

**RANCANG BANGUN PROTOTYPE PEMANAS AIR TENAGA
SURYA TIPE PARALEL DENGAN KOLEKTOR SURYA PELAT
DATAR**

SKRIPSI

BIDANG KONVERSI ENERGI

Diajukan untuk memenuhi persyaratan

Memperoleh gelar Sarjana Teknik (S1)



MUSLIMIN

NIM : 161210174

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK & ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PONTIANAK**

2022

LEMBAR PENGESAHAN

**RANCANG BANGUN PROTOTYPE PEMANAS AIR TENAGA SURYA
TIPE PARALEL DENGAN KOLEKTOR SURYA PLAT DATAR**

SKRIPSI

BIDANG KONVERSI ENERGI

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



MUSLIMIN

161210174

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh para dosen
pada tanggal februari 2022

Pembimbing I

Pembimbing II

(Eko Sarwono, ST., MT)

NIDN. 0018106901

(Euazen, ST., MT.)

NIDN. 1122087301

Penguji I

Penguji II

(Gunarto, ST., M.Eng)

NIDN. 0009097301

(Dr. Doddy Irawan, M..Eng)

NIDN. 1121108001

Mengetahui
Ketua Program Studi Teknik Mesin
Fakultas Teknik

(Eko Julianto, ST., M.T)

NIDN. 1118078703

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur - unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang - undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Pontianak, November 2021

Mahasiswa,

Muslimin
NIM.161210174

LEMBAR IDENTITAS TIM PENGUJI SKRIPSI

JUDUL SKRIPSI :

Rancang Bangun Prototype Pemanas Air Tenaga Surya Tipe Paralel Dengan Kolektor Surya Plat Datar

Nama Mahasiswa : Muslimin
NIM : 161210174
Program Studi : Teknik Mesin

DOSEN PEMBIMBING :

Dosen Pembimbing I : Eko Sarwono, ST.,MT
Dosen Pembimbing II : Fuazen, ST., M.T

TIM DOSEN PENGUJI :

Dosen Penguji I : Gunarto, ST., M.Eng
Dosen Penguji II : Dr.Doddy Irawan, ST.,M.Eng
Tanggal Ujian : November 2021

Pontianak, November 2021

Mengetahui
Ketua Program Studi Teknik Mesin
Fakultas Teknik

Eko Julianto, ST., M.T

NIDN. 1118078703

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Alhamdulillah Rabbil 'Alamin. Segala puji syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT, yang telah memberikan rahmat dan hidayahnya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “RANCANG BANGUN PROTOTYPE PEMANAS AIR TENAGA SURYA TIPE PARALEL DENGAN KOLEKTOR SURYA PELAT DATAR” dengan baik. Sholawat dan salam semoga tercurah kepada Rasulullah Muhammad saw., beserta keluarga dan sahabatnya.

Penulis skripsi ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu dengan segenap kerendahan hati tidak lupa penulis mengucapkan ribuan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah turut membantu dalam pembuatan skripsi ini.

Dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua tercinta yang telah banyak memberikan doa dan motivasinya selama penulis menuntut ilmu.
2. Dr. Doddy Irawan ST., M.Eng. selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Pontianak.
3. Eko Sarwono ST., MT. dan Fuazen, ST., MT. selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan saran dan bimbingan selama penelitian dan penyelesaian skripsi.
4. Eko Julianto, ST., MT. selaku ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Pontianak.
5. Seluruh jajaran Dosen dan Staf Akademik Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Pontianak.
6. Seluruh teman-teman angkatan 2016 yang selalu membantu dan memberikan semangat kepada penulis. Terima kasih atas segala kritik dan saran serta motivasi yang telah kalian berikan.
7. Saudara serta teman-teman yang selalu memberikan semangat, dukungan serta doa.

8. Semua pihak terkait yang telah membantu dalam pembuatan dan percetakan skripsi, sehingga bisa terselesaikan dengan baik.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa penulisan skripsi ini masih belum sempurna. Oleh karena itu dengan segala kerendahan hati penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan skripsi ini. Akhir kata penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan berguna dalam memperluas wawasan maupun sebagai ilmu pengetahuan bagi masyarakat untuk memajukan dibidang energi.

Pontianak, November 2021

Penulis

Muslimin

161210174

RINGKASAN

Muslimin, Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Dan Ilmu Komputer, Universitas Muhammadiyah Pontianak, November 2021, Rancang Bangun Prototype Pemanas Air Tenaga Surya Tipe Paralel Dengan Kolektor Surya Pelat Datar
Dosen Pembimbing : Eko Sarwono dan Fuazen.

Energi terbarukan adalah sumber energi yang cepat dipulihkan kembali secara alami dan prosesnya berkelanjutan, oleh karena itu dibandingkan dengan energi fosil, energi terbarukan lebih unggul dari segi pemakaian. Disamping itu energi fosil juga berdampak buruk bagi pencemaran lingkungan. Energi surya adalah salah satu sumber energi terbarukan yang memiliki potensi untuk dimanfaatkan terutama di daerah yang beriklim tropis.

Pemanas air dengan kolektor surya adalah alat sederhana yang digunakan untuk memanaskan air dengan memanfaatkan energi panas matahari. Kolektor plat datar dirancang dengan ukuran 115 m x 0,60 m dengan kemiringan kolektor 30°. Variabel yang diukur pada penelitian ini adalah temperatur air masuk kolektor (T1), temperatur air keluar kolektor (T2), temperatur permukaan plat (T3), temperatur permukaan kaca (T4), temperatur air dalam bak (T5), temperatur lingkungan (TL), dan energi matahari yang diterima (G). Dari hasil penelitian ini dapat diketahui temperatur air keluar kolektor tertinggi pada sudut kemiringan kolektor 30° yaitu sebesar 43,5°. Intensitas radiasi matahari yang diterima oleh plat absorber kolektor (S) $439664,7373 \text{ J/m}^2\text{s}$. Koefisien perpindahan panas radiasi dari kaca ke udara adalah $0,1613571323 \text{ m}^2\text{K/W}$. Koefisien perpindahan panas radiasi dari plat ke kaca adalah $0,147153533 \text{ m}^2\text{K/W}$. Diperoleh nilai heat gain yang dihasilkan sebesar 16561,03055 J/s.

Kata kunci : pemanas air, sudut kemiringan kolektor, radiasi surya, kolektor plat datar, heat gain.

SUMMARY

Muslimin, Mechanical Engineering Study Program, Faculty of Engineering and Computer Science, University of Muhammadiyah Pontianak, November 2021, Design of a Parallel Type Solar Water Heater Prototype With Flat Plate Solar Collector
Supervisor : Eko Sarwono and Fuazen.

Renewable energy is an energy source that is quickly recovered naturally and the process is sustainable, therefore compared to fossil energy, renewable energy is superior in terms of usage. Besides, fossil energy also has a negative impact on environmental pollution. Solar energy is one of the renewable energy sources that has the potential to be utilized, especially in tropical climates.

A water heater with a solar collector is a simple device used to heat water by utilizing solar thermal energy. The flat plate collector is designed with a size of 115 m x 0.60 m with a collector slope of 30°. The variables measured in this study were the temperature of the water entering the collector (T1), the temperature of the water leaving the collector (T2), the surface temperature of the plate (T3), the surface temperature of the glass (T4), the temperature of the water in the tub (T5), and the ambient temperature (TL). , and received solar energy (G). From the results of this study, it can be seen that the highest collector exit water temperature is at an angle of 30 collector, which is 43.5°. The intensity of solar radiation received by the absorber collector plate (S) is 439664,7373 J/m²s . The coefficient of radiant heat transfer from glass to air is 0.1613571323 m² K/W. The coefficient of radiant heat transfer from plate to glass is 0.147153533 m² K/W. The resulting heat gain value is 16561,03055 J/s.

Keywords: water heater, collector tilt angle, solar radiation, flat plate collector, heat gain.

DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
LEMBAR ORISINILITAS.....	iii
LEMBAR IDENTITAS TIM PENGUJI SKRIPSI	iv
LEMBAR RINGKASAN.....	v
SUMMARY.....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	2
1.2. Perumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian	3
1.6. Sistematika Penulisan	3
BAB II LANDASAN TEORI.....	5
2.1. Tinjauan Pustaka.....	5
2.2. Dasar Teori	7
2.2.1. Pengertian Umum Tentang Air	7

2.2.2. Debit Air	8
2.2.3. Kalor	9
2.2.4. Laju Aliran Massa	9
2.2.5. Pengertian Pompa.....	10
2.2.6. Pengertian Pipa	11
2.2.7. Kolektor	12
2.3. Intensitas Matahari	13
2.3.1. Energi Matahari.....	13
2.3.2. Asas Black	14
2.3.3. Stefan-Boltzman.....	15
2.4. Perpindahan Panas	15
2.4.1. Perpindahan Panas Konduksi.....	16
2.4.2. Perpindahan Panas Konveksi.....	17
2.4.3. Perpindahan Panas Radiasi	21
BAB III METODELOGI PENELITIAN	23
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian.....	23
3.2. Metode Penelitian	23
3.3. Langkah-langkah Penelitian	23
3.3.1. Pembuatan Alat	23
3.3.2. Tahap Pengujian.....	24
3.3.3. Analisis Data.....	24
3.4. Skema Gambar Alat	25
3.5. Sistem Cara Kerja Alat.....	25
3.6. Alat dan Bahan.....	26
3.6.1. Alat yang digunakan.....	26
3.6.2. Bahan yang digunakan	26
3.7. Diagram Alir Penelitian	27

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	28
4.1. Perancangan Kerja Alat.....	28
4.1.1. Memperoleh nilai luas kolektor yang digunakan	28
4.2. Hasil Perancangan Alat	32
4.3. Perhitungan Analisa Data Temperatur air	37
4.4. Perhitungan Massa Jenis Air	38
4.5. Perhitungan Debit Air	39
4.6. Laju Aliran Massa.....	39
4.7. Kecepatan Fluida	40
4.8. Laju Aliran Volumetrik	41
4.9. Analisa Intensitas Radiasi Matahari.....	41
4.10. Analisa Sudut Jam Matahari.....	41
4.11. Analisa Sudut Datang Cahaya Matahari	42
4.12. Sudut Datang Bidang Horizontal.....	42
4.13. Radiasi Matahari Extraterrestrial Bidang Horizontal.....	42
4.14. Intensitas Matahari Langsung (I_b).....	43
4.15. Intensitas Matahari Diffuse (I_d).....	44
4.16. Intensitas Matahari Total yang Diterima oleh Permukaan Bumi (I_T).....	44
4.17. Intensitas Radiasi Matahari yang diterima oleh Plat Absorber Kolektor (S).....	44
4.18. Koefisien Perpindahan Panas Radiasi dari Kaca ke Udara	45
4.19. Koefisien Perpindahan Panas Radiasi dari Plat ke Kaca.....	45
4.20. Perhitungan Koefisien Kehilangan Perpindahan Panas Total Pada Kolektor Surya	45
4.21. Perhitungan Nilai Heat Gain.....	46
4.22. Perhitungan Nilai Heat Loss	46
4.23. Perhitungan Perpindahan Panas Secara Konduksi, Konveksi, dan Radiasi Pada Pelat Datar	47

4.23.1. Perpindahan Panas Konduksi	47
4.23.2. Perpindahan Panas Konveksi.....	48
4.23.3. Perpindahan Panas Radiasi.....	50
4.24. Anggaran Biaya Pembuatan Alat.....	51
BAB V PENUTUP	52
5.1. Kesimpulan.....	52
5.2. Saran.....	52
DAFTAR PUSTAKA.....	53
LAMPIRAN	55

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 jarak antara bumi dan matahari	13
Gambar 2.2 perpindahan panas konduksi,konveksi,dan radiasi	16
Gambar 2.3 perpindahan panas konduksi	16
Gambar 2.4 perpindahan panas konveksi.....	18
Gambar 2.5 perpindahan panas radiasi	21
Gambar 3.1 gambar alat tampak kanan.....	25
Gambar 3.2 diagram alir penelitian	27
Gambar 4.1 kerangka kolektor	29
Gambar 4.2 pelat datar	30
Gambar 4.3 pipa paralel	31
Gambar 4.4 tangki penampung	31
Gambar 4.5 tampilan grafik suhu dan waktu dihari pertama	34
Gambar 4.6 tampilan grafik suhu dan waktu dihari kedua	35
Gambar 4.7 tampilan grafik suhu dan waktu dihari ketiga	37

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 perbedaan antara konveksi alami dan konveksi paksa	20
Tabel 4.1 pengambilan data pelat datar dihari pertama	32
Tabel 4.2 pengambilan data pelat datar dihari kedua	34
Tabel 4.3 pengambilan data pelat datar dihari ketiga	36
Tabel 4.4 perhitungan rata-rata massa jenis air	38
Tabel 4.5 hasil perhitungan perpindahan panas konduksi pada pipa.....	48
Tabel 4.6 rancangan anggaran biaya.....	51

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan satu di antara negara dengan potensi energi baru terbarukan yang besar, seperti tenaga matahari, panas bumi, dan air, termasuk lautan. Energi terbarukan adalah sumber energi yang cepat dipulihkan kembali secara alami dan prosesnya berkelanjutan, oleh karena itu dibandingkan dengan energi fosil, energi terbarukan lebih unggul dari segi pemakaian. Di samping itu, energi fosil juga berdampak buruk bagi pencemaran lingkungan. Dengan memanfaatkan teknologi yang ada saat ini, berbagai macam energi sudah dapat dikonversikan khususnya energi matahari. Energi matahari dapat dikonversi menjadi listrik menggunakan baterai dan media beberapa tambahan menjadi energi termal menggunakan kolektor surya, dan menjadi energi mekanis menggunakan *solar power plants* (Ceylan, 2011).

Pemanfaatan energi matahari di Indonesia sangat cocok untuk diterapkan, satu di antaranya untuk memanaskan air. Air panas dapat disediakan dengan berbagai macam proses, antara lain yang telah umum kita lakukan yaitu dengan merebus menggunakan sumber panas api. Tetapi, di zaman sekarang sudah banyak kita temukan alat pemanas air dengan sistem tenaga surya (*Solar Water Heater System*) yang merupakan jenis pemanas air dengan menggunakan tenaga surya sebagai sumber utama energi yang digunakan.

Di Provinsi Kalimantan Barat sendiri khususnya daerah Kota Pontianak berada tepat digaris khatulistiwa dimana sinar radiasi matahari rata-rata sebesar 3.96 - 5.25 kWh/m² dalam sehari. Kota Pontianak termasuk beriklim tropis dengan suhu tinggi 28-32°C. rata-rata kelembapan dalam daerah kota Pontianak minimum 53% dan maksimum 73%. Suhu udara maksimum mencapai 33°C di kab. Melawi, suhu udara rata-rata 25.1°C sampai 27.8°C, suhu udara minimum terendah 22.4°C di kab. Sintang.

(Tribunpontianak.co.id,Pontianak2018)

Satu di antara pemanfaatan energi matahari ini adalah dengan pembuatan alat pemanas air tenaga surya. Alat pemanas tenaga surya yang akan dibuat ini dirancang sesederhana mungkin dengan menggunakan material yang ringan dan ekonomis, sehingga diharapkan bisa diterapkan di semua lapisan masyarakat Indonesia dan praktis dalam pengoperasiannya.

Pemanas air surya dapat digolongkan menjadi 2 jenis, yaitu pemanas pasif dan pemanas aktif. Pemanas pasif murni mengandalkan panas matahari dan tidak menggunakan listrik. Sedangkan pemanas aktif memanfaatkan pompa dan sistem kontrol tenaga listrik serta dilengkapi dengan *emergency back-up*. Pemanas air surya pasif memiliki 2 bagian, yaitu panel kolektor dan tangki penyimpan air yang saling terhubung dengan dua pipa. Panel kolektor yang ditutup oleh kaca, di dalamnya terdapat rangkaian pipa sebagai jalannya air.

Untuk meningkatkan efektifitas pemanfaatan energi surya, dibuatlah penelitian ini untuk merancang dan menguji pemanas air tenaga surya tipe pelat datar. Pemanas air tenaga surya ini dirancang sederhana agar lebih mudah dioperasikan sekaligus mendapatkan hasil yang efisien. Alat pemanas air tenaga surya diharapkan dapat meningkatkan pemanfaatan energi surya dalam memenuhi kebutuhan masyarakat.

1.2. Perumusan Masalah

- a. Bagaimana merancang kolektor surya pelat datar untuk menghasilkan air hangat dalam skala rumah tangga?
- b. Bagaimana pengaruh pipa yang tersusun secara paralel terhadap unjuk kerja kolektor?

1.3. Batasan Masalah

- a. Air yang digunakan adalah air sumur bor.
- b. Penelitian dilakukan dengan model alat pemanas air tenaga surya dengan tipe pelat datar.
- c. Pemakaian atau pengambilan air panas dilakukan setiap 1 jam sekali.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah:

- a. Membuat perancangan pemanas air tenaga surya dengan kolektor surya pelat datar untuk menghasilkan air hangat dalam skala rumah tangga.
- b. Mengetahui suhu maksimum pada tangki penyimpanan air panas.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penulisan tugas akhir ini adalah :

- a. Dikembangkan untuk membuat produk teknologi pemanas air energi surya sederhana yang sesuai dengan kondisi cuaca di Indonesia.
- b. Mengurangi ketergantungan penggunaan kayu bakar, minyak dan gas bumi khususnya untuk memanaskan air.
- c. Mendapatkan kolektor surya pemanas air yang lebih baik.

1.6. Sistematika Penulisan

Penulisan laporan tugas akhir ini disusun menjadi beberapa bab dengan sistematika penulisan sebagai berikut :

BAB I. PENDAHULUAN

Latar Belakang, Rumusan Masalah, Batasan Masalah, Tujuan Penelitian, Manfaat Penelitian, Metode Penelitian, Sistematika Penulisan.

BAB II. LANDASAN TEORI

Berisikan tentang teori-teori dasar yang berhubungan dengan definisi, perhitungan-pehitungan yang sangat erat dengan permasalahan yang sedang dibahas.

BAB III. METODE PENELITIAN

Data teknik, prosedur pengambilan data, *flow chart*, alat dan bahan untuk menyelesaikan pengolahan data sesuai dengan materi yang dibahas.

BAB IV. HASIL PENGOLAHAN DATA

Berisikan tentang hasil pengolahan data untuk dapat ditampilkan dalam bentuk grafis sebagai bahan perbandingan.

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

Berisikan kesimpulan dari hasil pembahasan sebelumnya dan saran-saran yang dapat diberikan dalam perencanaan ini.

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Dalam perancangan pada penelitian ini telah dibuat alat pemanas air tenaga surya dengan menggunakan tipe pelat datar yang berukuran 1,15m x 0,60m. Di atas pelat absorber tersusun pipa stainless steel dengan diameter ½ inch. Aliran pipa disusun secara paralel dengan total 6 haluan, Panjang 1 haluan pipa 1,1 m dan jarak antar pipa 8cm.
2. Diketahui unjuk kerja kolektor dengan kapasitas 60 liter yang dipanaskan dari pukul 10.00 wib hingga 15.00 wib mencapai temperatur maksimum 42,7°c.
3. Dalam penelitian ini diketahui bahwa efisiensi sebuah kolektor memiliki nilai yang tidak tetap karena dipengaruhi oleh radiasi yang disebabkan dari matahari.

5.2. Saran

1. Dalam pembuatan konstruksi alat, alangkah baiknya terisolasi dengan baik agar tidak ada kebocoran.
2. Untuk penelitian selanjutnya bahan pipa stainless steel diganti dengan pipa tembaga agar pengujian yang dihasilkan lebih maksimal.
3. Pemasangan isolator dan kaca harus serapat mungkin untuk menghindari kehilangan panas.
4. Pada saat melakukan pengujian diharapkan untuk menempatkan alat pada lokasi yang terbuka sehingga tidak menghalangi sinar matahari ke alat.

DAFTAR PUSTAKA

Andreassa Harianja, 2016, *Pembuatan Dan Pengujian Suplai Panas Hibrid Menggunakan Kolektor Surya Dan Radiator Pada Alat Pengereng Ikan Teri*. Skripsi Jurusan Teknik Mesin, Universitas Lampung.

Ikki Adji Dharma, 2016, *Analisis Performa Pemanas Air Dengan Sumber Energi Matahari*, TA 1010 Surabaya : Program Studi D3 Teknik Mesin FTI-ITS.

Incropera, Frank P, dkk. *Fundamentals of heat and Mass Transfer, 6 Edition*. 2007, John Willey and Sons, Inc.

Kreith Frank, 1976, *Principles Of Heat Transfer, Third Edition*. Harper & Row, Publisher.

Reynolds William C, Henry C. Perkins, 1977, *Engineering Thermodynamics, 2nd edition*. McGraw-Hill, Inc.

J.Pritchard, Philip, 2011, *Fox and McDonald's Introduction To Fluid Mechanics*, Manhattan College, John Willey and Sons, Inc.

Ir. Joko Sarsetiyanto, M.T. *Perpindahan Panas*, Diktat D3 Teknik Mesin, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Luqman Buchori, ST, MT. *Perpindahan panas (Heat Exchanger)*. Diktat Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik UNDIP Semarang.

Renaldo Maxilion, 2016, *Rancang Bangun Alat Pemanas Air Tenaga Surya Sederhana*. TA 1023 Surabaya : Program Studi D3 Teknik Mesin FTI-ITS.

Prasetya Nurwidhi Anggara, 2008, *Pemanas Air Energi Surya Dengan Kolektor Pipa Seri*. Skripsi Jurusan Teknik Mesin, Universitas Sanata Dharma.

Nugroho Dionisus, 2009, *Pemanas air energi suya menggunakan kolektor CPC 0 derajat, Diameter pipa 3/4 dan 5/8*. Skripsi Jurusan Teknik Mesin, Universitas Sanata Dharma.

Frengky Frans Jacky, 2016, *Pembuatan alat pemanas air tenaga surya sederhana untuk mengetahui laju konveksi*. Skripsi jurusan Pendidikan Fisika Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Pasir Pengaraian Kabupaten Rokan Hulu.

Setyadi Dwi Unggul, 2015, *Pengaruh Sudut Kemiringan Kolektor Terhadap Efisiensi Termal Pada Kolektor Surya Pelat Datar Dengan Penambahan Eksternal Annular Fin Pada Pipa*. TA-TM141585, Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh November.

Darmanto Ganang, 2018, *Pemodelan dan Simulasi Air Energi Surya Menggunakan Kolektor Pipa Paralel*. Skripsi Jurusan Teknik Mesin Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Sanata Dharma.

Saputra Hariyono Armada Gilang, 2017, *Studi Eksperimental Pemanas Air Tenaga Surya Dengan Kolektor Surya Plat Datar, Plat Bergelombang Setengah Lingkaran, dan Plat Bergelombang Segitiga*. TA-TM095502, Program Studi D3 Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh November.

Tirtoatmodjo, R., & Handoyo, E.A. (1999). *Unjuk Kerja Pemanas Air Jenis Kolektor Surya Plat Datar Dengan Satu dan Dua Kaca Penutup*. Jurnal Teknik Mesin, Vol. 1, pp. 116-121.