
1. Percobaan tanpa pengeringan sampah hari 2

UJI COBA PERANGKAT PENGERING SURYA PADA KAPAL SAMPAH BERKY-WADUK PLUIT JAKARTA UTARA

Waktu	V Angin (m/s)	Kolektor Surya		Gambar	Dengan Kolektor		Gambar	Tanpa Kolektor		Gambar
		T _{in} (°C)	T _{out} (°C)		Kain (g)	Daun (g)		Kain (g)	Daun (g)	
09.00	1,2	29	29							
10.00	1,5	30	39,3							
11.00	1,7	31	47,6							
12.00	1,2	31	55,2							
13.00	1,2	32,3	50							

Hari/Tanggal	Rabu/26-06-2019
--------------	-----------------

Notes

1. Percobaan tanpa pengeringan sampah hari 1
2. Lama pengukuran temperatur tidak sama (harusnya 5 menit)

(Halaman sengaja dikosongkan)

Lampiran 3 Tentang penulis



Martha Eka Widjaya. Lahir di Banyuwangi, 21 Maret 1998. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SDN 1 Rogojampi, SMP Negeri 1 Genteng dan SMA Negeri 1 Genteng. Setelah lulus dari SMA pada tahun 2015, penulis melanjutkan berkuliah di Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Pada masa perkuliahan, Penulis mengambil konsentrasi laboratorium *Marine Manufacturing and Design* dan menyusun tugas akhir di laboatorium *Marine Machinery and System*. Selama masa perkuliahan, penulis aktif di salah satu tim riset kapal bertenaga surya milik ITS yaitu Marine Solar Boat Team sebagai *design engineer* di tahun pertama dan sebagai *chief engineer* di tahun kedua, penulis juga aktif sebagai member laboratorium MMD sebagai tutor autocad dan maxsurf. Penulis pernah menjalani kerja praktik selama masing-masing 30 hari di PT. Yasa Wahana Tirta Samudera Semarang dan di PT. Pertamina TBBM Tuban. Dengan rahmat Allah Subhanahu Wa Ta'ala, penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul “Studi Perancangan Perangkat Pengering Surya (*Solar Dryer*) Untuk Pengering Sampah Basah Pada Kapal Pembersih Sampah Di Waduk Pluit Jakarta”.

Martha Eka Widjaya

Mahasiswa Teknik Sistem Perkapalan – FTK ITS, Surabaya

Widjaya.me@gmail.com