

SKRIPSI
INVESTIGASI KARAKTERISTIK PENGARUH DEBIT ALIRAN TERHADAP
EFISIENSI PENGUMPULAN AKUMULATIF TANGKI PEMANAS AIR TENAGA
SURYA SISTEM AKTIF YANG MELIBATKAN *PHASE CHANGE MATERIAL*

Diajukan Sebagai Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Program Studi S-1 Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta



UMY
UNIVERSITAS
MUHAMMADIYAH
YOGYAKARTA

Unggul & Islami

Disusun Oleh:

DARMAWAN MUKHLISIN

20160130166

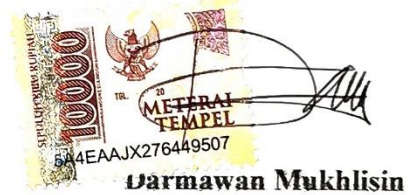
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA

2021

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi/tugas akhir berjudul “**Investigasi Karakteristik Pengaruh Debit Aliran Terhadap Efisiensi Pengumpulan Akumulatif Tangki Pemanas Air Tenaga Surya Sistem Aktif Yang Melibatkan *Phase Change Material***” adalah asli hasil karya saya dan di dalamnya tidak terdapat karya (tulisan) yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di perguruan tinggi lain sebelumnya. Selain itu, karya tulis ilmiah ini juga tidak berisi pendapat atau hasil penelitian yang sudah dipublikasikan oleh orang lain selain referensi yang ditulis dengan menyebutkan sumbernya di dalam naskah dan daftar pustaka.

Yogyakarta, 26 Juli 2021



Darmawan Mukhlisin

PERSEMBAHAN

Skripsi ini adalah bagian dari ibadah saya kepada Allah SWT karena kepada-Nya kami menyembah, dan kepada-Nya kami mohon pertolongan.

Sekaligus, sebagai ungkapan terima kasih kepada Bapak Elang Nahdi dan Ibu Arlis Hendriana yang terus memotivasi saya dalam hidup saya, serta kedua adik saya Dinda dan Dian atas semua dukungan dan bantuannya.

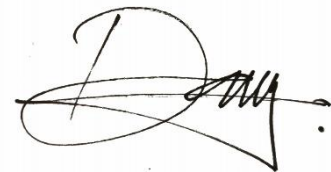
Almamater saya, terima kasih telah mengizinkan saya untuk belajar tanpa henti sampai akhir hayat saya.

KATA PENGANTAR

Dengan mengucap puji syukur atas kehadiran Allah SWT, yang telah memberikan limpahan rahmat dan hidayah nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul **“Investigasi Karakteristik Pengaruh Debit Aliran Terhadap Efisiensi Pengumpulan Akumulatif Tangki Pemanas Air Tenaga Surya Sistem Aktif Yang Melibatkan *Phase Change Material*”**.

Penulis sangat bersyukur dapat menyelesaikan tugas akhir ini yang merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana dan sebagai bukti bahwa penulis telah menyelesaikan pendidikan sarjananya di Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Selain itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penulis selama proses penyusunan Tugas Akhir ini. Semoga dibalas oleh Allah SWT.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini, penulis menyadari bahwa masih terdapat kesalahan dan jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran untuk membangun Tugas Akhir ini lebih baik lagi kedepannya. Penulis berharap semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca serta dapat digunakan sebagai referensi untuk penelitian selanjutnya. Atas perhatiannya saya ucapkan terima kasih.



Darmawan Mukhlisin

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyadari bahwa tersusunnya Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan, bimbingan, saran, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Berli Paripurna Kamiel, S.T., M. Eng. Sc., Ph.D, selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
2. Bapak Dr. Muhammad Nadjib, S.T., M. Eng., selaku pembimbing I yang telah memberikan banyak ilmu dan waktu luangnya untuk memberi masukan dan inspirasi terkait penulisan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Reli Adi Himarosa, S.T., M.Eng., selaku pembimbing II yang telah membimbing dan membantu selama proses pengerjaan Tugas Akhir.
4. Bapak Novi Caroko, S.T., M.Eng., selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan dan saran pada ujian pendadaran Tugas Akhir.
5. Seluruh pegawai dan staf TU Prodi dan Fakultas di Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
6. Ibu, Bapak, dan kedua adik serta seluruh keluarga yang telah memberikan banyak doa dan dukungan moral, maupun material selama penulis menempuh kuliah di Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
7. Kakak tingkat tim riset “Mbak Alen, Mas Yuda, Mas Ryan, Mas Elfath, Mas Wahyu dan Mas Aji”, yang telah membantu dalam menyelesaikan penelitian tugas akhir ini.
8. Teman seperjuangan “Yuni Nur Fatwaeni, Ahmad Sillahuddin, Angga Dwi Sentosa dan Dani Novryadi” yang telah banyak membantu penulis dalam penelitian tugas akhir.
9. Teman berdiskusi “Genia Priliarahma, Akhsanul Amal, Anneesha Nabilla, Fathoria Maharani, Ninta Oktavia, Rin Agustina, Nur Condro, Gilang, Enggar” yang telah memberi masukan dan semangat dalam menyelesaikan tugas akhir.
10. Teman-teman Teknik Mesin 2016, UKM Musik UMY, dan pihak-pihak yang telah membantu pembuatan tugas akhir yang tidak mungkin disebutkan satu persatu.

Terakhir, semoga Allah SWT membalas kebaikan dan jasa-jasa mereka semua dengan rahmat dan kebaikan yang terbaik dari-Nya dan semoga skripsi ini dapat bermanfaat untuk kemajuan teknologi, khususnya teknologi pemanas air tenaga surya sistem aktif.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	ii
PERNYATAAN	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
INTISARI	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
UCAPAN TERIMAKASIH	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR NOTASI	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Batasan Masalah	3
1.4. Tujuan Penelitian	4
1.5. Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI	5
2.1. Tinjauan Pustaka	5
2.2. Landasan Teori	8
2.2.1. Energi Surya	8
2.2.2. Pemanas Air Tenaga Surya (PATS)	9
2.2.3. <i>Thermal Energy Storage</i> (TES)	11
2.2.4. Kolektor Surya	13
2.2.5. <i>Phase Change Material</i>	14
2.2.6. Efisiensi Pengumpulan Akumulatif Tangki.....	15
2.2.7. <i>Solar Simulator</i>	16
BAB III METODE PENELITIAN	18
3.1. Bahan Penelitian	18

3.2. Alat Penelitian	19
3.3. Prosedur Penelitian	27
3.4. Kesulitan Penelitian	30
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	31
4.1. Hasil Uji <i>Solar Simulator</i>	31
4.2. Kalibrasi Rotameter	31
4.3. Kalibrasi Termokopel	32
4.4. Evolusi Temperatur <i>Input</i> dan <i>output</i> Tangki TES	34
4.5. Evolusi Temperatur Rata-rata HTF	35
4.6. Evolusi Temperatur Rata-rata PCM	35
4.7. Perbandingan Evolusi Temperatur Rata-rata HTF dan PCM	36
4.8. Energi Berguna	37
4.9. Efisiensi Pengumpulan Akumulatif	38
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	40
5.1 Kesimpulan	40
5.2 Saran	40
DAFTAR PUSTAKA	41
LAMPIRAN	44

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Skema struktur Surya	9
Gambar 2.2. PATS sistem aktif	10
Gambar 2.3. PATS Sistem <i>Thermosyphon</i>	11
Gambar 2.4. Proses pemanasan suatu zat	13
Gambar 2.5. Kolektor surya pelat datar	14
Gambar 2.6. Skema <i>solar simulator</i>	16
Gambar 3.1. <i>Paraffin wax</i> jenis RT55	19
Gambar 3.2. Skema alat penelitian	19
Gambar 3.3. <i>Solar simulator</i>	20
Gambar 3.4. Tangki PATS	20
Gambar 3.5. Kolektor surya	21
Gambar 3.6. <i>Dimmer</i> pompa air	21
Gambar 3.7. Piranometer	22
Gambar 3.8. Pompa	23
Gambar 3.9. Pipa rucika JIS	23
Gambar 3.10. Rotameter air	24
Gambar 3.11. <i>Voltage regulator</i>	24
Gambar 3.12. Kapsul PCM	25
Gambar 3.13. Termokopel Tipe K	25
Gambar 3.14. Akuisisi Data	26
Gambar 3.15. Laptop	26
Gambar 3.16. Diagram Alir Penelitian	27
Gambar 4.1. Posisi penempatan piranometer pada <i>solar simulator</i>	31
Gambar 4.2. Sketsa letak termokopel pada bagian dalam tangki TES	33
Gambar 4.3. Evolusi temperatur <i>Input</i> dan <i>Output</i> Tangki TES	34
Gambar 4.4. Evolusi temperatur rata-rata HTF	35
Gambar 4.5. Evolusi temperatur rata-rata PCM	36
Gambar 4.6. Perbandingan evolusi temperatur HTF dan PCM	36
Gambar 4.7. Energi panas berguna	37
Gambar 4.8. Efisiensi pengumpulan akumulatif	38

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Karakteristik Penting PCM	14
Tabel 3.1. Detail <i>properties</i> air	18
Tabel 3.2. Spesifikasi <i>Paraffin wax</i> RT55	18
Tabel 3.3. Spesifikasi kolektor surya	21
Tabel 3.4. Spesifikasi piranometer Onset S-LIB-M003	22
Tabel 3.5. Spesifikasi pompa	23
Tabel 3.6. Spesifikasi AT4532 <i>Multi-Channel Temperature Meter</i>	26
Tabel 3.7. Spesifikasi laptop	26
Tabel 4.1. Hasil uji <i>solar simulator</i>	31
Tabel 4.2. Hasil Kalibrasi Rotameter	32
Tabel 4.3. Kalibrasi Termokopel	32
Tabel 4.4. Perbandingan antara efisiensi dengan debit aliran	39

DAFTAR NOTASI

PATS	: Pemanas Air Tenaga Surya
HTF	: <i>Heat Transfer Fluid</i>
TES	: <i>Thermal Energy Storage</i>
SHS	: <i>Sensible Heat Storage</i>
LHS	: <i>Latent Heat Storage</i>
PCM	: <i>Phase Change Material</i>
Q_s	: Energi Tersimpan (J)
m	: massa material (kg)
c_p	: Panas Jenis (kJ/kg.°C)
Q_{kol}	: Energi diserap kolektor (Watt)
Q_u	: Energi Berguna (kW)
η_c	: Efisiensi kolektor (%)
I_c	: Radiasi <i>solar simulator</i> (W/m ²)
A_c	: Luas Permukaan Kolektor (m ²)
$T_{c,out}$: Temperatur air keluar kolektor (°C)
$T_{c,in}$: Temperatur air masuk kolektor (°C)
\dot{m}	: Laju Aliran Massa (Kg/s)
$T_{w,2}$: Temperatur air tangki awal (°C)
$T_{w,1}$: Temperatur air tangki akhir (°C)
η	: Efisiensi Pengumpulan Akumulatif (%)

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data <i>Sheet</i> PCM RT55	44
Lampiran 2. <i>Saturated Water</i>	45
Lampiran 3. Data riil temperatur <i>input</i> dan <i>output</i> variasi debit 2 LPM	46
Lampiran 4. Data riil temperatur <i>input</i> dan <i>output</i> variasi debit 3 LPM	50
Lampiran 5. Data riil temperatur <i>input</i> dan <i>output</i> variasi debit 4 LPM	54
Lampiran 6. Data riil temperatur HTF variasi debit 2 LPM	58
Lampiran 7. Data riil temperatur HTF variasi debit 3 LPM	62
Lampiran 8. Data riil temperatur HTF variasi debit 4 LPM	66
Lampiran 9. Data riil temperatur PCM variasi debit 2 LPM	70
Lampiran 10. Data riil temperatur PCM variasi debit 3 LPM	74
Lampiran 11. Data riil temperatur PCM variasi debit 4 LPM	78
Lampiran 12. Data Efisiensi Pengumpulan Akumulatif 2 LPM	82
Lampiran 13. Data Efisiensi Pengumpulan Akumulatif 3 LPM	86
Lampiran 14. Data Efisiensi Pengumpulan Akumulatif 4 LPM	90
Lampiran 15. Temperatur lingkungan saat pengujian debit aliran 2, 3, dan 4 LPM.....	94