UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PERANCANGAN INSTALASI SISTEM PEMANAS AIR TENAGA SURYA DENGAN KAPASITAS 600 LITER DAN TEMPERATUR OUTPUT RERATA 70oC UNTUK MENDUKUNG KEGIATAN USAHA UKM DI YOGYAKARTA
GHAFFAR YUZAN, Ir. Fauzun, S.T., M.T.,Ph.D.,IPM.,ASEAN.ENG.
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN ..... **ii**
PERNYATAN BEBAS PLAGIASI ..... **iii**
NASKAH SOAL TUGAS AKHIR ..... **iv**
HALAMAN PERSEMBAHAN ..... **v**
KATA PENGANTAR ..... **vi**
DAFTAR ISI ..... **viii**
DAFTAR GAMBAR ..... **xi**
DAFTAR TABEL ..... **xiii**
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN ..... **xiv**
ABSTRAK ..... **xvii**
ABSTRACT ..... **xviii**
BAB I PENDAHULUAN **1**
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 4
1.3 Batasan Masalah 4
1.4 Tujuan Penelitian 5
1.5 Manfaat Penelitian 5
1.5.1 Bagi Mahasiswa 5
1.5.2 Bagi Akademisi/Institusi Pendidikan 5
1.5.3 Bagi UMKM 5
1.5.4 Bagi Pemerintah 5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA **6**
2.1. Pengaruh Tingkat Perebusan pada Proses Pengolahan Kedelai menjadi Tempe 6
2.2. Pengoptimalan Metode Desain Sistem Pemanas Air Tenaga Surya 7
2.3. Solar Collector 8
BAB III DASAR TEORI **13**
3.1 Radiasi Matahari 13
3.2 Termodinamika dan Perpindahan Kalor 14
3.2.1 Perpindahan Kalor 14

UNIVERSITAS GADJAH MADA
PERANCANGAN INSTALASI SISTEM PEMANAS AIR TENAGA SURYA DENGAN KAPASITAS 600 LITER DAN TEMPERATUR OUTPUT RERATA 70oC UNTUK MENDUKUNG KEGIATAN USAHA UKM DI YOGYAKARTA
GHAFFAR YUZAN, Ir. Fauzun, S.T., M.T.,Ph.D.,IPM.,ASEAN.ENG.
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

3.2.2 Hukum Kekekalan Massa 16
3.3 Sistem Pemanas Air Tenaga Surya (PATS) 16
3.4 *Flate Plate Collectors* 19
3.5 Tangki Penyimpanan 22
3.6 Proses *Charging* dan *Discharging* 24
3.7 Perhitungan dan Pemilihan Pompa 26
3.8 Komponen Pendukung Alat Sistem Pemanas Air Tenaga Surya 27
3.8.1 Pipa dan insulasi 27
3.8.2 Pompa dan *controllers* 28
3.8.3 *Valves* 29
3.9 Perancangan Desain *Solar Water Heater System* 30
3.9.1 *Time-Dependent Load* 30
3.9.2 *Hot Water Demand* 31
3.9.3 Perhitungan Dimensi Komponen Pemanas Air Tenaga Surya 31
3.9.4 *Solar Collector* 35
3.9.5 Analisis Thermal pada Tangki Penyimpanan 49
3.10 Kombinasi *Flat Plate Collectors* (FPC) 49
BAB IV METODE PENELITIAN 52
4.1 Objek Perancangan 52
4.2 Konsep Dasar Perancangan 52
4.3 Diagram Skematik Perancangan 53
4.4 Prosedur Perancangan 54
4.4.1 Diagram Alir Perancangan Sistem Pemanas Air Tenaga Surya Keseluruhan 54
4.4.2 Diagram Alir Perancangan *Solar Collector* 61
4.4.3 Diagram Alir Perancangan Tangki Penyimpanan 63
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN 65
5.1 Data Proses Perebusan Tempe di PT. Muchlar Tempe Murni Yogyakarta 65
5.2 Perhitungan *Hot Water Demand* 66
5.3 Penentuan Tipe Pemanas Air Tenaga Surya beserta *Solar Collector* yang akan digunakan 66

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PERANCANGAN INSTALASI SISTEM PEMANAS AIR TENAGA SURYA DENGAN KAPASITAS 600 LITER DAN TEMPERATUR OUTPUT RERATA 70oC UNTUK MENDUKUNG KEGIATAN USAHA UKM DI YOGYAKARTA
GHAFFAR YUZAN, Ir. Fauzun, S.T., M.T.,Ph.D.,IPM.,ASEAN.ENG.
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

5.3.1 Luasan Minimum *Solar Collector* 66
5.3.2 Perancangan Tangki 67
5.4 Perhitungan Radiasi *Beam* dan Difusi 72
5.5 *Transmittance-Absorptance Product Beam*, Difusi dan *Ground Reflected* 74
5.6 Perhitungan Radiasi Matahari yang Diserap Plat dan Radiasi Total Pada Permukaan Miring 77
5.7 Perhitungan Koefisien *Heatloss* 78
5.8 Perhitungan Faktor Perpindahan Kalor Kolektor 79
5.9 Perhitungan Temperatur Rata-Rata Plat 81
5.10 Perhitungan Efisiensi dan dan Hasil Akhir Perhitungan Rancangan Pemanas Air Tenaga Surya 82
5.11 Perhitungan Efisiensi Harian dan Hasil Akhir Perhitungan Rancangan Pemanas Air Tenaga Surya 82
5.12 Layout Hasil Perancangan Desain Sistem Pemanas Air Tenaga Surya 84
5.13 Pemilihan Komponen Pendukung Alat Sistem Pemanas Air Tenaga Surya 85
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN 87
6.1 Kesimpulan 87
6.2 Saran 88
DAFTAR PUSTAKA 90
LAMPIRAN 93

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**PERANCANGAN INSTALASI SISTEM PEMANAS AIR TENAGA SURYA DENGAN KAPASITAS 600 LITER DAN TEMPERATUR
OUTPUT RERATA 70oC UNTUK MENDUKUNG KEGIATAN USAHA UKM DI YOGYAKARTA**
GHAFFAR YUZAN, Ir. Fauzun, S.T., M.T.,Ph.D.,IPM.,ASEAN.ENG.
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Permintaan Energi Sektor Industri berdasarkan Jenis Energi 2
Gambar 2.1 Ilustrasi Sebuah Kolektor Surya Plat Datar……..9
Gambar 2.2 Ilustrasi Irisan Kolektor Surya Plat Datar 9
Gambar 2.3 Variasi Koefisien *Heat Loss* Atas dengan *Plate Spacing* 12
Gambar 3.1 Radiasi *Beam*, Difusi & *Ground Reflected* Pada Permukaan Miring 14
Gambar 3.2 Klasifikasi Sistem PATS 17
Gambar 3.3 Kolektor Matahari Tipe Pelat Datar 18
Gambar 3.4 Operasional PATS Sistem Aktif 19
Gambar 3.5 Sistem PATS Thermosyphon 19
Gambar 3.6 *Cross section* Kolektor Matahari Tipe Pelat Datar 20
Gambar 3.7 Gambaran Umum Jenis Sistem Penyimpanan dan Aplikasinya 23
Gambar 3.8 Skema Kesetimbangan Energi pada Tangki Penyimpanan..... 24
Gambar 3.9 Skema Variasi Temperatur pada Sistem LHS (a) proses *charging*, (b) proses *discharging* 26
Gambar 3.10 Diagram Pemilihan Pompa Standar 27
Gambar 3.11 Contoh Produksi perhari untuk operasi pengolahan daging..... 30
Gambar 3.12 Profil penggunaan air panas per jam yang dinormalisasi untuk aplikasi rumah tangga 31
Gambar 3.13 Tahanan Termal pada Bejana 33
Gambar 3.14 Pengaruh Jari-Jari Kritis 35
Gambar 3.15 Sudut-Sudut Radiasi Surya..... 36
Gambar 3.16 Sudut Datang dan Bias Pada Sebuah Medium dengan Indeks n1 ... 40
Gambar 3.17 Sudut Serang Efektif Untuk Radiasi Difusi dan *Ground reflected* Pada Permukaan Miring..... 41
Gambar 3.18 Rasio Absorptivitas Radiasi dan Absorptivitas Radiasi pada Normal Incidence untuk Permukaan Hitam Datar 42
Gambar 3.19 *Absorption* Radiasi Matahari pada plat 43
Gambar 3.20 Susunan *Tube* dan Lembar Plat *Abosrber* 47

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PERANCANGAN INSTALASI SISTEM PEMANAS AIR TENAGA SURYA DENGAN KAPASITAS 600 LITER DAN TEMPERATUR OUTPUT RERATA 70oC UNTUK MENDUKUNG KEGIATAN USAHA UKM DI YOGYAKARTA
GHAFFAR YUZAN, Ir. Fauzun, S.T., M.T.,Ph.D.,IPM.,ASEAN.ENG.
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar 3.21 Kolektor pelat datar yang terhubung secara paralel membuat satu modul 50
Gambar 3.22 N modul (m-FPC terhubung secara paralel) terhubung secara seri *(array)* 50
Gambar 3.23 Modul (m-FPC terhubung secara paralel) terhubung secara seri *(array)* 51
Gambar 4.1 Diagram Perancangan Sistem Pasif Pemanas Air Tenaga Surya 53
Gambar 4.2 Diagram Skema Sistem Pasif Pemanas Air Tenaga Surya 54
Gambar 4.3 Diagram Penelitian Perancangan Sistem Aktif Pemanas Air Tenaga Surya Keseluruhan 55
Gambar 4.4 Diagram Alir Perancangan *Flat Plate Collector* (FPC) 61
Gambar 4.5 Diagram Alir Perancangan Tangki Penyimpanan 63
Gambar 5.1 Lokus Penelitian dan Perancangan Alat 65
Gambar 5.2 Sketsa Ideal Ukuran Tangki 70
Gambar 5.3 Sketsa Modifikasi Ukuran Tangki 71
Gambar 5.4 Hasil Perancangan 3D Tampak Atas *Assembly* Sistem Pemanas Air Tenaga Surya 85

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PERANCANGAN INSTALASI SISTEM PEMANAS AIR TENAGA SURYA DENGAN KAPASITAS 600 LITER DAN TEMPERATUR OUTPUT RERATA 70oC UNTUK MENDUKUNG KEGIATAN USAHA UKM DI YOGYAKARTA
GHAFFAR YUZAN, Ir. Fauzun, S.T., M.T.,Ph.D.,IPM.,ASEAN.ENG.
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Spesifikasi Sistem yang Diuji dalam Penelitian..... 10
Tabel 2.2 Data Teknis Sistem Pemanas Air Tenaga Surya yang digunakan dalam Penelitian..... 11
Tabel 5.1 Tegangan Ijin Baja Karbon……..……67
Tabel 5.2 Koefisien Muai Volume..... 67
Tabel 5.3 Efisiensi Penyambungan pada Pengelesan 69
Tabel 5.4 Perhitungan Radiasi Beam dan Difusi 74
Tabel 5.5 Perhitungan *Transmittance Product Beam* 77
Tabel 5.6 Perhitungan *Transmittance Product* Difusi 77
Tabel 5.7 Perhitungan *Transmittance Product Ground Reflected*..... 77
Tabel 5. 8 Radiasi Matahari yang diserap oleh Plat..... 78
Tabel 5. 9 Hasil Akhir Perancangan Sistem Pemanas Air Tenaga Surya..... 83

UNIVERSITAS GADJAH MADA
PERANCANGAN INSTALASI SISTEM PEMANAS AIR TENAGA SURYA DENGAN KAPASITAS 600 LITER DAN TEMPERATUR OUTPUT RERATA 70oC UNTUK MENDUKUNG KEGIATAN USAHA UKM DI YOGYAKARTA
GHAFFAR YUZAN, Ir. Fauzun, S.T., M.T.,Ph.D.,IPM.,ASEAN.ENG.
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

Lambang	Arti	Satuan
A	Keliling insulasi samping dikali ketebalan kolektor	m^2
A_c	Luas kolektor	m^2
C_b	Ikatan konduksi *(bond conductance)*	W/(m^{o}C)
C_p	*Specific heat* pada tekanan konstan	J/(kg^{o}K)
D_o	Diameter luar *tube*	m
D_i	Diameter dalam *tube*	m
F	*Standard fin efficiency*	
F_R	Faktor pemindahan kalor kolektor (Efektivitas kolektor)	
F'	Faktor efisiensi kolektor	
G_{sc}	Konstanta radiasi	W/m^2
h_w	Koefisien perpindahan panas fluida angina	W/(m^2.^{o}C)
h_{fi}	Koefisien perpindahan panas fluida air dengan *tube*	W/(m^2.^{o}C)
I	Radiasi global yang dihitung oleh *pyranometer*	MJ/m^2
I_B	Radiasi *Beam*	MJ/m^2
I_D	Radiasi Difusi	MJ/m^2
I_O	*Extraterrestrial radiation* pada permukaan horizontal	MJ/m^2
I_T	Radiasi total yang dipancarkan ke kolektor	MJ/m^2
K	*Extinction coefficient*	m^{-1}
k_b	Konduktivitas termal insulasi bawah kolektor	W/(m ^{o}C)
k_e	Konduktivitas termal insulasi samping kolektor	W/(m ^{o}C)
k_f	Konduktivitas termal air	W/(m ^{o}C)
k_p	Konduktivitas termal air	W/(m ^{o}C)
K_T	*Clearness index*	
L	Ketebalan medium kaca	M
L_b	Tebal insulasi bagian bawah kolektor	M
L_e	Tebal insulasi bagian samping kolektor	M
L_t	Panjang *tube*	M
N	Jumlah *cover*	

UNIVERSITAS GADJAH MADA
PERANCANGAN INSTALASI SISTEM PEMANAS AIR TENAGA SURYA DENGAN KAPASITAS 600 LITER DAN TEMPERATUR OUTPUT RERATA 70oC UNTUK MENDUKUNG KEGIATAN USAHA UKM DI YOGYAKARTA
GHAFFAR YUZAN, Ir. Fauzun, S.T., M.T.,Ph.D.,IPM.,ASEAN.ENG.
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

N_u	Bilangan Nusselt	
n	Jumlah hari pada tanggal dilakukannya perhitungan	
n_1	Indeks bias udara	
n_2	Indeks bias kaca *cover*	
P_r	Bilangan Prandtl	
Q_u	Energi radiasi yang bisa digunakan aktual untuk memanaskan air	W
R_B	*Beam radiaton tilt factor*	
R_e	Bilangan Reynolds	
$r_\perp$	Komponen tegak lurus untuk radiasi matahari	
$r_\parallel$	Komponen sejajar untuk radiasi matahari	
S	Radiasi yang diserap oleh pelat *absorber*	MJ/m^2
T_m	Temperatur *bulk*	^{o}C
t_1	Waktu acuan pertama yang akan dicari	Jam
t_2	Waktu acuan kedua yang akan dicari	Jam
T_a	Temperatur *ambient* (lingkaran)	K
T_{fi}	Temperatur fluida masuk kolektor	K
T_{fo}	Temperatur fluida keluar kolektor	K
T_{s-new}	Temperatur fluida keluar tangki penyimpanan	K
T_{pm}	Temperatur rata-rata plat *(absorber)*	K
U_b	Koefisien perpindahan panas rugi-rugi bawah kolektor	W/m^2
U_e	Koefisien perpindahan panas rugi-rugi samping kolektor	W/m^2
U_L	Koefisien perpindahan panas rugi-rugi keseluruhan (total)	W/m^2
U_t	Koefisien perpindahan panas rugi-rugi atas kolektor	W/m^2
V	Kecepatan fluida dalam *tube*	m/s
V_w	Kecepatan angin	m/s
W	Jarak antar tube	M
α	Absorptivitas radiasi matahari dengan kondisi miring	
α_n	Absorptivitas radiasi matahari dengan kondisi normal	

PERANCANGAN INSTALASI SISTEM PEMANAS AIR TENAGA SURYA DENGAN KAPASITAS 600 LITER DAN TEMPERATUR
OUTPUT RERATA 70oC UNTUK MENDUKUNG KEGIATAN USAHA UKM DI YOGYAKARTA
GHAFFAR YUZAN, Ir. Fauzun, S.T., M.T.,Ph.D.,IPM.,ASEAN.ENG.
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

β	*Slope* kolektor terhadap permukaan horizontal	o
ϕ	Garis lintang	o
γ	Sudut Azimuth	o
δ	*Declination* (posisi sudut matahari di siang hari)	o
δ_p	Tebal plat *abosorber*	M
θ	Sudut serang radiasi *beam*	o
θ_2	Sudut bias radiasi *beam*	o
θ_{d1}	Sudut serang radiasi difusi	o
θ_{d2}	Sudut bias radiasi difusi	o
θ_{g1}	Sudut serang radiasi *ground reflectance*	o
θ_{g2}	Sudut bias radiasi *ground reflectance*	o
ε_p	Emisivitas pelat	
ε_g	Emisivitas kaca *cover*	
$\dot{m}_t$	*mass flow rate* fluida yang melewati *tube*	kg/s
$\dot{m}$	*mass flow rate* total fluida pada kolektor	kg/s
μ	Viskositas dinamik air	kg/(m.s)
ω	*Hour angle* rata-rata	o
ω_1	*Hour angle* pada waktu acuan pertama	o
ω_2	*Hour angle* pada waktu acuan kedua	o
ρ	Massa jenis fluida air pada temperatur bulk	kg/m^3
τ_a	Transmit 1	
τ_r	Transmit 2	
τ	Transmit radiasi dari kaca *cover*	
$(\tau\alpha)_B$	*Transmittance products beam*	
$(\tau\alpha)_D$	*Transmittance products* difusi	
$(\tau\alpha)_G$	*Transmittance products ground reflected*	
η	Efisiensi kolektor	