

RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING DAN DATA
LOGGER *SOLAR WATER HEATER* BERBASIS IOT



SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan Pendidikan diploma empat
(D-4) Program Studi Teknik Pembangkit Energi Jurusan Teknik Mesin Politeknik
Negeri Ujung Pandang

AURELIA ZAYNAH FIRDAUS
FADLAN AMAL FIRMAN

442 19 005
442 19 009

PROGRAM STUDI D-4 TEKNIK PEMBANGKIT ENERGI
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG
MAKASSAR

2023

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi dengan judul “Rancang Bangun Sistem Monitoring Dan Data Logger *Solar Water Heater* Berbasis IoT” oleh Aurelia Zaynah Firdaus NIM 442 19 005 dan Fadlan Amal Firman 442 19 009 telah diterima dan disahkan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Program Studi Teknik Pembangkit Energi Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, September 2023

Mengesahkan,

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II



Ir. Chandra Bhuana, M.T.

Marhatang, S.ST., M.T.

NIP.19650319 191103 1 003

NIP.19741117 200212 1 002

Mengetahui,

Koordinator Program Studi



Ir. Chandra Bhuana, M.T.

NIP.19650319 191103 1 003

HALAMAN PENERIMAAN

Pada hari ini, Jumat 15 September 2023, Tim Penguji Ujian Sidang Skripsi telah menerima dengan baik skripsi oleh mahasiswa: Aurelia Zaynah Firdaus NIM 442 19 005 dan Fadlan Amal Firman NIM 442 19 019 dengan judul "Rancang Bangun Sistem Monitoring Dan Data Logger *Solar Water Heater* Berbasis IoT".

Makassar, September 2023

Tim Penguji Ujian Skripsi :

1. Prof. Ir. Makmur Saeni, M.T., Ph.D. Ketua ()
2. Ir. Herman, M.T. Sekretaris ()
3. Prof. Dr. Ir. Firman, M.T. Anggota ()
4. Ir. La Ode Musa, M.T. Anggota ()
5. Ir. Chandra Bhuana, M.T. Pembimbing I ()
6. Marhatang, S.ST., M.T. Pembimbing II ()

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Aurelia Zaynah Firdaus

NIM : 442 19 005

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam skripsi ini yang berjudul “Rancang Bangun Sistem Monitoring Dan Data Logger *Solar Water Heater* Berbasis IoT” merupakan gagasan dan hasil karya saya sendiri dengan arahan komisi pembimbing dan belum pernah diajukan dalam bentuk apapun pada perguruan tinggi dan instansi manapun.

Semua data informasi yang digunakan telah dinyatakan secara jelas dan dapat diperiksa kebenarannya. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya penulis lain telah disebutkan dalam naskah dan dicantumkan dalam skripsi ini.

Jika pernyataan saya tersebut diatas tidak benar, saya siap menanggung risiko yang ditetapkan oleh Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, 15 September 2023



Aurelia Zaynah Firdaus
NIM 442 19 005

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Fadlan Amal Firman

NIM : 442 19 009

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam skripsi ini yang berjudul “Rancang Bangun Sistem Monitoring Dan Data Logger *Solar Water Heater* Berbasis IoT” merupakan gagasan dan hasil karya saya sendiri dengan arahan komisi pembimbing dan belum pernah diajukan dalam bentuk apapun pada perguruan tinggi dan instansi manapun.

Semua data informasi yang digunakan telah dinyatakan secara jelas dan dapat diperiksa kebenarannya. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya penulis lain telah disebutkan dalam naskah dan dicantumkan dalam skripsi ini.

Jika pernyataan saya tersebut diatas tidak benar, saya siap menanggung risiko yang ditetapkan oleh Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, 15 September 2023



Fadlan Amal Firman
NIM 442 19 019

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatu. Alhamdulillah Hirobbil Alamin, puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT. atas rahmat dan hidayah-nya sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan. Shalawat serta salam tak lupa kita curahkan kepada Nabi Muhammad SAW.

Tugas akhir yang berjudul “Rancang Bangun Sistem Monitoring Dan Data Logger *Solar Water Heater* Berbasis IoT” ini merupakan salah satu syarat yang harus dipenuhi untuk menyelesaikan Pendidikan Diploma IV pada Program Studi Teknik Pembangkit Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang

Pada kesempatan kali ini dengan tanpa menghilangkan rasa hormat, penulis ucapkan banyak terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini baik dari segi moral maupun materi. Oleh karenanya penulis ucapkan terima kasih kepada :

1. Orang tua dan saudara-saudara penulis yang telah memberikan dukungan materi serta doa.
2. Bapak Ir. Ilyas Mansur, M.T. selaku Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang
3. Bapak Dr. Ir. Syaharuddin Rasyid, M.T. Selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang yang telah memberi kesempatan untuk melakukan ujian sidang skripsi.

4. Bapak Ir. Chandra Bhuana, M.T. selaku Ketua Program Studi D4 Teknik Pembangkit Energi dan selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak membantu dan membimbing dalam mengerjakan tugas akhir ini.
5. Bapak Marhatang, S.ST., M.T. selaku Dosen Pembimbing II yang telah banyak membantu dan membimbing dalam mengerjakan tugas akhir ini.
6. Seluruh Dosen dan Karyawan Politeknik Negeri Ujung Pandang yang tidak dapat disebutkan namanya satu persatu atas torehan ilmunya kepada penulis.
7. Seluruh teman-teman Teknik Mesin angkatan 2019 khususnya kelas 4A Teknik Pembangkit Energi atas kebersamaan dan kerjasama selama ini.
8. Seluruh teman-teman dan sahabat yang telah memberikan motivasi.
9. Semua pihak yang telah membantu penulis baik secara langsung maupun tidak langsung.

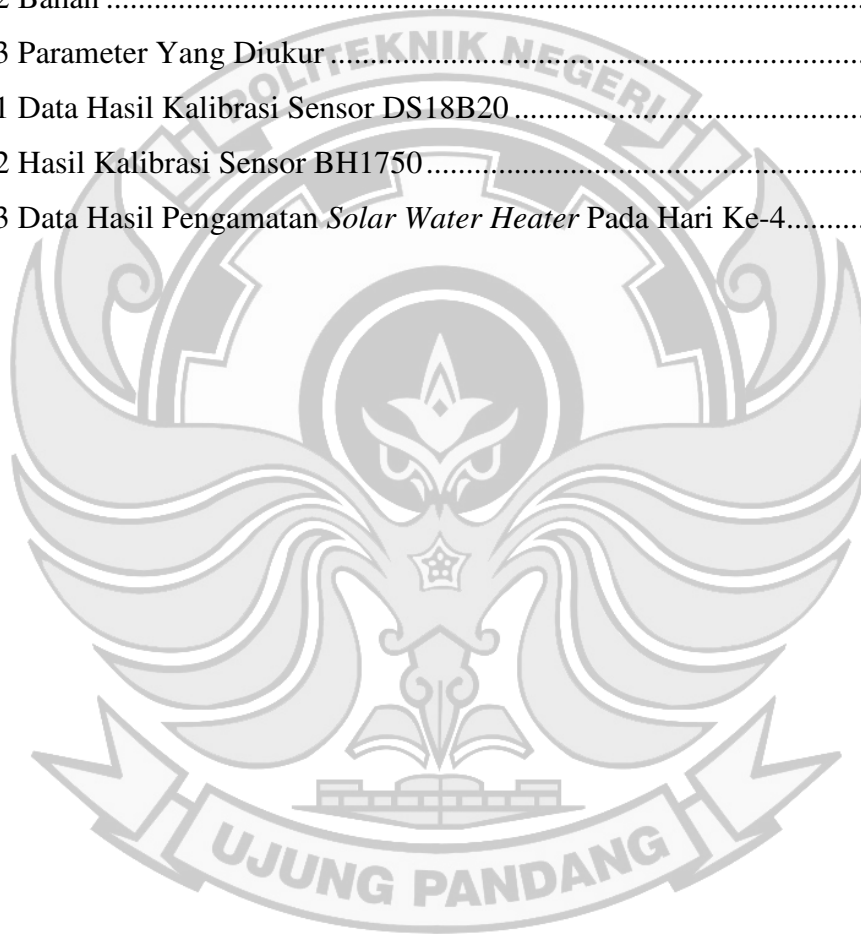
Dengan kerendahan hati penulis mengucapkan mohon maaf apabila terdapat kesalahan dan kekurangan dalam tugas akhir ini. Penulis menyadari bahwa pengetahuan dan pengalaman yang penulis miliki belum sempurna, sehingga diperlukannya masukan serta kritikan yang membangun agar dapat lebih baik kedepannya.

Makassar, September 2023

Penyusun

DAFTAR TABEL

| | |
|---|----|
| Tabel 2.1 Spesifikasi Solar Water Heater | 8 |
| Tabel 2.2 Spesifikasi NodeMCU ESP32 | 16 |
| Tabel 2.3 Spesifikasi Sensor DS18B20 | 18 |
| Tabel 3.1 Alat..... | 24 |
| Tabel 3.2 Bahan | 25 |
| Tabel 3.3 Parameter Yang Diukur | 37 |
| Tabel 4.1 Data Hasil Kalibrasi Sensor DS18B20 | 41 |
| Tabel 4.2 Hasil Kalibrasi Sensor BH1750..... | 43 |
| Tabel 4.3 Data Hasil Pengamatan <i>Solar Water Heater</i> Pada Hari Ke-4..... | 51 |



DAFTAR GAMBAR

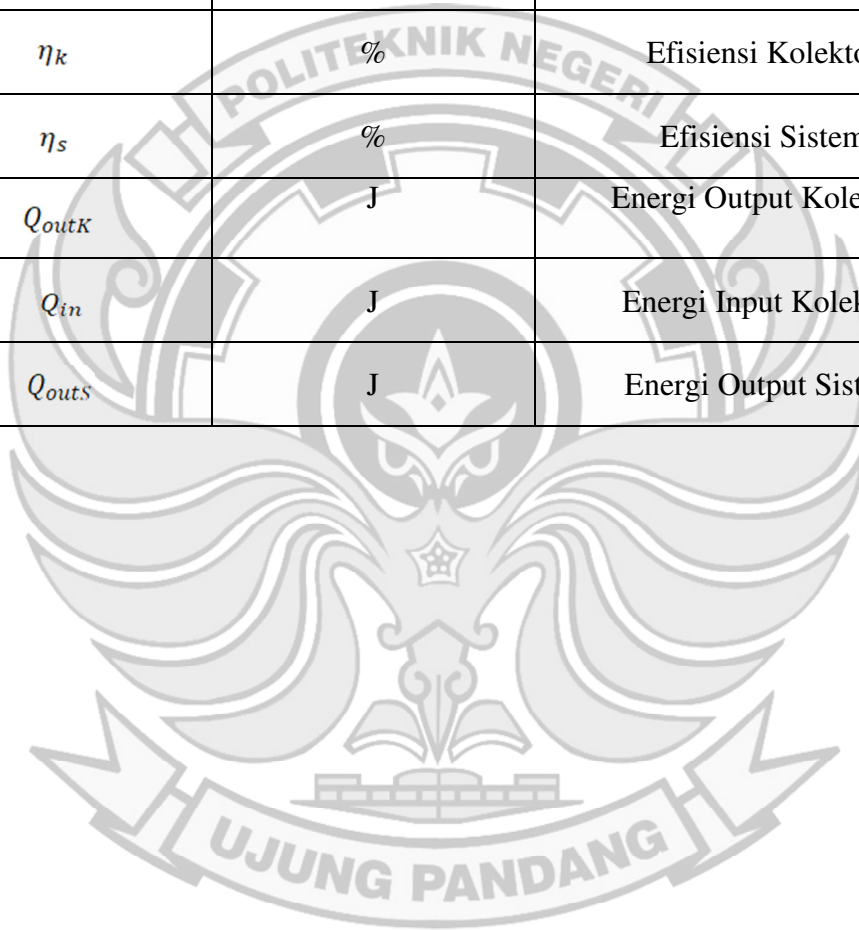
| | |
|---|----|
| Gambar 2.1 Digram Data Logger | 9 |
| Gambar 2.2 Konsep dan Cara Kerja IoT..... | 12 |
| Gambar 2.3 Konsep dan Cara Kerja Mikrokontroler..... | 15 |
| Gambar 2.4 NodeMCU ESP32 | 15 |
| Gambar 2.5 Tampilan Arduino IDE | 17 |
| Gambar 2.6 Sensor DS18B20 | 19 |
| Gambar 2.7 Sensor BH1750 | 20 |
| Gambar 2.8 Sistem Kerja <i>Thingspeak</i> | 22 |
| Gambar 3.1 Alur Kerja | 26 |
| Gambar 3.2 (a). Tampak Depan Posisi Peletakan Sensor (b). Tampak Belakang Posisi Peletakan Sensor (c). Tampak Peletakan Sensor Di Dalam Tangki..... | 29 |
| Gambar 3.3 Skema Rangkain Sistem Monitoring | 30 |
| Gambar 3.4 Skema Rangkain Sistem Monitoring dan Data Logger..... | 31 |
| Gambar 3.5 Flowchart Modul WiFi NodeMCU ESP32..... | 33 |
| Gambar 3.6 Flowchart <i>Thingspeak</i> | 34 |
| Gambar 4.1 (a) Tampak Samping <i>Solar Water Heater</i> (b) Tampak Depan <i>Solar Water Heater</i> | 38 |
| Gambar 4.2 Rancangan Komponen Kontroler..... | 39 |
| Gambar 4.3 Tampilan <i>Channel</i> Pada Platform <i>Thingspeak</i> | 39 |
| Gambar 4.4 Pengkalibrasian Alat Dengan Thermometer | 40 |
| Gambar 4.5 Grafik Perbandiingan Sensor DS18B20 Dengan Alat Ukur Thermometer | 42 |
| Gambar 4.6 Pengkalibrasian Alat Dengan <i>Solar Power Meter</i> | 43 |
| Gambar 4.7 Grafik Perbandingan Sensor BH1750 dan <i>Solar Power Meter</i> | 44 |
| Gambar 4.8 <i>Script</i> Program NodeMCU ESP32 pada Arduino Ide..... | 45 |
| Gambar 4.9 Tampilan Data Pada LCD | 46 |
| Gambar 4.10 Tampilan Monitoring Pada <i>Thingspeak</i> | 47 |

| | |
|---|----|
| Gambar 4.11 Tampilan Grafik Pada <i>Thingspeak</i> | 48 |
| Gambar 4.12 Tampilan Grafik Pengambilan Data Hari Ke-2 Pada <i>Thingspeak</i> | 51 |
| Gambar 4.13 Grafik Hubungan Suhu dan Radiasi Matahari | 52 |
| Gambar 4.14 Grafik Efisiensi <i>Solar Water Heater</i> | 53 |
| Gambar 4.15 Grafik Energi <i>Solar Water Heater</i> | 54 |
| Gambar 4.16 Grafik Hubungan Radiasi dan Suhu Dalam Tangki..... | 55 |



DAFTAR SIMBOL

| SIMBOL | SATUAN | KETERANGAN |
|------------|------------------|------------------------|
| T | °C | Temperatur |
| G | W/m ² | Radiasi |
| η_k | % | Efisiensi Kolektor |
| η_s | % | Efisiensi Sistem |
| Q_{outK} | J | Energi Output Kolektor |
| Q_{in} | J | Energi Input Kolektor |
| Q_{outs} | J | Energi Output Sistem |



DAFTAR LAMPIRAN

| | |
|--|----|
| Lampiran 1 Script Arduino Uno | 61 |
| Lampiran 2 Data <i>Solar Water Heater</i> Hari Pertama..... | 67 |
| Lampiran 3 Data <i>Solar Water Heater</i> Hari Kedua | 68 |
| Lampiran 4 Data <i>Solar Water Heater</i> Hari Ketiga | 69 |
| Lampiran 5 Data <i>Solar Water Heater</i> Hari Keempat | 70 |
| Lampiran 6 Pembuatan Rangka <i>Solar Water Heater</i> | 71 |
| Lampiran 7 Pemasangan <i>Solar Water Heater</i> | 71 |
| Lampiran 8 Perakitan Komponen Mikrokontroler | 72 |
| Lampiran 9 Pemasangan Sensor | 72 |
| Lampiran 10 Pengambilan Data <i>Solar Water Heater</i> | 73 |



DAFTAR ISI

| | |
|--|------|
| HALAMAN PENGESAHAN | ii |
| HALAMAN PENERIMAAN..... | iii |
| SURAT PERNYATAAN | iv |
| KATA PENGANTAR | vi |
| DAFTAR TABEL..... | viii |
| DAFTAR GAMBAR..... | ix |
| DAFTAR SIMBOL | xi |
| DAFTAR ISI..... | xiii |
| RINGKASAN..... | xv |
| BAB I PENDAHULUAN..... | 1 |
| 1.1 Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 4 |
| 1.3 Ruang Lingkup Penelitian..... | 5 |
| 1.4 Tujuan Penelitian..... | 5 |
| 1.5 Manfaat Penelitian..... | 6 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | 7 |
| 2.1 <i>Solar Water Heater</i> (SWH)..... | 7 |
| 2.2 Data Logger..... | 8 |
| 2.3 <i>Internet of Things</i> (IoT)..... | 10 |
| 2.4 Mikrokontroler | 14 |
| 2.4.1 Modul WiFi (NodeMCU ESP32)..... | 15 |
| 2.4.2 <i>Software</i> Arduino IDE | 17 |
| 2.5 Sensor Suhu..... | 18 |

| | |
|---|----|
| BAB III METODE PENELITIAN | 24 |
| 3.1 Tempat dan Waktu | 24 |
| 3.2 Alat dan Bahan | 24 |
| 3.2.1 Alat..... | 24 |
| 3.2.2 Bahan | 25 |
| 3.3 Prosedur Kerja..... | 26 |
| 3.4 Tahap Perancangan..... | 27 |
| 3.4.1 Perancangan Perangkat Keras (<i>Hardware</i>)..... | 27 |
| 3.4.2 Perancangan Perangkat Lunak (<i>Software</i>) | 31 |
| 3.5 Tahap Pembuatan | 35 |
| 3.5.1 Rangkaian Sistem Monitoring | 35 |
| 3.6 Prosedur Pengujian..... | 36 |
| 3.7 Parameter Yang Diukur..... | 36 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN | 38 |
| 4.1 Hasil Pengujian Perangkat Keras (<i>Hardware</i>) | 40 |
| 4.1.1 Hasil Pengujian Sensor Suhu DS18B20..... | 40 |
| 4.1.2 Hasil Pengujian Sensor Radiasi BH1750 | 42 |
| 4.2 Hasil Pengujian Perangkat Lunak (<i>Software</i>)..... | 45 |
| 4.2.1 Pengujian Pemrograman NodeMCU ESP32 | 45 |
| 4.3 Hasil Pengujian Keseluruhan Sistem Monitoring dan Data Logger | 49 |
| BAB V PENUTUP | 56 |
| 5.1 Kesimpulan..... | 56 |
| 5.2 Saran..... | 57 |
| DAFTAR PUSTAKA | 58 |
| LAMPIRAN..... | 61 |

RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING DAN DATA LOGGER *SOLAR WATER HEATER* BERBASIS IOT

RINGKASAN

Pemantauan dan pengontrolan parameter pada *solar water heater* perlu dilakukan untuk mempermudah dalam menilai kinerja alat tersebut. Untuk mempermudah kebutuhan pemantauan perlu dibuatkan sebuah sistem untuk memonitoring dan menyimpan data hasil pemantauan secara *real-time* dengan memanfaatkan *Internet of Things* (IoT). Tujuan dari Tugas Akhir ini diharapkan dapat memudahkan proses sistem monitoring dan data logger *solar water heater* dengan sarana IoT menggunakan Platform *Thingspeak* yang menampilkan hasil pembacaan sensor sesuai dengan script yang telah diprogramkan.

Metode pembuatan sistem monitoring dan data logger *solar water heater* ini melalui beberapa tahapan: (1) perancangan sistem *solar water heater*; (2) perancangan sistem monitoring; (3) implementasi dan pengujian sistem monitoring dan data logger.

Hasil pengujian Rancang Bangun Sistem Monitoring Dan Data

Logger *Solar Water Heater* Berbasis IoT yaitu suhu input kolektor, suhu output kolektor, suhu 10cm dari dasar tangki, suhu fluida pada volume tertinggi di dalam tangki, dan radiasi matahari. Hasil pembacaan sensor dapat dimonitor melalui platform *Thingspeak* yang berbasis IoT. Bentuk data yang di tampilkan berupa angka dan grafik. Sistem ini memonitoring suhu air dan radiasi matahari pada lokasi yang telah dipasang sensor DS18B20 dan BH1750. Keakuratan sensor DS18B20 mencapai 99,20%, sedangkan untuk sensor BH1750 mencapai 94,56%.

Kata kunci: *Solar water heater*, sistem monitoring, data logger, NodeMCU ESP32, *Internet of Things*, *Thingspeak*

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Negara Indonesia terletak disepanjang garis khatulistiwa sehingga memiliki iklim tropis. Wilayah negara dengan iklim tropis akan memperoleh sinar matahari sebagai pusat tata surya sepanjang waktu sehingga membuatnya cenderung mendapatkan sinar matahari sepanjang tahun dengan melimpah.

Energi sinar matahari atau yang sering disebut dengan energi surya, merupakan energi yang berasal dari matahari dan termasuk golongan sumber energi yang tidak akan habis dan tidak terbatas jumlahnya. Hal inilah yang membuat kita harus memanfaatkan energi matahari dengan sebaik mungkin, karena selain melimpah energi matahari merupakan sumber energi yang ramah lingkungan karena tidak menghasilkan emisi karbon berbahaya yang berkontribusi terhadap perubahan iklim. Potensi matahari sebagai sumber energi sangat besar.

Ada banyak cara untuk memanfaatkan energi dari matahari. Istilah “tenaga surya” mempunyai arti mengubah sinar matahari secara langsung menjadi panas atau energi listrik untuk kegunaan kita. Dua tipe dasar tenaga matahari adalah “sinar matahari” dan “*photovoltaic*” (*photo* = cahaya, *voltaic* = tegangan). *Photovoltaic* tenaga matahari melibatkan pembangkit listrik dari cahaya. Rahasia dari proses ini adalah penggunaan bahan semi konduktor yang dapat disesuaikan untuk melepas elektron, partikel bermuatan negatif yang membentuk dasar listrik. Untuk memanfaatkan potensi energi

surya tersebut, ada 2 (dua) macam teknologi yang sudah diterapkan, yaitu: Teknologi energi surya fotovoltaik dan Teknologi energi surya termal. (Gede Widayana, 2012).

Pemanfaatan energi matahari juga dapat digunakan dalam berbagai aplikasi, seperti pada sistem modul surya dan sistem pemanas air. Dalam sistem pemanas air, panas matahari merupakan sumber utama yang dibutuhkan, serta sebuah kolektor pengumpul panas yang berfungsi mengumpulkan panas matahari serta memperbesar suhu dari panas matahari dalam suatu ruangan tertutup yang didalamnya terdapat pipa tembaga yang dirancang sedemikian rupa sebagai tempat air melakukan sirkulasi. Pemanas air dengan tenaga surya dapat digunakan dalam kebutuhan sehari-hari seperti mencuci, mandi, dan lain sebagainya. Karena menggunakan panas matahari sebagai sumber energinya, maka hasilnya bergantung pada keadaan cuaca dalam mempengaruhi radiasi panas matahari yang sampai ke Bumi. (Satwiko Sidopekso, 2011).

Pemanas air tenaga surya adalah sebagai sistem perpindahan panas yang menghasilkan energi panas dengan memanfaatkan radiasi sinar matahari sebagai sumber energi utama. Ketika cahaya matahari menimpa alat pada pemanas air tenaga surya, sebagian cahaya akan dipantulkan kembali ke lingkungan, sedangkan sebagian besarnya akan diserap dan dikonversi menjadi energi panas, lalu panas tersebut dipindahkan kepada fluida yang bersirkulasi di dalam pipa pemanas air (Purnama dkk, 2015).

Untuk mencegah kerusakan dan penurunan kinerja pada SWH (*solar water heater*), dibutuhkan sebuah alat bantu untuk memantau atau memonitor kinerja *solar water heater* secara jarak jauh dengan menggunakan sarana internet sehingga diharapkan dapat memudahkan pengelola *solar water heater* (SWH) dalam melakukan monitoring dan pengontrolan (Purnama dkk, 2015).

Pengatur suhu otomatis pada *solar water heater* berbasis IoT. Sensor suhu yang digunakan DS18B20 untuk membaca suhu air, mikrokontroler Wemos D1 R2 akan mempertimbangkan suhu yang terbaca sesuai atau tidak dengan keinginan pengguna. Jika tidak sesuai maka akan memerintahkan relay aktif dan menghidupkan pompa air untuk mensirkulasikan air ke kolektor pemanas. Pengaturan suhu yang diinginkan dapat dilakukan secara jarak jauh menggunakan teknologi *Internet of Things* (IoT) (Elfirza dkk, 2022).

Rancang bangun solar sel untuk pemanas air otomatis dengan sistem *Internet of Things* (IoT) berbasis Arduino Uno. Sistem pemanas pada penelitian ini dirancang dapat memutuskan relay ketika suhu dari air mencapai nilai tertentu sesuai dengan kebutuhan. Pada perancangan sistem ini digunakan sensor suhu DS18B20 yang berfungsi untuk mendeteksi nilai suhu dari air dan akan mengirimnya ke mikrokontroler. *Smartphone* sebagai alat untuk memantau dan mengatur suhu air. Dengan menggunakan *ethernet shield* IoT sebagai penghubung *smartphone* dengan alat agar dapat mengatur suhu dari jarak dekat maupun jarak jauh (Eva dkk, 2021).

Penggunaan *Internet of Things* (IoT), diharapkan mampu memudahkan pemantauan dan penyimpanan data dari paramater yang akan diukur pada *solar water heater* tersebut. Penggunaan *Internet of Things* (IoT) ini sangat efisien, mudah digunakan dimana saja, hanya dengan membutuhkan konektivitas internet.

Atas dasar tersebut penulis mengambil judul “Rancang Bangun Sistem Monitoring dan Data Logger *Solar Water Heater* Berbasis IoT”. Dengan Dilakukannya perancangan alat ini diharapkan dapat mempermudah dalam mengetahui kinerja dari *solar water heater*, membantu mempercepat pekerjaan manusia dalam memonitoring data dan menyimpan data hasil *monitoring solar water heater*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan di atas, maka dapat diambil rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang sistem monitoring dengan parameter suhu input kolektor, suhu output kolektor, intensitas radiasi matahari, suhu fluida 10cm dari dasar tangki dan suhu fluida pada volume tertinggi air di dalam tangki yang akan diukur pada *solar water heater* berbasis IoT?
2. Bagaimana membuat suatu sistem data logger hasil monitoring dari parameter yang akan diukur pada *solar water heater* berbasis IoT?
3. Bagaimana mengimplementasikan dan mengetahui unjuk kerja untuk sistem monitoring *solar water heater* berbasis IoT?

1.3 Ruang Lingkup Penelitian

Adapun ruang lingkup dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Sistem monitoring ini diaplikasikan pada *solar water heater* dengan parameter yang akan diukur menggunakan sensor suhu input kolektor, suhu output kolektor, intensitas radiasi matahari, suhu fluida 10cm dari dasar dalam tangki dan suhu fluida pada volume tertinggi air di dalam tangki.
2. Sistem data logger pada sistem monitoring ini yaitu sebagai penyimpan data hasil monitoring dari pembacaan sensor dan pemantau kinerja *solar water heater* secara jarak jauh berbasis IoT.

1.4 Tujuan Penelitian

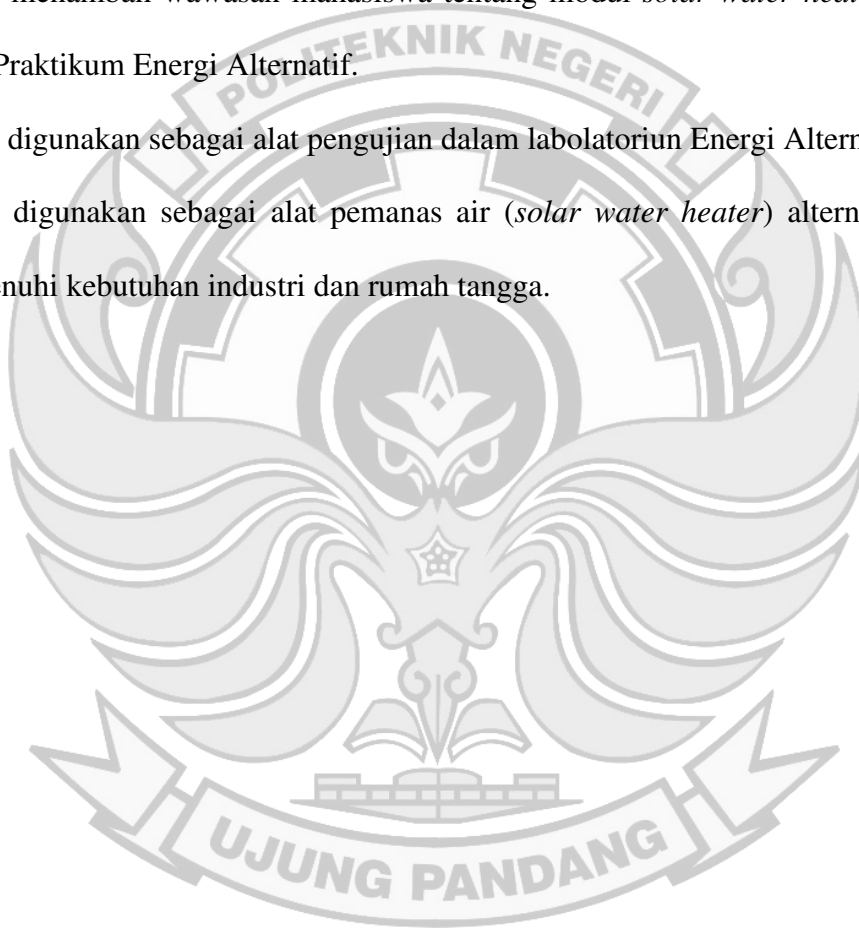
Berdasarkan rumusan masalah yang telah dijelaskan di atas, maka tujuan yang ini dicapai adalah:

1. Merancang sistem monitoring dengan parameter yang akan diukur pada *solar water heater* berbasis IoT
2. Membuat suatu sistem data logger hasil monitoring dengan parameter yang akan diukur pada *solar water heater* berbasis IoT
3. Mengimplementasikan dan mengetahui unjuk kerja untuk sistem monitoring *solar water heater* berbasis IoT

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari tugas akhir ini adalah :

1. Sebagai alat bantu untuk mengetahui parameter dari sebuah *solar water heater* dari jarak jauh untuk kebutuhan kontrol dan perawatan.
2. Dapat menambah wawasan mahasiswa tentang modul *solar water heater* (SWH) pada Praktikum Energi Alternatif.
3. Dapat digunakan sebagai alat pengujian dalam laboratorium Energi Alternatif
4. Dapat digunakan sebagai alat pemanas air (*solar water heater*) alternatif untuk memenuhi kebutuhan industri dan rumah tangga.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Solar Water Heater* (SWH)

Solar water heater merupakan salah satu cara pemanfaatan energi matahari untuk memanaskan air. Cara kerja *solar water heater* pada dasarnya menggunakan prinsip thermosiphon. Thermosiphon merupakan metode pasif pertukaran panas secara konveksi yang menyebabkan air dengan suhu lebih tinggi akan terdorong oleh air dengan suhu lebih rendah akibat perbedaan massa jenisnya. (Cakrawala, 2021)

Solar water heater menggunakan kolektor surya untuk mengumpulkan dan menyerap panas matahari. Pada *solar water heater* perangkat yang digunakan tidak hanya kolektor saja namun ada beberapa perangkat pendukung lainnya. Secara umum perangkat pelengkap *solar water heater* terdiri dari isolator, tangki penampung fluida, dan rangka kolektor surya.

Setiap perangkat memiliki fungsi masing-masing seperti isolator memiliki fungsi untuk mengurangi hilangnya (rugi) panas yang terjadi pada kolektor dengan cara melapisi bagian kolektor. Tangki penampung fluida berfungsi sebagai penampung atau tempat bermuara fluida (air) panas yang masuk ke dalam tangki. Rangka kolektor surya berfungsi menjaga kolektor tetap miring untuk memaksimalkan intensitas matahari yang diterima oleh kolektor surya maka pada perancangan sistem dibutuhkan sudut kemiringan kolektor yang paling tepat untuk menerima radiasi matahari yang paling tinggi.

Tabel 2.1 Spesifikasi *Solar Water Heater*

| SPESIFIKASI SOLAR WATER HEATER | | |
|--------------------------------|-----------------------|---|
| Nama Komponen | Uraian | Spesifikasi |
| Tangki Penyimpanan | Kapasitas Bersih | 292 liter |
| | Material Tangki Dalam | <i>2.2 mm Low Steel Carbon by Enamel</i> |
| | Material insulasi | <i>High Density Polyurethane</i> |
| | Material Cover | <i>Zincalume Finish Clear</i> |
| | Tekanan Kerja | Maksimum 5 bar |
| | Berat Kosong | 102 kg |
| | Berat Isi | 328 kg |
| | Dimensi | 2185 x 610 x 565 mm |
| Panel Kolektor | Luas Permukaan | 1.97m ² |
| | Material Absorber | Kombinasi pipa tembaga dengan <i>Aluminium Alloy Finish Anodize Black</i> |
| | Material Insulasi | <i>High Density Polyurethane + Aluminium Foil</i> |
| | Tekanan Kerja | Maksimum 5 bar |
| | Berat Kosong | 30 kg |
| | Berat Isi | 32.5 kg |
| | Dimensi | 1990 x 990 x 76.5mm |
| | Material Kaca | <i>Low Iron Patterned Glass (Tempered) 3.2mm</i> |
| Pipa Input Kolektor | Diameter Pipa | 3/4 inci |
| | Material | Tembaga |
| Pipa Output Kolektor | Diameter Pipa | 3/4 inci |
| | Material | Tembaga |

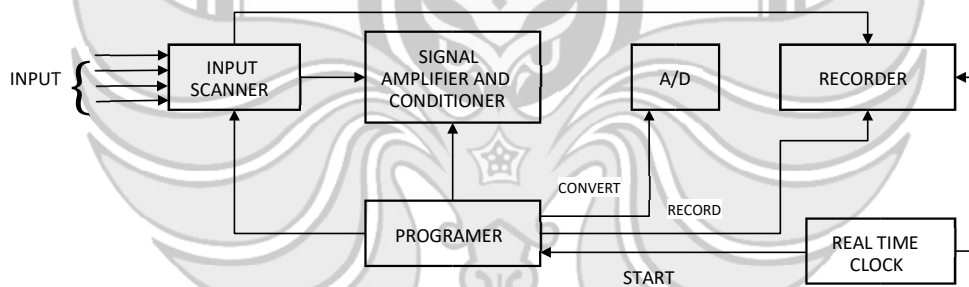
Sumber: Manual Book *Wika Solar Water Heater SR300L2*

2.2 Data Logger

Data logger adalah suatu instrument elektronik yang berfungsi mencatat data pada interval waktu tertentu selama periode waktu tertentu secara terus menerus yang terintegrasi dengan sensor dan instrument. Data logger memiliki kemampuan untuk membaca besaran seperti suhu, intensitas cahaya, tingkat suara, sudut rotasi, posisi, kelembaban relatif, pH, oksigen terlarut, pulsa (detak jantung), bernapas, kecepatan

angin, dan gerak. Besaran yang dibaca oleh sensor elektronik maupun elektromekanik kemudian menuliskan nilai besaran yang terbaca kedalam memori. (Ahmat Fauzy, 2020).

Biasanya data logger menggunakan komputer sebagai koneksi dan *software* sebagai aktivasi dan program. Data Logger berbasis PC (*PC-based data logger*) menggunakan komputer, biasanya PC, untuk mengumpulkan data melalui sensor dalam rangka menganalisis dan menampilkan hasilnya. Perangkatnya dilengkapi dengan mikroprosesor dan memori internal yang digunakan untuk mencatat dan merekam data dan sensor. Proses transfer data dari data logger ke komputer untuk keperluan pembacaan dan analisis data memerlukan *software*.



Gambar 2.1 Digram Data Logger

Cara kerja data logger pada umumnya diberikan masukan menggunakan sensor. Sensor adalah komponen yang mengubah satu bentuk energi menjadi energi lain, ia mengubah jumlah fisik menjadi sinyal listrik yang sesuai. Sinyal yang diterima dari sensor ini adalah sinyal analog dan sinyal tersebut diubah menjadi bentuk digital dengan menggunakan konverter analog ke digital. Sinyal ini diambil sampel pada tingkat tertentu, yang dikenal sebagai *sampling rate*. Data logger terhubung ke komputer melalui *serial port*. Dalam penggunaanya, data logger memiliki berbagai

metode dalam pemrograman dan penyimpanan data seperti *SD Card*, *SMS Gateway*, sistem (LAN) *Local Area Network*, (SCADA) *Supervisory Control And Data Acquisition*, dan yang terbaru menggunakan (IoT) *Internet Of Things*. (Aslam Muhammad, 2021).

2.3 Internet of Things (IoT)

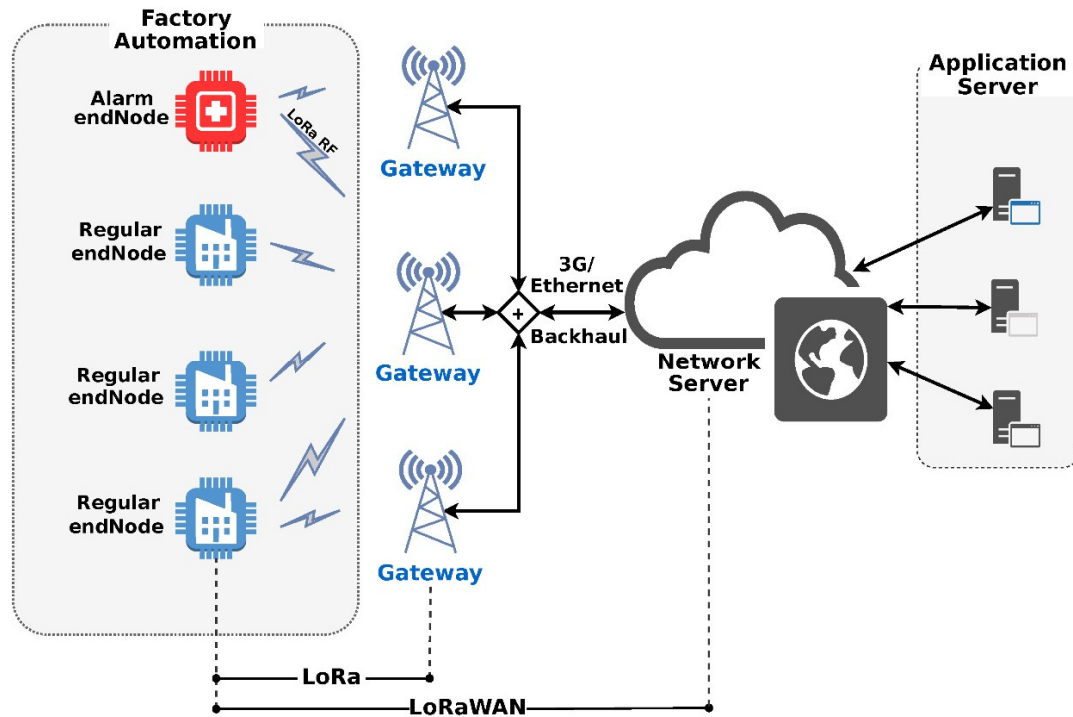
Internet of Thing (IoT) adalah sebuah konsep dimana suatu objek yang memiliki kemampuan untuk mentransfer data melalui jaringan tanpa memerlukan interaksi manusia ke manusia atau manusia ke komputer. Di mana suatu benda atau objek ditanamkan teknologi-teknologi seperti sensor dan *software* dengan tujuan untuk berkomunikasi, mengendalikan, menghubungkan, dan bertukar data melalui perangkat lain selama masih terhubung ke *internet*. Konsep *Internet of Things* mencakup 3 elemen utama yaitu benda fisik atau nyata yang telah terintegrasikan pada modul sensor, koneksi internet, dan pusat data pada *server* untuk menyimpan data maupun informasi dari aplikasi. (Yuliant dkk, 2015)

Sistem kontrol yang tertanam dapat mendeteksi parameter dan mengontrol objek secara efektif. Unit komunikasi dapat mewujudkan telekomunikasi nirkabel dengan Internet. Informasi *real-time* dari "hal-hal" yang dapat diukur dan pengawasan jarak jauh kontrol dapat digunakan melalui Internet.

Modul komunikasi internet adalah inti dari penelitian dan penerapan IOT. Internet modul komunikasi memiliki dua fungsi komunikasi, salah satunya adalah untuk berkomunikasi dengan sistem *control* yang tertanam, dan yang lainnya adalah

berkomunikasi dengan Internet melalui nirkabel. Internet modul komunikasi memiliki komunikasi serial ganda yang dapat berkomunikasi dengan Internet dan sistem kontrol tertanam. Fungsi perangkat lunak komunikasi modul internet adalah bagaimana protokol komunikasi dengan sistem kontrol tertanam dapat mengunggah data secara *real-time*, dan protokol komunikasi dengan Internet dapat mengunduh data secara *real-time*. (Jiang ping, 2014)

Cara kerja dari *Internet of Things* sangat sederhana, dengan memanfaatkan instruksi program terkandung dimana tiap-tiap perintah dapat menghasilkan sebuah interaksi pada sesama perangkat yang terhubung secara otomatis tanpa kehadiran intervensi dari pengguna dan tanpa terbatas jarak berapapun jauhnya. Adapun platform IoT yang dapat diakses diantaranya yaitu Firebase, Ubidots, ThingSpeak, Blynk, Antares, ThingsBoard, Thinger.io, Telkomsel IoT, dan Geeknesia.



Gambar 2.2 Konsep dan Cara Kerja IoT
 (Sumber : (https://www.mdpi.com/sensors/sensors-20-03061/article_deploy/html/images/sensors-20-03061-g001.png))

Ada beberapa komponen yang ada dalam teknologi tersebut namun secara mendasar hanya ada 5 komponen saja yaitu sebagai berikut:

1. Kecerdasan Buatan (*Artificial Intelligence/AI*)

Kecerdasan buatan atau *artificial intelligence* (AI) adalah sistem kecerdasan yang dimiliki oleh manusia yang diimplementasikan atau diprogram di dalam mesin agar mesin dapat dapat berpikir dan berlaku layaknya manusia. Jadi, pengembangan teknologi yang ada dilakukan dengan pengumpulan data, perancangan, algoritma kecerdasan buatan, dan pemasangan jaringan (Setiawan, Rony. 2021)

2. Sensor

Sensor adalah salah satu hal memiliki fungsi dalam pengambilan data dari suatu objek. Data yang dimaksud bisa berupa informasi misalkan temperatur udara, kelembapan, dan lain-lain. Sesuai dengan kegunaan sensor-sensor bertugas mengumpulkan data setiap saat, sesuai interval waktu yang ditentukan. Sensor ini mampu mendefinisikan instrumen, yang mengubah IoT dari jaringan standar dan cenderung pasif dalam perangkat, hingga menjadi suatu sistem aktif yang sanggup diintegrasikan ke dunia nyata sehari-hari kita.

3. Konektivitas

Konektivitas juga biasa disebut sebagai koneksi antar jaringan. Untuk mengirimkan data yang diambil dari sensor tersebut maka memerlukan jaringan internet sebagai medianya. Dalam dunia IoT sendiri ada kemungkinan untuk kita membuat jaringan baru, jaringan yang khusus digunakan untuk perangkat IoT. Sarana komunikasi *device* dengan sistem IoT bisa beragam. Koneksi selular, satelit, WiFi, *bluetooth*, *low power wide area network* (LPWAN), dan lainnya. Sumber internet ini memiliki banyak kelebihan serta kekurangannya masing-masing, pemilihan konektivitas selalu disesuaikan dengan kebutuhan pengguna. (Rinaldi Arival, 2020).

4. Data *processing*

Saat data dari sensor masuk ke *cloud*, proses pun dimulai. Karena data selalu datang dan selalu diperbaharui, *software* bisa melihat perkembangan aset secara

real-time dan memastikan aktivitas aset sesuai parameter yang telah ditentukan.

(Rinaldi Arival, 2020).

5. *Dashboard* atau *User Interface*

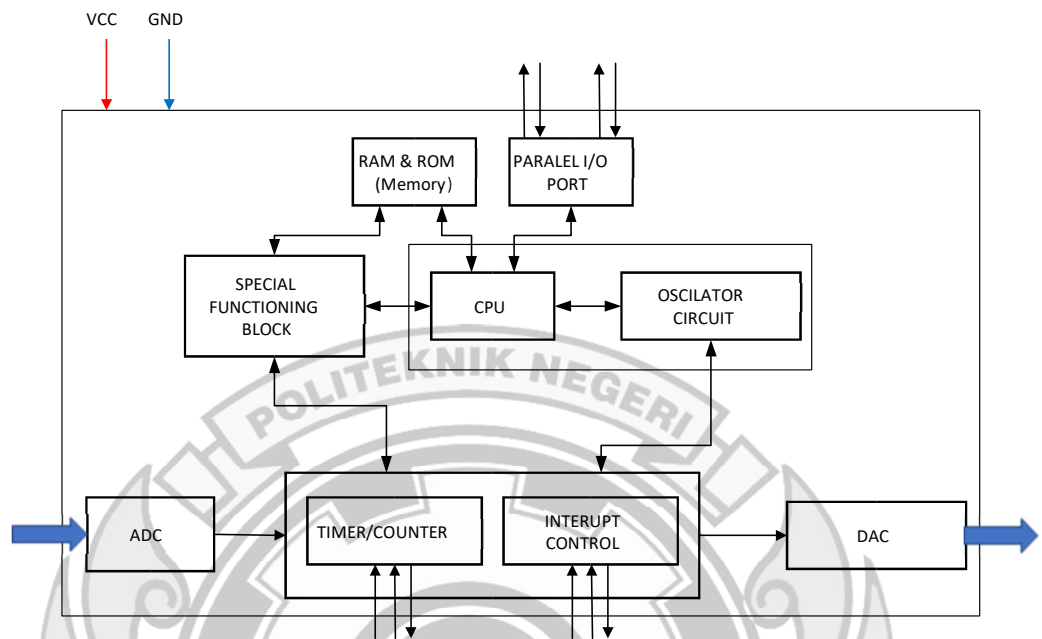
Dashboard adalah tempat data ditampilkan agar *user* dapat mengamati aktivitas *real-time* yang terjadi pada seluruh *device* dalam perusahaan. Di sini *user* juga dapat mengubah pengaturan, *rules*, dan *action* yang dilakukan oleh sistem IoT.

(Rinaldi Arival, 2020).

2.4 Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah sebuah komponen elektronika yang berupa *Integrated Circuit* (IC) yang dapat mengatur dan mengolah data. Mikrokontroler merupakan komponen elektronika jenis semikonduktor yang dapat berfungsi sebagai isolator maupun konduktor (Khakim, 2015).

Berdasarkan fungsinya mikrokontroler adalah komputer mini yang memiliki satu chip dan terdapat mikroprosesor, memori, jalur *input/output* serta beberapa perlengkapan lain didalamnya. Kecepatan pengoperasian pengelolaan data pada mikrokontroler pada umumnya berkisar antara 1-16 MHz dan kapasitas RAM dan ROM nya berkisar pada orde byte/Kbyte. Kelebihan utama mikrokontroler terletak pada ketersediaan RAM (*Random Acces Memory*) dan peralatan I/O pendukung, sehingga ukuran *board* mikrokontroler menjadi sangat ringkas (Khakim, 2015).



Gambar 2.3 Konsep dan Cara Kerja Mikrokontroler

2.4.1 Modul WiFi (NodeMCU ESP32)

ESP32 adalah nama pengontrol mikro yang dirancang oleh Sistem Espressif. Espressif adalah perusahaan China yang berbasis di Shanghai. ESP32 mengiklankan dirinya sebagai solusi jaringan WiFi mandiri yang menawarkan dirinya sebagai jembatan dari mikrokontroler yang ada ke WiFi dan juga mampu menjalankan aplikasi mandiri. (Kolban, 2017).



Gambar 2.4 NodeMCU ESP32

(Sumber : https://99tech.com.au/wp-content/uploads/esp-nodemcu-32s_n.jpg)

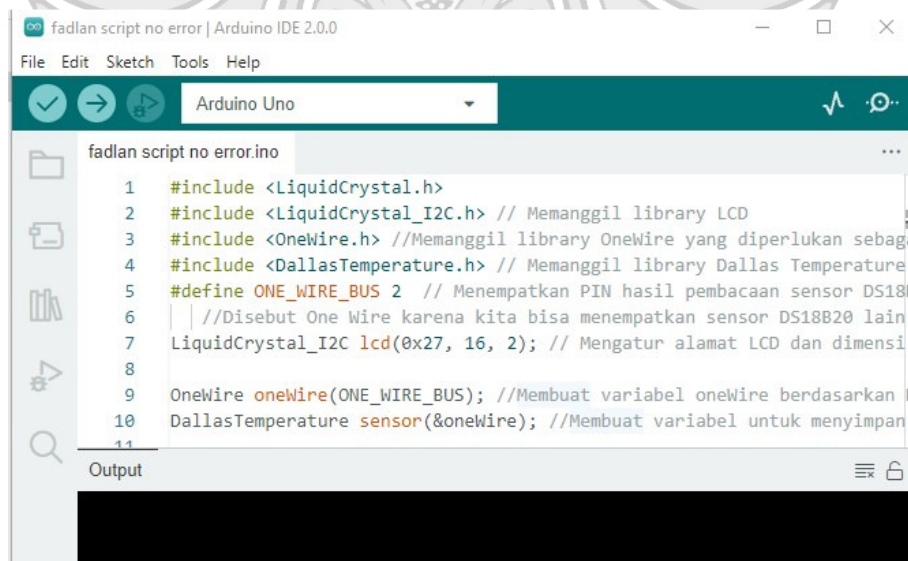
Tabel 2.2 Spesifikasi NodeMCU ESP32

| Spesifikasi | |
|------------------------|--|
| MCU | Xtensa Dual-Core 32-bit LX6 with 600 DMIPS |
| 802.11b/g/n Wi-Fi | HT40 |
| Bluetooth | Bluetooth 4.2 and BLE |
| Typical Frequency | 160 MHz |
| SRAM | Yes |
| Flash | Yes |
| GPI | 36 |
| Hardware/Software PWM | None / 16 channels |
| SPI/I2C/I2S/UART | 4/2/2/2 |
| ADC | 12-bit |
| CAN | Yes |
| Ethernet MAC Interface | Yes |
| Touch Sensor | Yes |
| Temperature Sensor | Yes |
| Hall Effect sensor | Yes |
| Working Temperatur | -40C to 125C |

2.4.2 Software Arduino IDE

Arduino IDE (*Integrate Development Enviroment*) ialah *software* yang dipakai untuk membuat, perintah atau *source code*, melakukan pengecekan kesalahan, kompilasi, *upload* program, dan menguji hasil kerja arduino melalui *serial monitor*. *Software* IDE Arduino terdiri dari 3 (tiga) bagian:

- a. Editor program, untuk menulis dan mengedit program dalam Bahasa *processing*. *Listing* program pada Arduino disebut *sketch*.
- b. *Compiler*, modul yang berfungsi mengubah bahasa *processing* (kode program) kedalam kode biner karena kode biner adalah satu-satunya bahasa program yang dipahami oleh mikrocontroller.
- c. *Uploader*, modul yang berfungsi memasukkan kode biner kedalam memori mikrokontroler.



```
fadlan script no error | Arduino IDE 2.0.0
File Edit Sketch Tools Help
Arduino Uno
fadlan script no error.ino
1 #include <LiquidCrystal.h>
2 #include <LiquidCrystal_I2C.h> // Memanggil library LCD
3 #include <OneWire.h> //Memanggil library OneWire yang diperlukan sebaga
4 #include <DallasTemperature.h> // Memanggil library Dallas Temperature
5 #define ONE_WIRE_BUS 2 // Menempatkan PIN hasil pembacaan sensor DS18B
6 //Disebut One Wire karena kita bisa menempatkan sensor DS18B20 lain
7 LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2); // Mengatur alamat LCD dan dimensi
8
9 OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS); //Membuat variabel oneWire berdasarkan P
10 DallasTemperature sensor(&oneWire); //Membuat variabel untuk menyimpan
11
Output
```

Gambar 2.5 Tampilan Arduino IDE

Pada Gambar, Arduino IDE memiliki toolbars IDE yang memberikan akses instan ke fungsi fungsi yang penting, yaitu :

1. Tombol *Verify*, untuk memeriksa program apakah masih ada kekeliruan atau tidak
2. Tombol *Upload*, untuk mengirim atau memasukkan program kedalam *board* yang telah ditentukan
3. Tombol *New*, menciptakan lembar kerja baru
4. Tombol *Open*, untuk membuka program yang ada di *file system*
5. Tombol *Save*, untuk menyimpan program yang dikerjakan
6. Tombol *Stop*, untuk menghentikan serial *number* yang sedang dijalankan

2.5 Sensor Suhu

Sensor suhu yang digunakan adalah sensor DS18B20 *waterproof*. Sensor DS18B20 *waterproof* merupakan sensor pengukur temperatur atau suhu yang dapat dihubungkan dengan mikrokontroler. Sensor ini memiliki keluaran digital sehingga tidak membutuhkan rangkaian ADC, tingkat keakurasian serta kecepatan dalam mengukur suhu memiliki kestabilan yang lebih baik dari sensor suhu lainnya.(Alif Yoga, 2016).

Berikut ini merupakan spesifikasi dari sensor DS18B20:

Tabel 2.3 Spesifikasi Sensor DS18B20

| | |
|----------------------|-------------------------------|
| Power yang digunakan | 3.0 V sampai 5.5 V |
| Tingkat keakurasian | 0.5°C dari -10°C sampai +85°C |
| Jarak temperatur | 55°C sampai +125°C |

Bentuk fisik dan deskripsi pin dari sensor DS18B20 *waterproof* ditunjukkan pada

Gambar 2.7



Gambar 2.6 Sensor DS18B20

(Sumber: <https://cncstorebandunggo.blogspot.com/2019/03/tutorial-mengakses-sensor-suhu-ds18b20.html>)

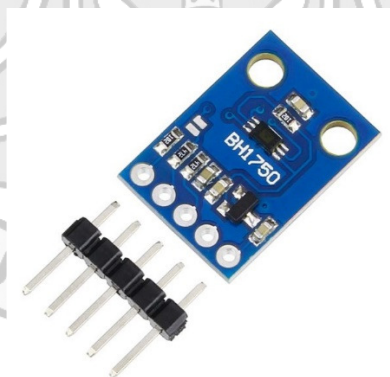
2.6 Sensor Intensitas Matahari

Modul sensor intensitas cahaya BH1750 adalah sensor cahaya digital yang memiliki keluaran sinyal digital, sehingga tidak memerlukan perhitungan yang rumit. Sensor BH1750 ini lebih akurat dan lebih mudah digunakan jika dibandingkan dengan sensor lain seperti foto diode dan LDR yang memiliki keluaran sinyal analog dan perlu melakukan perhitungan untuk mendapatkan data intensitas. Sensor cahaya digital BH1750 ini dapat melakukan pengukuran dengan keluaran lux (lx) tanpa perlu melakukan perhitungan terlebih dahulu. Data output dengan sensor ini langsung output di satuan Lux (Lx). Ketika benda-benda yang menyala di honogen mendapatkan 1 lx fluks bercahaya dalam satu meter persegi, intensitas cahaya mereka 1 LX[11]. Modul sensor intensitas cahaya BH1750 memiliki konverter AD (ADC) 16-bit internal, yang dapat langsung mengeluarkan output sinyal digital tanpa perhitungan yang rumit.

Dibandingkan dengan versi fotodiode atau LDR sederhana yang hanya tegangan keluaran dan perlu perhitungan untuk memperoleh data intensitas cahaya, sensor BH1750 lebih akurat dan lebih mudah digunakan. Dengan BH1750 intensitas cahaya dapat diukur secara langsung dengan output luxmeter (lx) tanpa membuat perhitungan. (Suryana Taryana, 2021).

Gambar 2.8 memperlihatkan tampilan sensor intensitas cahaya BH1750. Spesifikasi dari sensor cahaya BH1750 adalah sebagai berikut:

1. Tegangan catu daya: +3 to 5Vdc • Antarmuka: I2C 11
2. Jangkauan luas dan resolusi tinggi: (1 - 65535 lux)
3. Dimungkinkan untuk memilih 2 jenis dari I2C slave-address.
4. Variasi pengukuran kecil (+/- 20%) • Ukuran: 70mm×70mm×1.6mm papan epoksi kaca (Stefani Suryaningsih, 2022)



Gambar 2.7 Sensor BH1750

(Sumber :<https://www.edukasiaelektronika.com/2020/11/sensor-bh1750.html>)

2.8 *Liquid Crystal Display (LCD)*

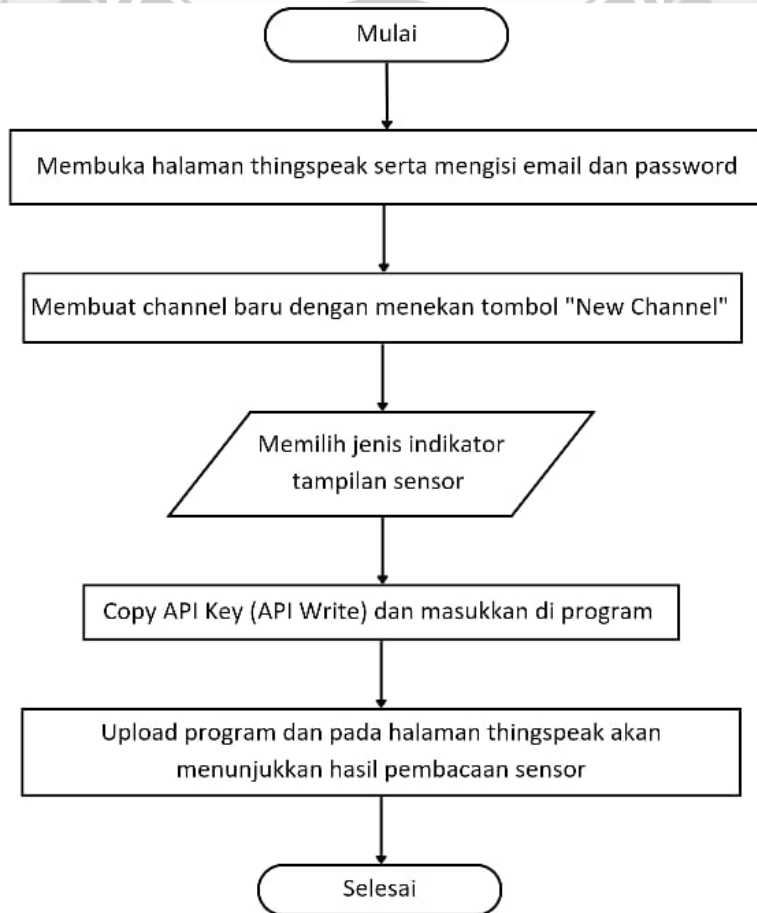
LCD atau *Liquid Crystal Display* adalah suatu jenis media *display* (tampilan) yang menggunakan kristal cair (*liquid crystal*) untuk menghasilkan gambar. Fungsi dari LCD yaitu sebagai suatu tampilan data, huruf, karakter ataupun grafik. Prinsip LCD adalah ketika arus listrik diterapkan pada molekul kristal cair, molekul cenderung terlepas. Hal ini menyebabkan sudut cahaya yang melewati molekul kaca terpolarisasi, dan juga menyebabkan perubahan sudut filter polarisasi atas. Pada akhirnya, hanya sedikit cahaya yang dibiarkan melewati kaca terpolarisasi melalui area tertentu dari LCD. Oleh karena itu, daerah tertentu yang tidak dilewati cahaya akan menjadi gelap, dibandingkan dengan yang lain yang dilewati cahaya. Prinsip kerja LCD pada dasarnya adalah menghalangi cahaya. (Basith, 2017)

2.9 Platform *Thingspeak*

Thingspeak adalah platform *open source* yang menyediakan layanan untuk pengaplikasian “*Internet of Things*”. *Thingspeak* merupakan layanan yang berisi aplikasi dan API untuk menyimpan dan mengambil data dari perangkat menggunakan protokol HTTP melalui internet atau melalui LAN (*Local Area Network*). *Thingspeak* memungkinkan pembuatan aplikasi sensor *logging*, aplikasi lokasi pelacakan dan *social network*. *Thingspeak* awalnya diluncurkan oleh ioBridge pada tahun 2010 sebagai layanan untuk mendukung aplikasi IoT. *Thingspeak* memungkinkan pengguna

untuk menganalisis dan memvisualisasikan data yang diunggah menggunakan *Matlab* dan *Arduino*.

Platform *Thingspeak* ini dapat menjadi *cloud* untuk data *real-time* yang membantu pengguna untuk memantau tegangan, arus, suhu, dan parameter lainnya dari jarak jauh selama terkoneksi dengan internet. *Thingspeak* memiliki 8 *field* dalam 1 *project* yang dimana dapat melakukan pembacaan sensor sebanyak 8 jenis sensor, serta dapat melihat data dalam bentuk tampilan grafik yang sesuai dengan parameter yang ingin diketahui. (Arianto dan Safitri, 2022).



Gambar 2.8 Sistem Kerja Thingspeak

Pada gambar 2.8 menjelaskan sistem kerja dari *Thingspeak*, pertama kita lakukan setelah masuk di akun *Thingspeak* yaitu memasukkan akun melalui *email* dan *password*, kemudian kita akan membuka channel dan menentukan indikator yang ingin ditampilkan, setelah menentukan tampilan indikator pengukuran selanjutnya kita akan menyalin *API Key (API Write)* untuk di masukkan pada program, setelah itu program di *upload* dan halaman *Thingspeak* akan menunjukkan hasil pengukuran dari sensor beserta grafik dari hasil pengukuran.



BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu

Lokasi pembuatan dan pengujian alat dilaksanakan di Laboratorium Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Waktu pembuatan dan pengerjaan Tugas Akhir ini dilaksanakan mulai dari bulan Maret 2023 sampai dengan bulan September 2023.

3.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang diperlukan dalam pembuatan sistem monitoring dan data logger *solar water heater* berbasis IoT adalah sebagai berikut:

3.2.1 Alat

Tabel 3.1 Alat

| No. | Nama Alat | Spesifikasi | Jumlah |
|-----|----------------|-------------------------|--------|
| 1. | Tang Potong | - | 1 buah |
| 2. | Tang Kombinasi | - | 1 buah |
| 3. | Obeng | - | 1 buah |
| 4. | Bor Listrik | - | 1 buah |
| 5. | Mata Bor | 0.8 mm, 1 mm dan 2,5 mm | 1 buah |
| 6. | Penggaris | - | 1 buah |
| 7. | Solder | - | 1 buah |
| 8. | Penyedot Timah | - | 1 buah |
| 9. | Gurinda | - | 1 buah |

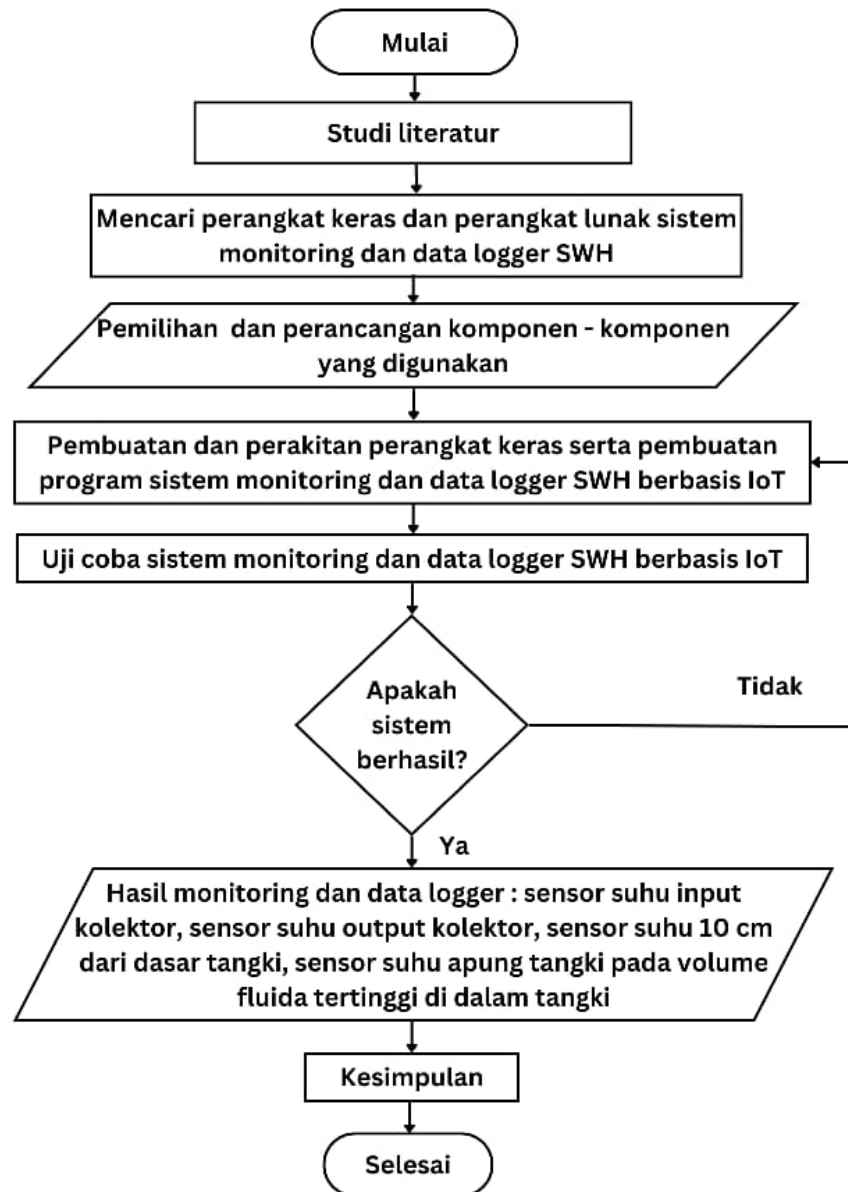
| | | | |
|-----|-------------------------|-------------------|--------|
| 10. | Mesin Las | - | 1 buah |
| 11. | Thermometer | - | 1 buah |
| 12. | Solar Power Meter | - | 1 buah |
| 13. | Alat ulir pipa | - | 1 buah |
| 14. | <i>Software</i> Arduino | Arduino IDE | 1 buah |
| 15. | <i>Software</i> Iot | <i>Thingspeak</i> | 1 buah |

3.2.2 Bahan

Tabel 3.2 Bahan

| No. | Nama Alat | Spesifikasi | Jumlah |
|-----|--------------------------------|---|------------|
| 1. | <i>NodeMCU ESP32</i> | Xtensa Dual-Core 32-bit LX6 with 600 DMIPS | 1 buah |
| 2. | LCD | I2C 20×4 | 1 buah |
| 3. | Sensor suhu | DS18B20 <i>waterproof</i> | 4 buah |
| 4. | Sensor cahaya | <i>Ambient Light Sensor</i> BH1750 | 1 buah |
| 5. | <i>Layout</i> PCB | - | 1 buah |
| 6. | Pin <i>screw</i> terminal blok | Kaki 3 | 3 buah |
| 7. | Sambungan pipa | <i>Knee</i> cabang 3 | 2 buah |
| 8. | Pipa | Galvanis 1/2 inch | 50 cm |
| 9. | Penutup pipa | Galvanis 1/2 inch | 2 buah |
| 10. | Kabel jumper | - | Secukupnya |

3.3 Prosedur Kerja



Gambar 3.1 Alur Kerja

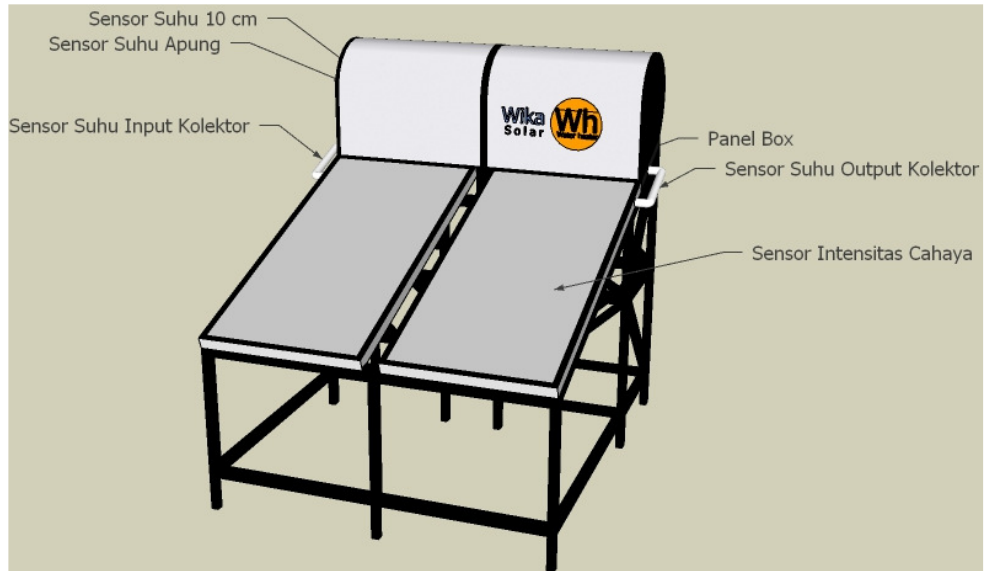
3.4 Tahap Perancangan

Tahap perancangan merupakan proses mendesain rangkaian dengan kata lain menganalisis dan membuat pola rancangan pada rangkaian yang merupakan langkah awal sebelum digunakan untuk menunjang kinerja sistem. Perancangan sistem terbagi atas dua bagian yaitu perancangan perangkat keras (*hardware*) dan perancangan perangkat lunak (*software*).

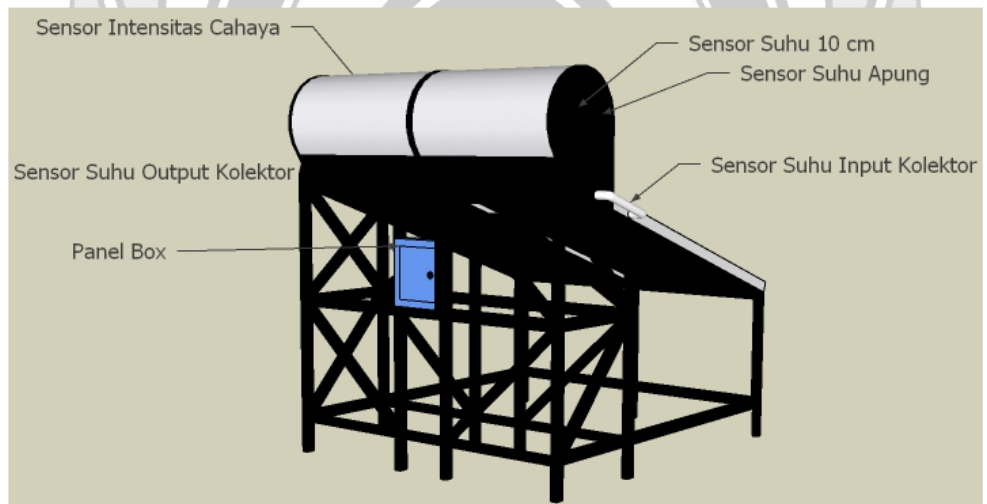
3.4.1 Perancangan Perangkat Keras (*Hardware*)

Rancangan sistem perangkat keras (*hardware*) pada sistem monitoring dan data logger *solar water heater* berbasis IoT digunakan beberapa komponen yaitu papan PCB, sensor-sensor yang digunakan, modul WiFi (NodeMCU ESP32), dan laptop. Rangkaian *solar water heater* merupakan perangkat yang berfungsi sebagai pemanas air. Sensor-sensor yang digunakan seperti sensor suhu, sensor radiasi matahari, kemudian hasil pembacaan sensornya akan diteruskan ke mikrokontroler NodeMCU ESP32 untuk proses akuisisi data. Hasil olahan dari NodeMCU ESP32 akan ditampilkan pada LCD dan pada PC yang telah terhubung dengan platform *Thingspeak* dengan menggunakan Modul WiFi NodeMCU ESP32.

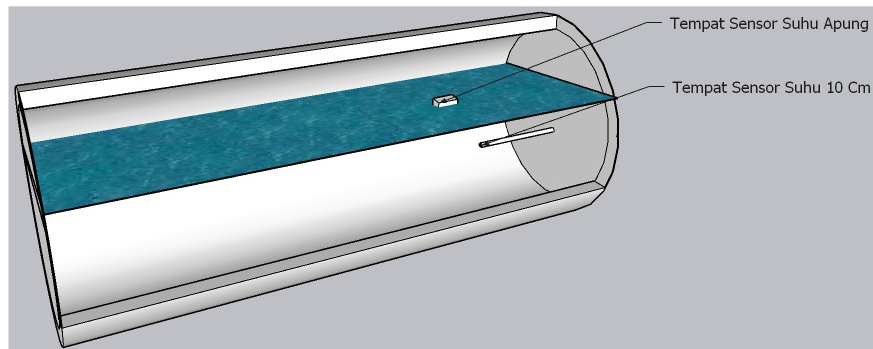
Berikut ini adalah gambar rancangan untuk peletakan sensor yang akan digunakan dalam rancang bangun sistem monitoring dan data logger *solar water heater* berbasis Iot :



(a)



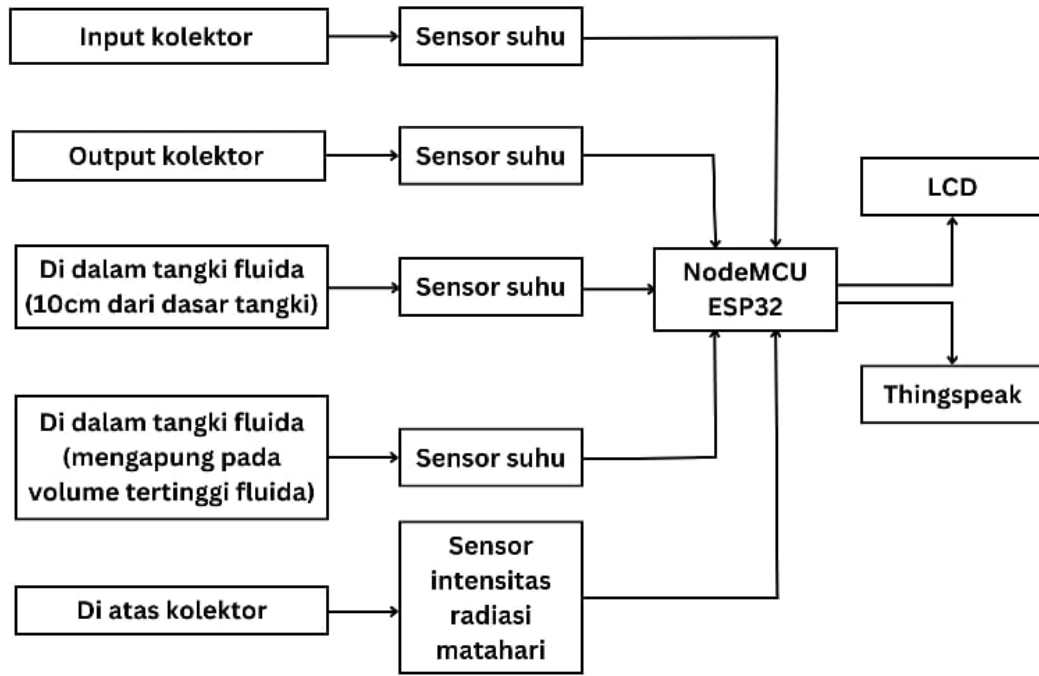
(b)



(c)

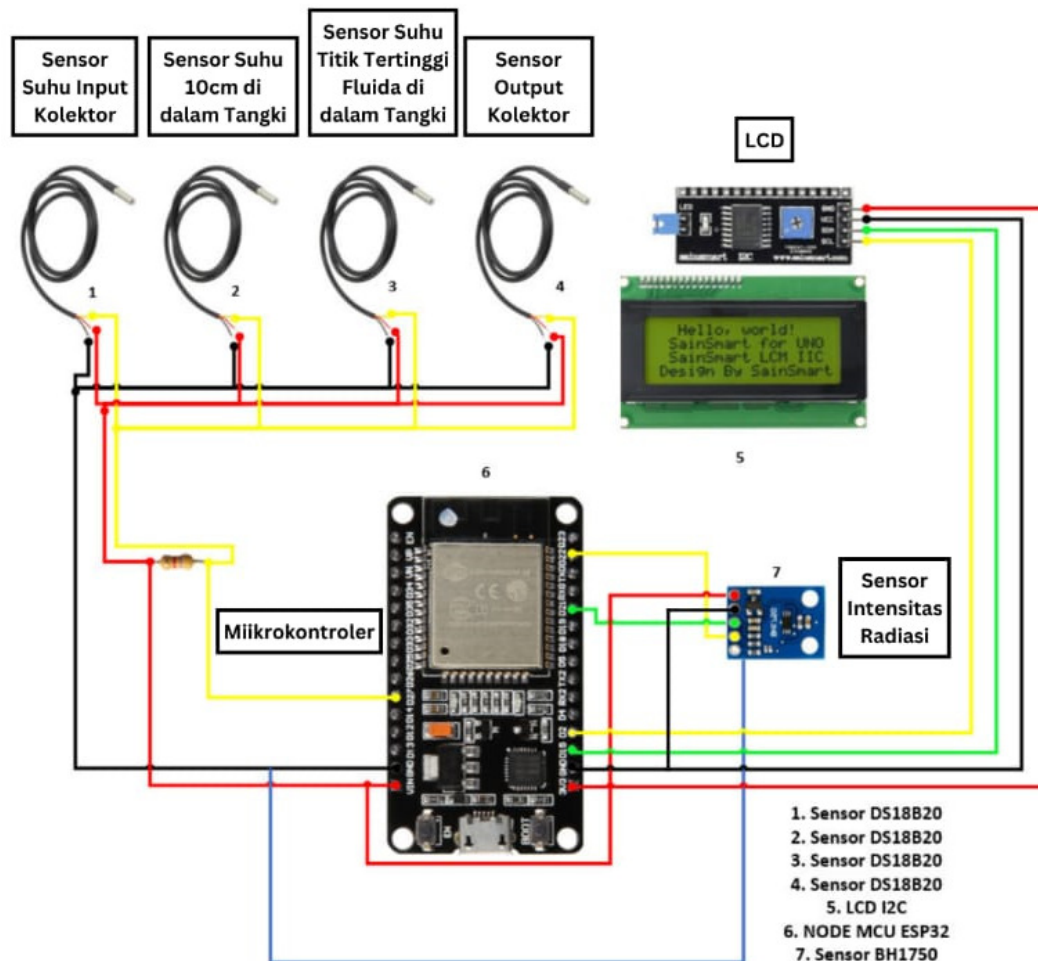
Gambar 3.2 (a). Tampak Depan Posisi Peletakan Sensor (b). Tampak Belakang Posisi Peletakan Sensor (c). Tampak Peletakan Sensor Di Dalam Tangki

Untuk peletakan sensor yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 3.2, sensor yang akan dipasang akan dimodifikasi agar dapat masuk ke dalam pipa dan dapat mengukur suhu fluida yang ada di dalam pipa. Panel *box* yang digunakan terbuat dari bahan plat besi, di dalamnya terdapat komponen-komponen elektronika seperti Arduino, papan PCB, modul WiFi Node MCU 32, LCD I2C 20x4 dan kabel-kabel. Adapun skema rangkaian untuk sistem monitoring dan data logger *solar water heater* berbasis IoT sebagai berikut.



Gambar 3.3 Skema Rangkaian Sistem Monitoring

Berdasarkan Gambar 3.3 skema rangkaian sistem monitoring, sistem kerja dari keseluruhan alat sistem monitoring dan data logger ini terpusat pada modul WiFi NodeMCU ESP32 yang menjadi otak dari sistem. Parameter dari *solar water heater* yang terbaca oleh sensor akan mengirimkan hasil data kepada modul WiFi NodeMCU ESP32 sehingga dapat dikirimkan ke LCD dan platform *Thingspeak* yang berguna sebagai penampil dan penyimpan data hasil pemantauan melalui penggunaan modul WiFi NodeMCU ESP32 menggunakan pin SDA dan SCL.



Gambar 3.4 Skema Rangkain Sistem Monitoring dan Data Logger

3.4.2 Perancangan Perangkat Lunak (*Software*)

Terdapat dua tahap dalam perancangan perangkat lunak yaitu pembuatan program di *software* Arduino IDE dan pembuatan sistem pemantauan melalui platform *Thingspeak*.

3.4.2.1 Perancangan Program di *Software* Arduino IDE

Pada perancangan program Arduino IDE terdapat beberapa program yang akan dibuat yaitu pembuatan program sistem monitoring dan data logger *solar water heater* berbasis IoT untuk pembacaan sensor yang hasil pembacaan sensor yang hasil pembacaan sensor akan ditampilkan pada LCD dan pembuatan program sistem monitoring dan data logger *solar water heater* berbasis IoT menggunakan platform *Thingspeak*. Prosedur perancangan perangkat lunak untuk kedua program tersebut adalah sebagai berikut:

- a. Menginstal *software* Arduino IDE pada PC.
- b. Membuat program baru.
- c. Program diketik pada halaman *sketch*, struktur pemrograman pada Arduino IDE terdiri dari beberapa bagian yaitu:

a) *Header*

Header berisikan *library* dari setiap komponen yang digunakan.

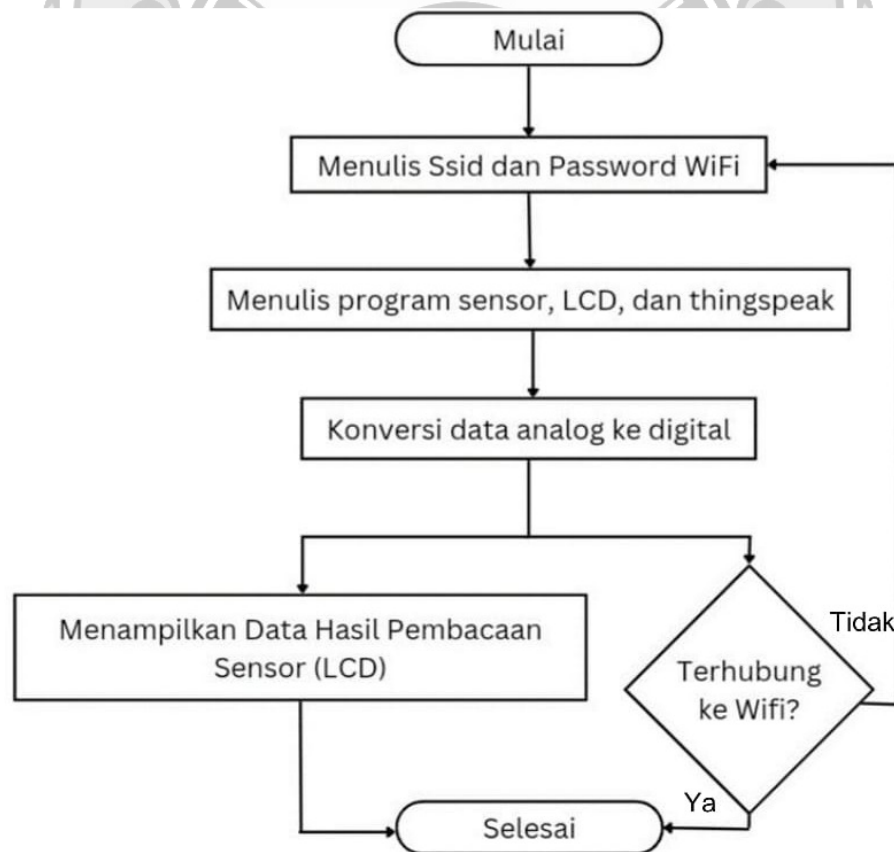
b) *Void setup ()*

Pada bagian *void loop ()*, berfungsi untuk inisialisasi dan komunikasi dengan perangkat keras arduino dan hanya dijalankan sekali selama program dijalankan

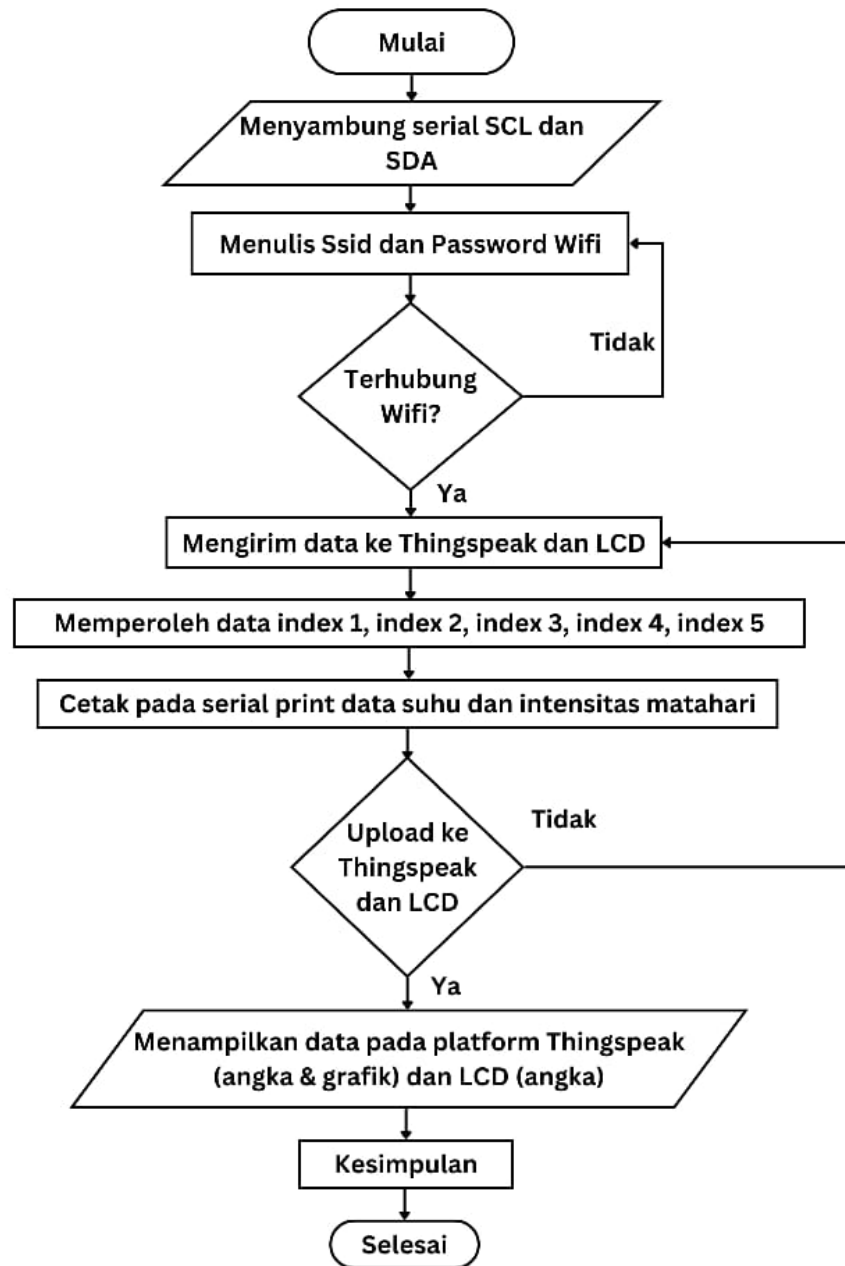
c) *Void loop ()*

Pada bagian *void setup ()* merupakan sebuah fungsi berjalan secara berulang-ulang dan terus menerus dan bisa disebut juga fungsi ini merupakan program utama, yang berisi tentang perintah untuk membaca sensor.

Pada sistem monitoring dan data logger *solar water heater* berbasis IoT dibuat *script* pemrograman. *Script* yang di upload kedalam modul WiFi NodeMCU ESP32 ini berisikan *library-library* seperti *library LiquidCrystalI2C*, Esp32, DHT18B20, BH1750, *OneWire*, LCD dan WiFi. Bagian *void setup* berisikan perintah dalam menjalankan setiap program yang digunakan seperti program untuk membaca suhu dan intensitas cahaya kemudian akan ditampilkan sesuai program yang dibuat yang nantinya akan dikirim menggunakan sambungan WiFi ke platform *Thingspeak*.



Gambar 3.5 Flowchart Modul WiFi NodeMCU ESP32



Gambar 3.6 Flowchart *Thingspeak*

- d. Setelah itu melakukan *verify* untuk menemukan apakah terdapat *error* pada pemrograman.
- e. Program di *upload* untuk melakukan pengujian.

3.4.2.2 Perancangan Sistem Monitoring

Adapun langkah-langkah untuk perancangan sistem monitoring menggunakan platform *Thingspeak* yaitu sebagai berikut:

- a. Membuka browser PC dengan memasukkan alamat web *Thingspeak*.
- b. *Sign up* jika belum mempunyai akun dan *sign in* jika sudah memiliki akun.
- c. Masuk ke menu utama dalam *Thingspeak* dan pilih *Channels*.
- d. Pilih *add New Channel* dan beri nama sesuai keinginan.
- e. Buat variabel sesuai yang ingin di monitoring
- f. *Save channel*
- g. Pilih jenis tampilan data yang diinginkan
- h. selesai

3.5 Tahap Pembuatan

3.5.1 Rangkaian Sistem Monitoring

Prosedur perakitan sistem monitoring *solar water heater* adalah sebagai berikut:

- a. Menyiapkan alat dan bahan yang akan digunakan.
- b. Membuat jalur rangkaian pada papan PCB.
- c. Membuat dudukan komponen sistem monitoring pada papan PCB sesuai posisi yang telah dibuat dengan cara melubangi setiap jalur pin.

- d. Merangkai rangkain sistem monitoring yang terdiri dari sensor suhu DS18B20, Arduino Uno, NodeMCU ESP32, LCD dan Sensor BH1750 pada papan PCB.
- e. Kemudahan letakkan didalam panel *box*.

3.6 Prosedur Pengujian

Setelah melakukan pembuatan dan perakitan selesai, maka akan dilanjutkan dengan pengujian alat dan pengambilan data. Pengujian dan pengambilan data dilakukan untuk mengetahui unjuk kerja dari sistem monitoring dan data logger pada *solar water heater* ini apakah sudah dapat bekerja dengan baik atau tidak sesuai dengan fungsinya. Adapun langkah-langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- a. Mengubungkan *solar water heater* dengan sistem monitoring dan data logger.
- b. Menguji tiap komponen.
- c. Mengkalibrasi sensor dengan alat ukur.
- d. Menguji sistem monitoring dan data logger *solar water heater* yang dihubungkan dengan LCD dan PC yang telah terhubung dengan platform *Thingspeak*.
- e. Menganalisis hasil monitoring dan data logger.
- f. Membuat kesimpulan tentang hasil pengujian sistem monitoring dan data logger *solar water heater* berbasis IoT dengan menggunakan *Thingspeak*.
- g. Pengujian selesai.

3.7 Parameter Yang Diukur

Pengambilan data dilakukan setelah perancangan, pembuatan alat, perakitan, dan pengujian. Parameter yang diukur dengan menggunakan sensor yaitu suhu dan

intensitas cahaya di area *solar water heater* yang hasil datanya akan di data loggerkan dengan menggunakan platform *Thingspeak*. Untuk parameter yang diukur dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 3.3 Parameter Yang Diukur

| No | Parameter | Simbol | Satuan | Keterangan |
|----|--|--------|------------------|----------------|
| 1. | Temperatur input kolektor | T | °C | Sensor DS18B20 |
| 2. | Temperatur output kolektor | T | °C | Sensor DS18B20 |
| 3. | Temperatur fluida di dalam tangki 10 cm dari dasar | T | °C | Sensor DS18B20 |
| 4. | Temperatur fluida pada volume tertinggi di dalam tangki | T | °C | Sensor DS18B20 |
| 5. | Intensitas radiasi matahari | G | W/m ² | BH1750 |

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

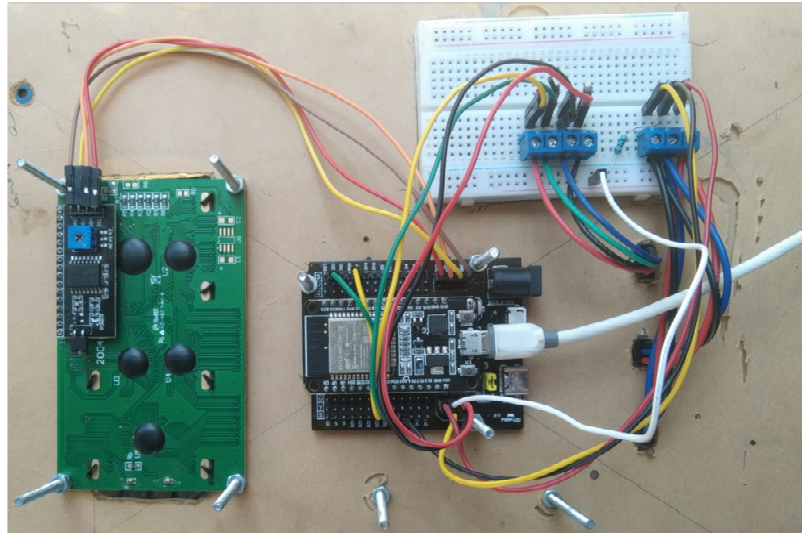
Pada bab ini akan dibahas hasil serta pembahasan pada sistem monitoring dan data logger pada *solar water heater* yang terdiri dari perangkat keras dan perangkat lunak. Pengujian alat sistem monitoring ini terdiri dari beberapa tahapan pengujian, dimulai dari pengujian tiap bagian per sensor, pengujian pemrograman, hingga pengujian sistem secara keseluruhan. Dari hasil pengujian yang diperoleh maka dapat dilakukan analisis kinerja dari bagian-bagian sistem yang saling berintegrasi sehingga terbentuk sistem monitoring dan data logger *solar water heater*. Hasil perakitan perangkat keras dapat dilihat pada Gambar 4.1. untuk perangkat lunak sistem monitoring dan data logger *solar water heater* dapat dilihat pada Gambar 4.2, dan pemrograman sistem monitoring dan data logger *solar water heater* dapat dilihat pada Gambar 4.3



(a)

(b)

Gambar 4.1 (a) Tampak Samping *Solar Water Heater* (b) Tampak Depan *Solar Water Heater*



Gambar 4.2 Rancangan Komponen *Kontroler*

ThingSpeak™ Channels ▾ Apps ▾ Devices ▾ Support ▾ Commercial Use How to Buy **AF**

Private View Public View Channel Settings Sharing API Keys Data Import / Export

Channel Settings

Percentage complete 30%

Channel ID 2230337

Name

Description

Field 1

Field 2

Field 3

Field 4

Field 5

Help

Channels store all the data that a ThingSpeak application collects. Each channel includes eight fields that can hold any type of data, plus three fields for location data and one for status data. Once you collect data in a channel, you can use ThingSpeak apps to analyze and visualize it.

Channel Settings

- Percentage complete:** Calculated based on data entered into the various fields of a channel. Enter the name, description, location, URL, video, and tags to complete your channel.
- Channel Name:** Enter a unique name for the ThingSpeak channel.
- Description:** Enter a description of the ThingSpeak channel.
- Field#:** Check the box to enable the field, and enter a field name. Each ThingSpeak channel can have up to 8 fields.
- Metadata:** Enter information about channel data, including JSON, XML, or CSV data.
- Tags:** Enter keywords that identify the channel. Separate tags with commas.
- Link to External Site:** If you have a website that contains information about your ThingSpeak channel, specify the URL.
- Show Channel Location:**

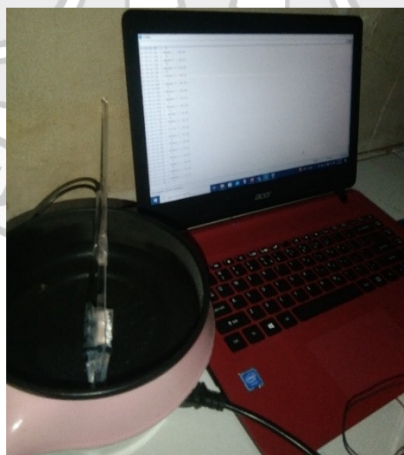
Gambar 4.3 Tampilan *Channel* Pada Platform *Thingspeak*

Dalam pengujian alat ini terdapat 3 tahapan pengujian yaitu pengujian perangkat keras (*Hardware*), pengujian perangkat lunak (*Software*) dan pengujian keseluruhan sistem.

4.1 Hasil Pengujian Perangkat Keras (*Hardware*)

4.1.1 Hasil Pengujian Sensor Suhu DS18B20

Pengujian sensor suhu DS18B20 dilakukan untuk mengetahui kinerja sensor suhu tersebut. Sensor suhu yang digunakan hanya dapat mendeteksi suhu -55 sampai +125 . Sensor yang digunakan sebanyak 4 buah, dimana 1 sensor suhu dipasang untuk mengukur suhu air yang masuk pada kolektor, suhu air yang keluar dari dalam kolektor, suhu air di dalam tangki 10 cm dari dasar tangki, dan suhu air pada volume tertinggi air di dalam tangki. Pengujian sensor suhu ini dilakukan dengan cara membandingkan hasil pembacaan sensor dengan hasil pembacaan alat ukur berupa *thermometer* dan hasil bacaan sensor yang tertampil pada platform dan pada LCD.



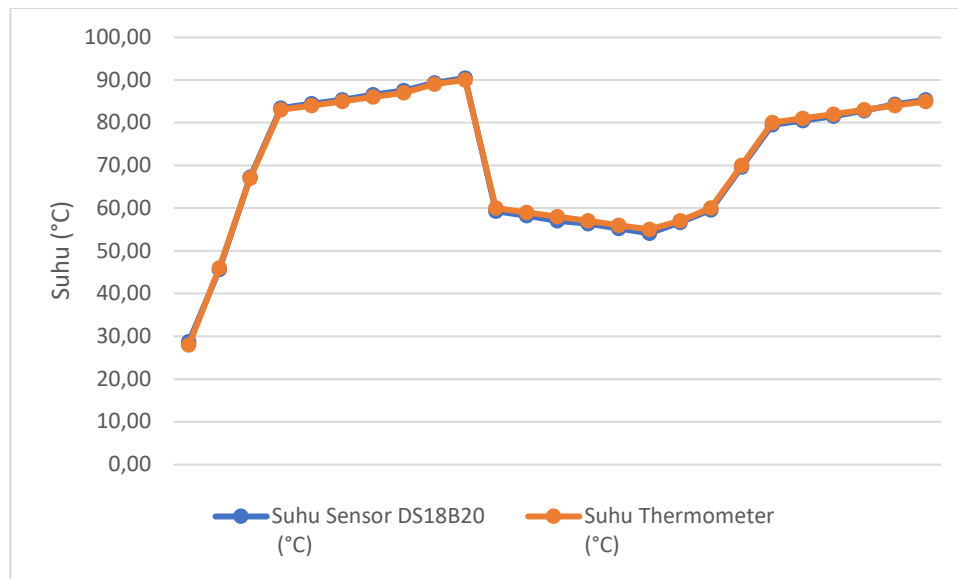
Gambar 4.4 Pengkalibrasian Alat Dengan *Thermometer*

Tabel 4.1 Data Hasil Kalibrasi Sensor DS18B20

| Kalibrasi Suhu | | | |
|------------------------------|-----------------------|------------------------|--------------------|
| Suhu Sensor DS18B20 (°C) | Suhu Thermometer (°C) | Selisih Pembacaan (°C) | Akurasi Sensor (%) |
| 28.75 | 28.00 | 0.75 | 97.39 |
| 45.63 | 46.00 | 0.37 | 99.19 |
| 67.19 | 67.00 | 0.19 | 99.72 |
| 83.37 | 83.00 | 0.37 | 99.56 |
| 84.44 | 84.00 | 0.44 | 99.48 |
| 85.31 | 85.00 | 0.31 | 99.64 |
| 86.50 | 86.00 | 0.50 | 99.42 |
| 87.50 | 87.00 | 0.50 | 99.43 |
| 89.31 | 89.00 | 0.31 | 99.65 |
| 90.44 | 90.00 | 0.44 | 99.51 |
| 59.25 | 60.00 | 0.75 | 98.73 |
| 58.25 | 59.00 | 0.75 | 98.71 |
| 57.06 | 58.00 | 0.94 | 98.35 |
| 56.35 | 57.00 | 0.65 | 98.85 |
| 55.25 | 56.00 | 0.75 | 98.64 |
| 54.13 | 55.00 | 0.87 | 98.39 |
| 56.69 | 57.00 | 0.31 | 99.45 |
| 59.56 | 60.00 | 0.44 | 99.26 |
| 69.65 | 70.00 | 0.35 | 99.50 |
| 79.50 | 80.00 | 0.50 | 99.37 |
| 80.50 | 81.00 | 0.50 | 99.38 |
| 81.53 | 82.00 | 0.47 | 99.42 |
| 82.81 | 83.00 | 0.19 | 99.77 |
| 84.31 | 84.00 | 0.31 | 99.63 |
| 85.37 | 85.00 | 0.37 | 99.57 |
| Rata-Rata Persentasi Akurasi | | | 99.20 |

Berdasarkan Tabel 4.1 hasil pengujian sensor DS18B20 dapat dilihat tingkat persentase akurasi nilai suhu pembacaan sensor dan alat ukur *thermometer* rata ratanya sebesar 99.20%. Tingkat persentase akurasi terjadi karena perbedaan sensitifitas

pembacaan antara sensor suhu DS18B20 dan alat ukur suhu *thermometer*, salah satu perbedaan sensitifitas bisa disebabkan oleh rangkaian atau dari sensor itu sendiri.



Gambar 4.5 Grafik Perbandingan Sensor DS18B20 Dengan Alat Ukur *Thermometer*

4.1.2 Pengujian Sensor Radiasi BH1750

Pengujian sensor radiasi BH1750 dilakukan untuk mengetahui kinerja sensor radiasi tersebut. Sensor radiasi yang digunakan sebanyak 1 buah, dimana 1 sensor radiasi ini dipasang untuk mengukur radiasi matahari yang mengenai kolektor. Pengujian sensor ini dilakukan dengan cara membandingkan hasil pembacaan sensor dengan hasil pembacaan alat ukur digital (*solar power meter*). Pengujian dilakukan dengan rentang waktu pengambilan data setiap 10 menit sekali.



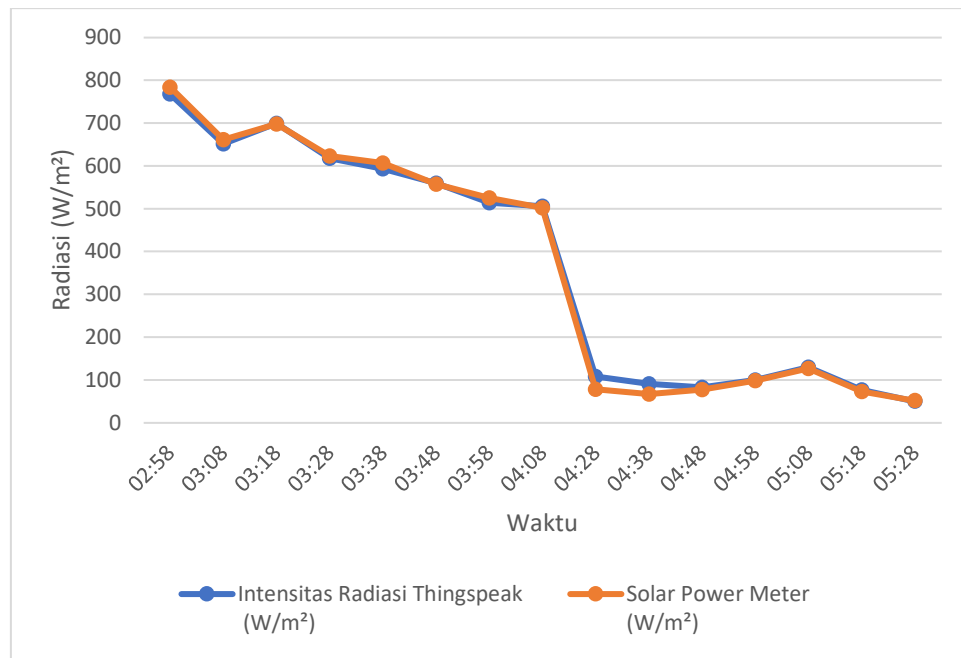
Gambar 4.6 Pengkalibrasian Alat Dengan *Solar Power Meter*

Tabel 4. 2 Hasil Kalibrasi Sensor BH1750

| Kalibrasi Radiasi | | | | |
|------------------------------|---|---------------------------------------|-----------------------------|------------------------|
| Waktu (Jam) | Intensitas Radiasi Thingspeak (W/m ²) | Solar Power Meter (W/m ²) | Selisih (W/m ²) | Persentase Akurasi (%) |
| 2:58 | 767.75 | 784.1 | 16.35 | 97.87 |
| 3:08 | 651.65 | 661.2 | 9.55 | 98.53 |
| 3:18 | 699.61 | 698.1 | 1.51 | 99.78 |
| 3:28 | 618.14 | 622.7 | 4.56 | 99.26 |
| 3:38 | 592.81 | 606.3 | 13.49 | 97.72 |
| 3:48 | 559.3 | 557.6 | 1.7 | 99.70 |
| 3:58 | 514.14 | 524.9 | 10.76 | 97.91 |
| 4:08 | 505.56 | 501.9 | 3.66 | 99.28 |
| 4:28 | 108.1 | 77.9 | 30.2 | 72.06 |
| 4:38 | 90.73 | 66.9 | 23.83 | 73.74 |
| 4:48 | 82.2 | 77.2 | 5 | 93.92 |
| 4:58 | 99.61 | 98.1 | 1.51 | 98.48 |
| 5:08 | 129.86 | 126.4 | 3.46 | 97.34 |
| 5:18 | 76.63 | 72.9 | 3.73 | 95.13 |
| 5:28 | 50.33 | 51.5 | 1.17 | 97.68 |
| Rata Rata Persentase Akurasi | | | | 94.56 |

Berdasarkan Tabel 4.2 hasil pengujian sensor radiasi dapat dilihat tingkat persentase akurasi nilai radiasi antara sensor BH1750 dengan alat ukur *solar power meter* dengan rata-rata yaitu 94.56%. Tingkat persentase akurasi tersebut terjadi karena

perbedaan sensitifitas pembacaan antara sensor BH1750 dan alat ukur. Salah satu perbedaan sensitifitas bisa disebabkan oleh rangkaian atau dari sensor itu sendiri. Adapun grafik dari hasil pengujian sensor radiasi dapat dilihat pada Gambar 4.7.



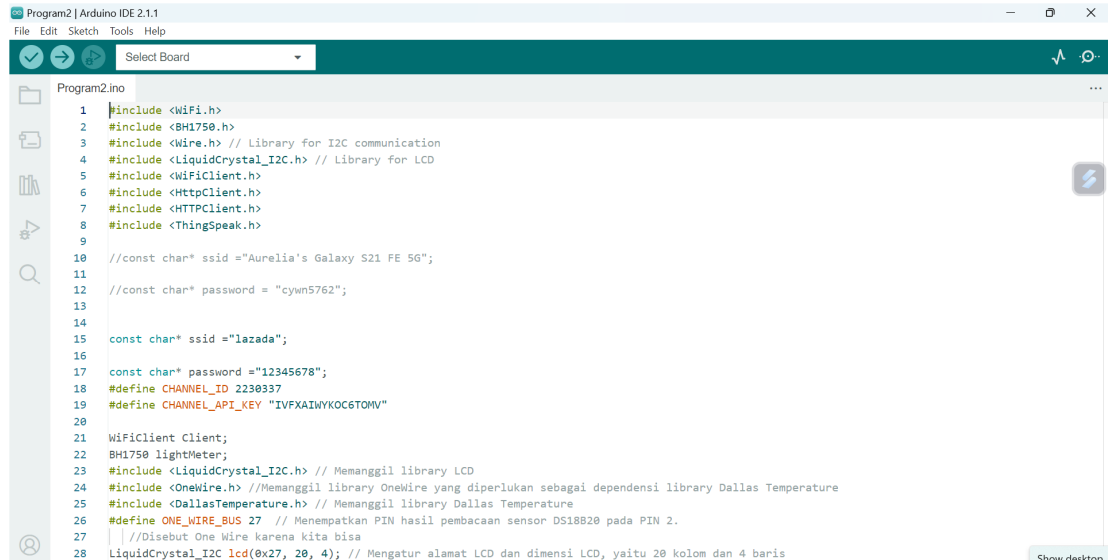
Gambar 4.7 Grafik Perbandingan Sensor BH1750 dan *Solar Power Meter*



4.2 Hasil Pengujian Perangkat Lunak (*Software*)

Pengujian *software* ini merupakan pengujian pemrograman pada NodeMCU ESP32.

4.2.1 Pengujian Pemrograman NodeMCU ESP32



```
1 |include <WiFi.h>
2 |include <BH1750.h>
3 |include <Wire.h> // Library for I2C communication
4 |include <LiquidCrystal_I2C.h> // Library for LCD
5 |include <WiFiClient.h>
6 |include <HttpClient.h>
7 |include <HTTPClient.h>
8 |include <ThingSpeak.h>
9
10 //const char* ssid ="Aurelia's Galaxy S21 FE 5G";
11
12 //const char* password = "cywn5762";
13
14 const char* ssid ="lazada";
15
16 const char* password ="12345678";
17
18 #define CHANNEL_ID 2230337
19 #define CHANNEL_API_KEY "IVFXAIWYKOC6TOMV"
20
21 WiFiClient Client;
22 BH1750 lightMeter;
23 |include <LiquidCrystal_I2C.h> // Memanggil library LCD
24 |include <OneWire.h> //Memanggil library OneWire yang diperlukan sebagai dependensi library Dallas Temperature
25 |include <DallasTemperature.h> // Memanggil library Dallas Temperature
26 #define ONE_WIRE_BUS 27 // Menempatkan PIN hasil pembacaan sensor DS18B20 pada PIN 2.
27 //Disebut One Wire karena kita bisa
28 LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 20, 4); // Mengatur alamat LCD dan dimensi LCD, yaitu 20 kolom dan 4 baris
```

Gambar 4.8 *Script* Program NodeMCU ESP32 Pada Arduino Ide

Pada pemrograman untuk sistem monitoring ini berisikan *script* yang berfungsi untuk menyambungkan NodeMCU ESP32 ke WiFi dengan cara memasukkan *user* atau nama WiFi dan juga *password* dari jaringan WiFi yang akan digunakan, berfungsi menjalankan setiap sensor yang digunakan dan mengirim hasil pembacaan sensor untuk di tampilkan pada LCD dan platform *Thingspeak*. Pada *script* program ini juga untuk terhubung ke platform *Thingspeak* harus dimasukkan “*myChannelNumber*” dan “*myWriteAPIKey*”. “*myChannelNumber*” dan “*myWriteAPIKey*” dapat dilihat pada akun *Thingspeak* sesuai dengan *channel* yang digunakan.

Hasil pembacaan sensor akan ditampilkan pada LCD. Berikut tampilan pada LCD ketika program telah berhasil di *upload*.



Gambar 4.9 Tampilan Data Pada LCD

Pada Gambar 4.9 dapat dilihat tampilan LCD yang menampilkan parameter-parameter yang didapatkan dari hasil pembacaan sensor yang digunakan. Pada tampilan LCD terlihat dimana suhu 1 merupakan suhu pada input kolektor, suhu 2 merupakan suhu pada sensor apung di dalam tangki, suhu 3 merupakan suhu 10 cm dari dasar tangki, suhu 4 merupakan suhu pada keluaran kolektor, dan radiasi merupakan intensitas radiasi matahari yang mengenai kolektor. Nilai pembacaan sensor dari tampilan LCD sama dengan nilai pada platform *Thingspeak* yang akan ditampilkan dalam bentuk grafik dengan waktu pengiriman data setiap 15 detik serta data yang tersimpan nantinya dapat diunduh dalam format *excel*. Berikut tampilan hasil pembacaan sensor di platform *Thingspeak*.

Monitoring Suhu dan radiasi matahari swh

Watch

Channel ID: 2230337
Author: mwa0000030676329
Access: Public

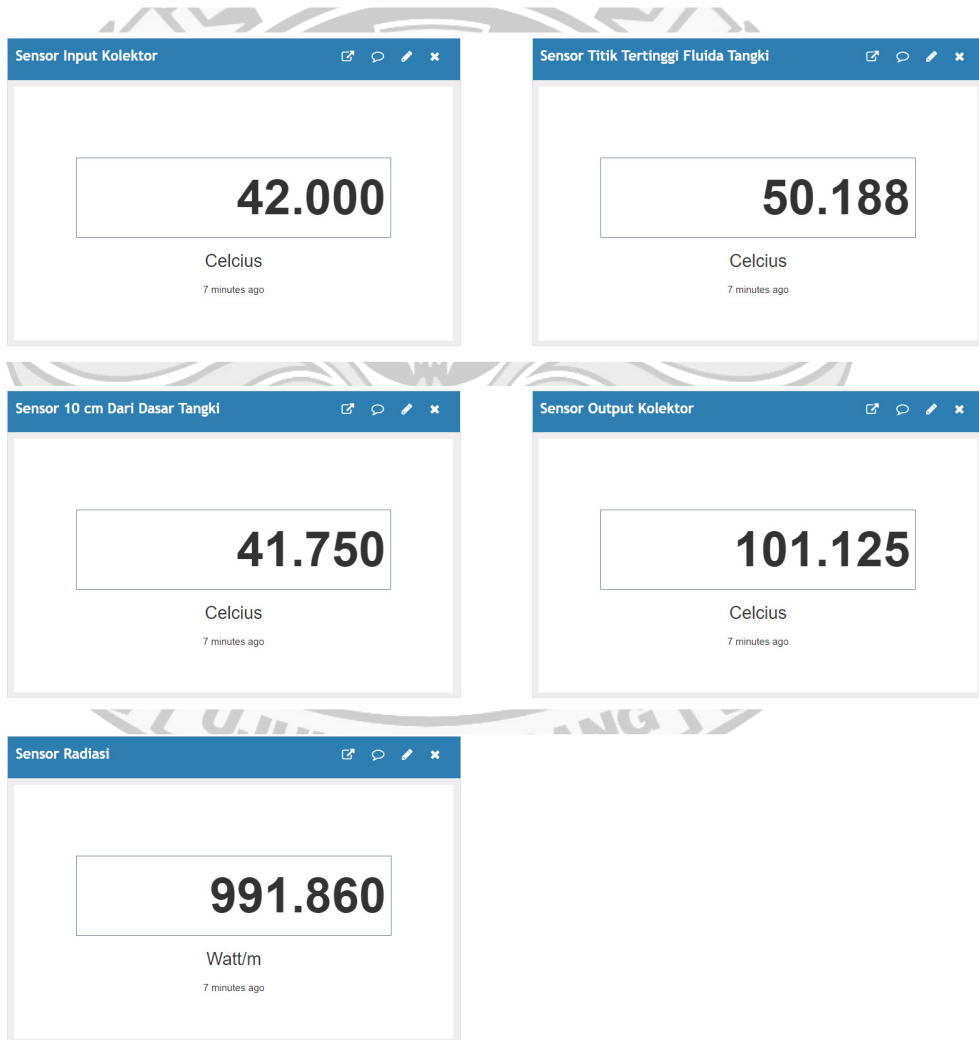
Private View Public View Channel Settings Sharing API Keys Data Import / Export

+ Add Visualizations + Add Widgets Export recent data

MATLAB Analysis MATLAB Visualization

Channel Stats

Created: [about a month ago](#)
Last entry: [3 minutes ago](#)
Entries: 10180



Gambar 4.10 Tampilan Monitoring Pada *Thingspeak*

Monitoring Suhu dan radiasi matahari swh

Channel ID: 2230337
 Author: mwa0000030676329
 Access: Public

Private View Public View Channel Settings Sharing API Keys Data Import / Export

+ Add Visualizations + Add Widgets Export recent data

MATLAB Analysis MATLAB Visualization

Channel Stats

Created: [about a month ago](#)
 Last entry: [2 minutes ago](#)
 Entries: 10180



Gambar 4.11 Tampilan Grafik Pada Thingspeak

4.3 Hasil Pengujian Keseluruhan Sistem Monitoring dan Data Logger

Pengujian keseluruhan alat ini meliputi pengujian *hardware* dan pengujian *software* yang telah dirancang. Pengujian yang dilakukan yaitu pembacaan sensor pada *input* kolektor, sensor pada *output* kolektor, sensor apung volume tertinggi air didalam tangki, dan sensor 10cm di dalam tangki. Setelah mendapatkan hasil pembacaan maka dilakukan perhitungan efisiensi secara teoritis.

Efisiensi Kolektor (η_k)

$$\eta_k = \frac{Q_{outK}}{Q_{in}} \times 100 \%$$

Efisiensi Sistem (η_s)

$$\eta_s = \frac{Q_{outs}}{Q_{in}} \times 100 \%$$

Keterangan :

η_k = Efisiensi kolektor

η_s = Efisienasi sistem

Q_{outK} = Energi output kolektor

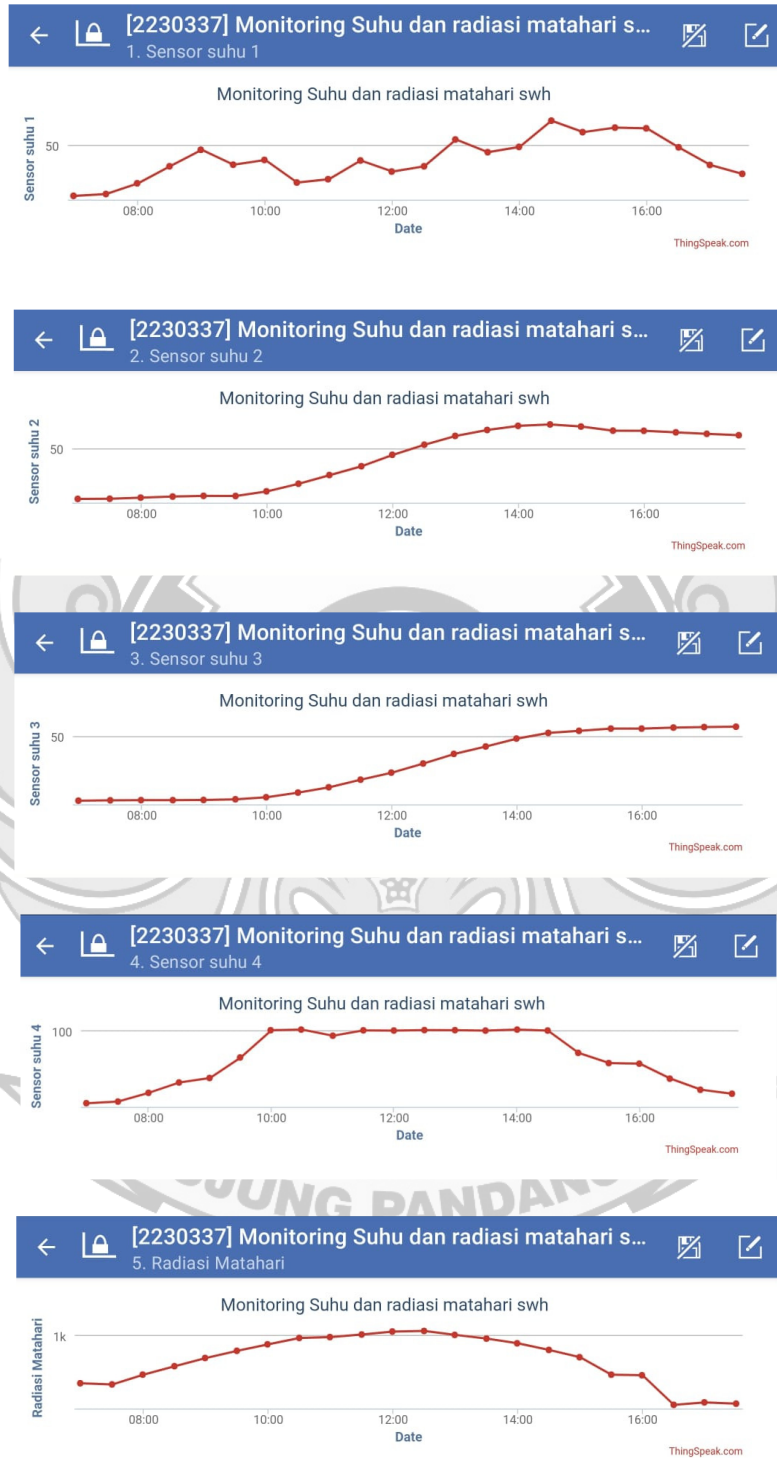
Q_{in} = Energi input

Q_{outs} = Energi output sistem

Pengujian ini dilakukan di Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang selama empat hari dengan mengambil sampel pencatatan data setiap 30 menit, sehingga data yang dimasukkan dalam tabel hasil data adalah data per 30 menit dari hasil pengujian keseluruhan sistem. Selama pengujian sistem monitoring dan data logger ini, untuk pengambilan data juga dilakukan pengkalibrasian data dengan alat ukur digital.

Pada pengujian sistem monitoring untuk hari kedua pengambilan data dilakukan mulai pukul 07.30 WITA sampai pukul 17.30 WITA dengan total data yang tersimpan pada *Thingspeak* sebanyak 105 data dengan waktu pengiriman data setiap 30 menit. Untuk tampilan grafik pada *Thingspeak* dapat dilihat pada Gambar 4.12.

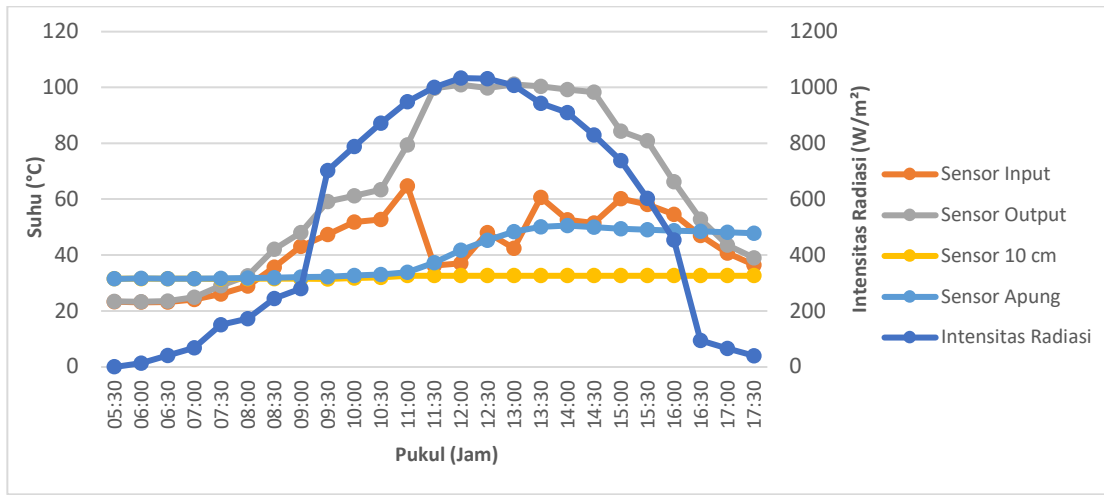




Gambar 4.12 Tampilan Grafik Pengambilan Data Hari Ke-2 Pada *Thingspeak*

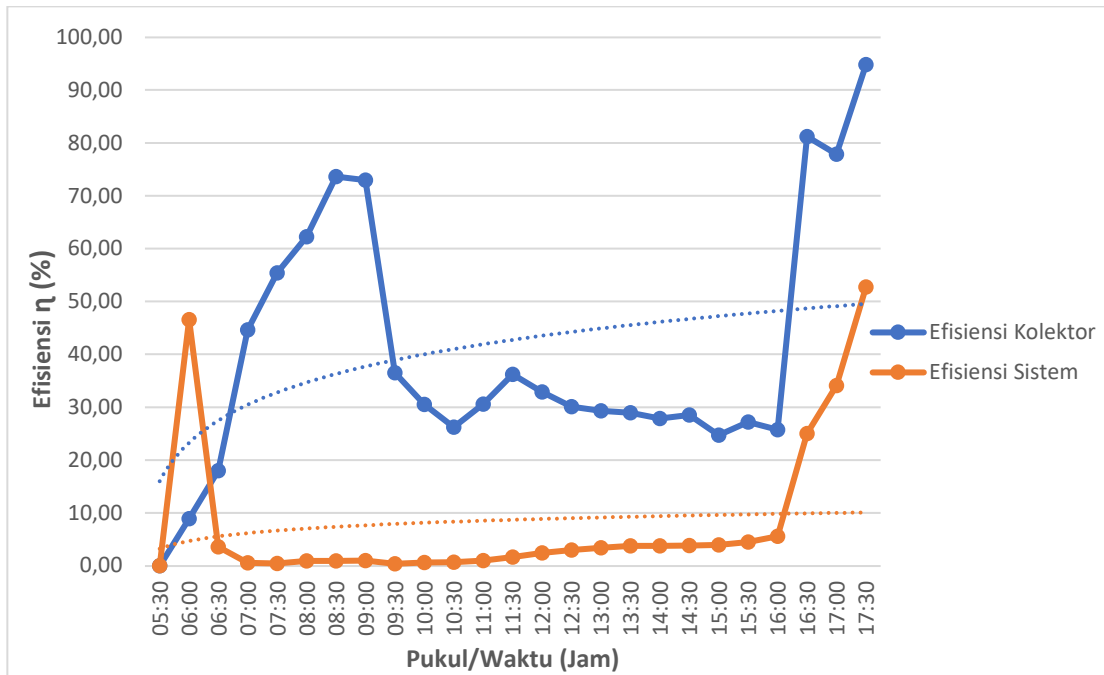
Tabel 4.3 Data Hasil Pengamatan *Solar Water Heater* Pada Hari Ke-4

| Pukul (Jam) | Intensitas Radiasi (W/m ²) | Temperatur Kolektor | | Temperatur Tangki | | | Ms (Kg) | Mk (Kg) | Qin (kJ) | QoutK (kJ) | QoutS (kJ) | η_k (%) | η_s (%) |
|----------------|--|------------------------|--------------|--------------------|--------------------|------------------------|------------|------------|-------------|---------------|---------------|-----------------|-----------------|
| | | Tin (°C) | Tout (°C) | T 10 cm (°C) | T apung (°C) | T rata rata (°C) | | | | | | | |
| 5:30 | 0.01 | 23.31 | 23.43 | 31.48 | 31.48 | 31.48 | 99.52 | 99.742 | 0 | 0.00 | 50.04 | 0.00 | 0.00 |
| 6:00 | 13.03 | 23.12 | 23.33 | 31.56 | 31.61 | 31.585 | 99.52 | 99.746 | 93.816 | 43.67 | 8.34 | 8.89 | 46.55 |
| 6:30 | 40.25 | 23.18 | 23.56 | 31.56 | 31.5 | 31.53 | 99.52 | 99.742 | 579.6 | 20.79 | 104.26 | 17.99 | 3.59 |
| 7:00 | 67.47 | 24.06 | 24.87 | 31.5 | 31.5 | 31.5 | 99.52 | 99.713 | 1457.35 | 8.32 | 650.36 | 44.63 | 0.57 |
| 7:30 | 150.12 | 26 | 29.06 | 31.43 | 31.62 | 31.525 | 99.52 | 99.634 | 4323.46 | 18.71 | 2394.13 | 55.38 | 0.43 |
| 8:00 | 171.82 | 28.93 | 32.56 | 31.5 | 31.74 | 31.62 | 99.51 | 99.545 | 6185.52 | 58.22 | 3847.99 | 62.21 | 0.94 |
| 8:30 | 244.67 | 35.68 | 42.06 | 31.5 | 31.93 | 31.715 | 99.51 | 99.264 | 10569.7 | 97.73 | 7779.82 | 73.60 | 0.92 |
| 9:00 | 279.4 | 43.06 | 48 | 31.5 | 32.12 | 31.81 | 99.51 | 99.544 | 14081.8 | 137.23 | 10273.36 | 72.96 | 0.97 |
| 9:30 | 701.99 | 47.31 | 59.09 | 31.43 | 32.25 | 31.84 | 99.51 | 98.645 | 40434.6 | 149.70 | 14760.44 | 36.50 | 0.37 |
| 10:00 | 788.46 | 51.75 | 61.18 | 31.81 | 32.68 | 32.245 | 99.49 | 98.486 | 51092.2 | 318.07 | 15601.19 | 30.54 | 0.62 |
| 10:30 | 871.54 | 52.68 | 63.31 | 32 | 33 | 32.5 | 99.48 | 98.411 | 62750.9 | 424.06 | 16470.06 | 26.25 | 0.68 |
| 11:00 | 949.03 | 64.75 | 79.43 | 32.62 | 33.87 | 33.245 | 99.46 | 97.636 | 75163.2 | 733.60 | 22969.36 | 30.56 | 0.98 |
| 11:30 | 999.52 | 36.18 | 99.62 | 32.62 | 37.25 | 34.935 | 99.40 | 97.878 | 86358.5 | 1435.18 | 31287.93 | 36.23 | 1.66 |
| 12:00 | 1033.49 | 37 | 100.93 | 32.62 | 41.68 | 37.15 | 99.32 | 97.82 | 96734.7 | 2354.01 | 31813.78 | 32.89 | 2.43 |
| 12:30 | 1031 | 48 | 99.81 | 32.62 | 45.25 | 38.935 | 99.26 | 97.527 | 103925 | 3093.19 | 31283.20 | 30.10 | 2.98 |
| 13:00 | 1007.11 | 42.37 | 101.12 | 32.62 | 48.31 | 40.465 | 99.25 | 97.658 | 108768 | 3727.60 | 31854.04 | 29.29 | 3.43 |
| 13:30 | 942.67 | 60.65 | 100.37 | 32.62 | 50.06 | 41.34 | 99.30 | 97.126 | 108596 | 4092.71 | 31420.06 | 28.93 | 3.77 |
| 14:00 | 910.13 | 52.62 | 99.25 | 32.62 | 50.56 | 41.59 | 99.32 | 97.405 | 111400 | 4197.07 | 31030.15 | 27.85 | 3.77 |
| 14:30 | 829.35 | 51.5 | 98.31 | 32.62 | 50 | 41.31 | 99.30 | 97.467 | 107484 | 4080.18 | 30658.24 | 28.52 | 3.80 |
| 15:00 | 738.09 | 60.12 | 84.27 | 32.62 | 49.43 | 41.025 | 99.28 | 97.63 | 100971 | 3961.20 | 24948.79 | 24.71 | 3.92 |
| 15:30 | 602.64 | 58.06 | 80.9 | 32.62 | 49 | 40.81 | 99.27 | 97.791 | 86780.2 | 3871.51 | 23597.17 | 27.19 | 4.46 |
| 16:00 | 453.47 | 54.5 | 66.23 | 32.62 | 48.75 | 40.685 | 99.26 | 98.293 | 68564.7 | 3819.37 | 17655.41 | 25.75 | 5.57 |
| 16:30 | 94.78 | 47 | 52.82 | 32.62 | 48.43 | 40.525 | 99.26 | 98.805 | 15013.2 | 3752.64 | 12190.69 | 81.20 | 25.00 |
| 17:00 | 65.29 | 40.68 | 43.59 | 32.62 | 48.12 | 40.37 | 99.25 | 99.347 | 10812 | 3688.00 | 8419.67 | 77.87 | 34.11 |
| 17:30 | 39.64 | 36.43 | 38.95 | 32.62 | 47.75 | 40.185 | 99.24 | 99.304 | 6849.79 | 3610.85 | 6492.02 | 94.78 | 52.71 |



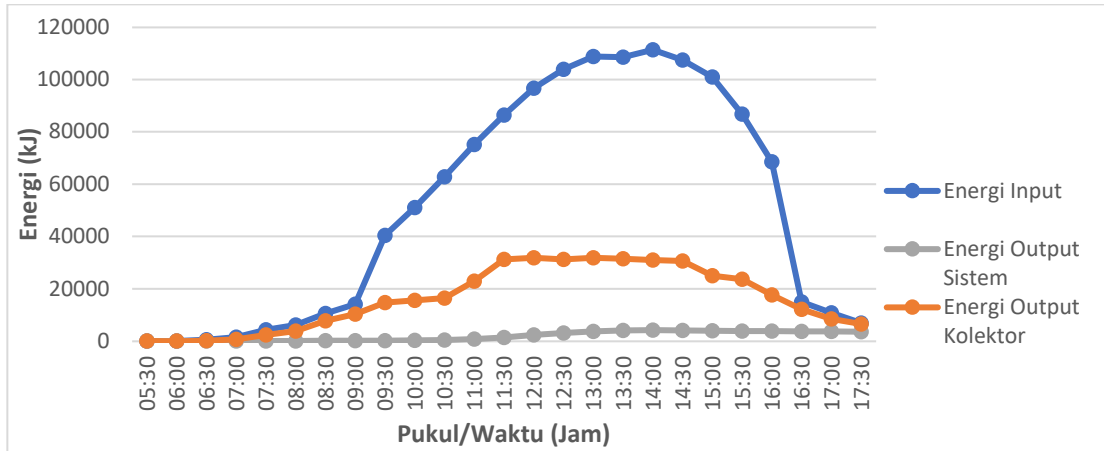
Gambar 4.13 Grafik Hubungan Suhu dan Radiasi Matahari

Pada gambar 4.13 kita dapat melihat grafik hubungan antara suhu dan radiasi matahari dapat kita lihat bahwa suhu *input* kolektor, suhu *output* kolektor, suhu di dalam tangki cenderung naik mengikuti besar radiasi yang diserap oleh kolektor. Namun pada saat radiasi menurun, suhu didalam tangki cenderung mempertahankan panas fluida sedangkan suhu pada *input* kolektor dan *output* kolektor ikut menurun seiring berkurangnya radiasi. Suhu *input* kolektor yang fluktuatif dipengaruhi oleh paparan sinar matahari yang mengenai pipa dimana sensor diletakkan.



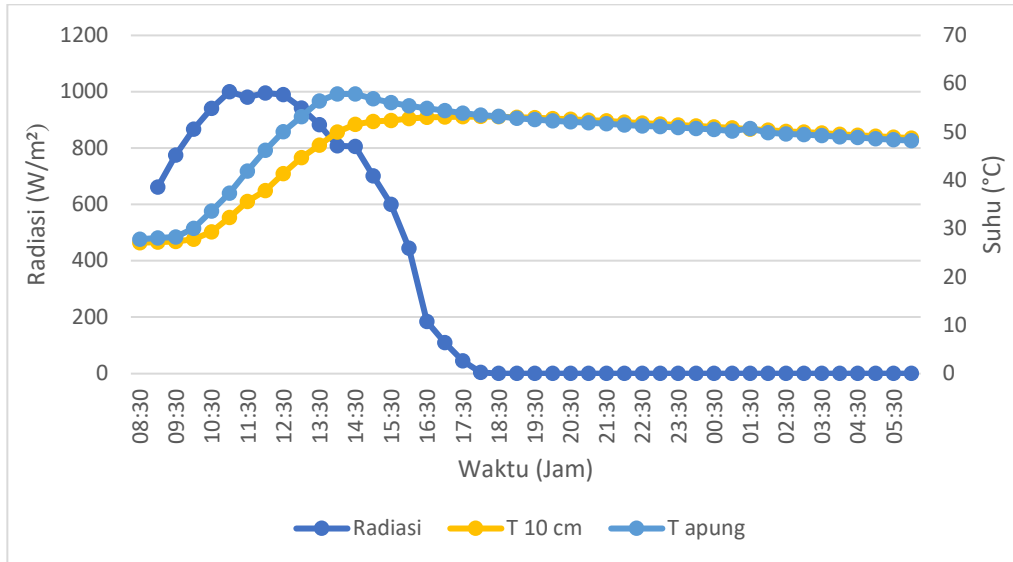
Gambar 4.14 Grafik Efisiensi *Solar Water Heater*

Dapat kita lihat pada Gambar 4.14 Pada grafik diatas dapat dilihat efisiensi sistem pada pukul 6:00 mengalami lonjakan pada nilai 46,55% akibat besarnya ΔT pada saat radiasi matahari masih sangat rendah, sedangkan lonjakan yang terjadi pada pukul 17:30 dengan nilai 25% diakibatkan karna radiasi yang sudah sangat minim dan suhu yang masih tinggi akibat sisa-sisa pemanasan. Efisiensi sistem yang cenderung rendah diakibatkan *solar water heater* yang digunakan dengan siklus tertutup sehingga perbedaan temperatur antara suhu input dan output tidak banyak berbeda. Untuk *line* efisiensi kolektor mengalami lonjakan setelah start dengan nilai 73.60%, lalu 81.20% hal ini disebabkan oleh intensitas matahari yang rendah sedangkan panas sisa radiasi matahari masih bertahan yang menyebabkan suhu fluida yang di panaskan masih tinggi.



Gambar 4.15 Grafik Energi *Solar Water Heater*

Pada gambar diatas, menunjukkan hubungan antara energi *input* dan energi *output* sistem maupun kolektor terhadap waktu pengoperasian SWH. Dapat dilihat bahwa energi *input* mengalami kenaikan puncak pada pukul 14.00 WITA sebesar 75163 kJ dan mengalami penurunan secara bertahap sampai pukul 17.30 WITA dan pada energi *output* kolektor mengalami kenaikan puncak pada pukul 13.00 WITA sebesar 31854.04 kJ dan mengalami penurunan secara bertahap hingga pukul 17.30 WITA. Pada energi *output* sistem mengalami kenaikan puncak pada pukul 14.00 WITA sebesar 4197.07 kJ.



Gambar 4.16 Grafik hubungan radiasi dan suhu dalam tangki

Pada gambar 4.16 kita dapat melihat grafik yang memperlihatkan hubungan intensitas radiasi dan suhu di dalam *solar water heater*. Pada grafik dapat kita lihat bahwa suhu didalam tangki cenderung naik mengikuti intensitas radiasi yang mengenai kolektor, namun pada jam 13.00 WITA intensitas radiasi mulai perlahan berkurang namun suhu di dalam tangki masih memanaskan air dengan optimal, pada pukul 18.00 WITA intensitas radiasi sudah tidak ada namun air di dalam tangki masih stabil diangka 53.5°C dan bertahan hingga suhu 48.18°C di pagi hari saat matahari mulai kembali memantulkan radiasi ke kolektor. Tangki *solar water heater* menggunakan isolasi *high density polyurethane* yang merupakan material yang baik dalam isolasi thermal, ia mampu menahan suhu hingga 250 °C.

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan data yang telah diperoleh dari hasil pembuatan dan pengujian alat maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem monitoring yang bekerja sesuai dengan tugasnya dan berfungsi dengan baik yakni sistem yang dapat memonitoring parameter yang diukur pada *solar water heater* yaitu suhu *input* kolektor, suhu *output* kolektor, suhu 10cm dari dasar tangki, suhu pada volume tertinggi fluida di dalam tangki, dan intensitas radiasi matahari baik dengan jarak dekat atau jauh sekalipun menggunakan modul WiFi NodeMCU ESP32.
2. Sistem data logger hasil monitoring yang telah dibuat dapat memonitoring parameter parameter yang di tentukan menggunakan *Internet of Things (IoT)* dan merekam seluruh data hasil monitoring yang tersimpan pada salah satu platform yang dapat digunakan yaitu platform *Thingspeak* sebagai media monitoring hasil pembacaan sensor dan juga sebagai media penyimpanan data hasil pembacaan sensor atau sistem data logger, dan juga media penunjukan grafik hasil pembacaan data yang dapat berkerja dengan baik. *Thingspeak* untuk setiap *channel* dapat memiliki maksimal 8 *field*, untuk setiap *channel* dapat menyimpan data hingga 180 hari.

3. Sistem monitoring dan data logger berbasis *Internet of Things* (IoT) dapat diimplementasikan dengan mengintegrasikan seluruh komponen menjadi satu yaitu rangkaian untuk membaca sensor, mengolah data sensor, mengirimnya sebagai *output*, dan menampilkan hasil pembacaan sensor pada perangkat yang terhubung dengan internet. Kemudian sistem monitoring dan data logger juga mampu menunjukkan data secara *real time*, dengan kecepatan pengiriman data yang dapat diatur, dan mampu mengakses data hasil pengamatan yang pernah dilakukan dalam waktu 180 hari terakhir. Adapun hasil pengujian di dapatkan akurasi sensor suhu DS18B20 sebesar 99,20% dan akurasi sensor BH1750 sebesar 94.56%. Adapun untuk efisiensi kolektor pada *solar water heater* mencapai 81.20% dan efisiensi sistem mencapai 46,55%.

5.2 Saran

1. Dibutuhkan penyempurnaan dan pengembangan lebih lanjut agar sistem yang dibuat dapat diimplementasikan sebagai alat monitoring dan data logger pada *solar water heater* lainnya.
2. Untuk kedepannya dapat ditambahkan sensor yang berfungsi mengukur volume air di dalam tangki cahaya matahari agar memudahkan proses pencatatan data
3. Untuk peningkatan sistem selanjutnya disarankan untuk menggunakan sensor-sensor yang lebih presisi dan juga kemampuan mengukur suhu yang lebih tinggi agar pembacaan sensor lebih akurat lagi.

DAFTAR PUSTAKA

Alif, Yoga. 2016. *Perbandingan Kualitas Antar Sensor Suhu Dengan Menggunakan Arduino Pro Mini*. Surabaya : Universitas Widya Kartika Surabaya

Arianto, Parante and Safitri, Yusuf. 2022. *Sistem Monitoring dan Data Logger Pembangkit Listrik Tenaga Surya Berbasis Arduino Uno dengan Menggunakan Thingspeak*. Makassar : Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Aslam, Muhammad R.E. 2021. *Sistem Monitoring Kinerja Panel Surya Berbasis IoT Menggunakan Arduino Uno Pada PLTS Pematang Johar*. Medan : Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Basith, Muhammad Abdul. 2017. *PENERAPAN SENSOR ULTRASONIK HC-SR04 PADA SISTEM PENGUKUR VOLUME PADA MOBIL TANGKI AIR BERSIH*. Thesis, POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA.

Cakrawala. 2021. *Solar water heater - Pengertian dan Cara Kerjanya*. 20 Oktober 2021.

Elfirza Rosiana, Abdurahman, Dwi Anie Gunastuti, Sugeng Aditya. 2022. *Pengatur Suhu Otomatis Pada Solar water heater Berbasis IoT*. Jurnal Teknologi dan sains

Eva, Krisnawati, Sunardi, Yogi. 2021. *RANCANG BANGUN SOLAR SELUNTUK PEMANAS AIR OTOMATIS DENGAN SISTEM IoT BERBASIS ARDUINO UNO*. Medan : Teknik Elektronika Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Medan

Ping Jiang ,Mingjie Ge ,Genrong Zhou dan Hongsheng Xiao. 2014. *Research on the Solar Water Heating System based on the Internet of Things*. China : School of Electrical Engineering, Nantong University

Khakim, Arif Lukman. 2015. *Timbangan Digital Berbasis AVR Tipe ATmega32*. Skripsi. Semarang : Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang

Kolban, N. 2017. *Kolban's Book On Esp32*.

Purnama, Eko, dan Azhari. 2015. *Pemanfaatan Energi Surya Sebagai Sumber Energi Pada Pemanas Air*. Jurnal Teknologi Energi.

Rinaldi, Arival. 2020. *Artikel Internet Of Things Pemerintah Provinsi Banten Dinas Pendidikan Dan Kebudayaan Unit Pelaksanaan Teknis SMKN 4 Tangerang Selatan*. 19 Maret 2020.

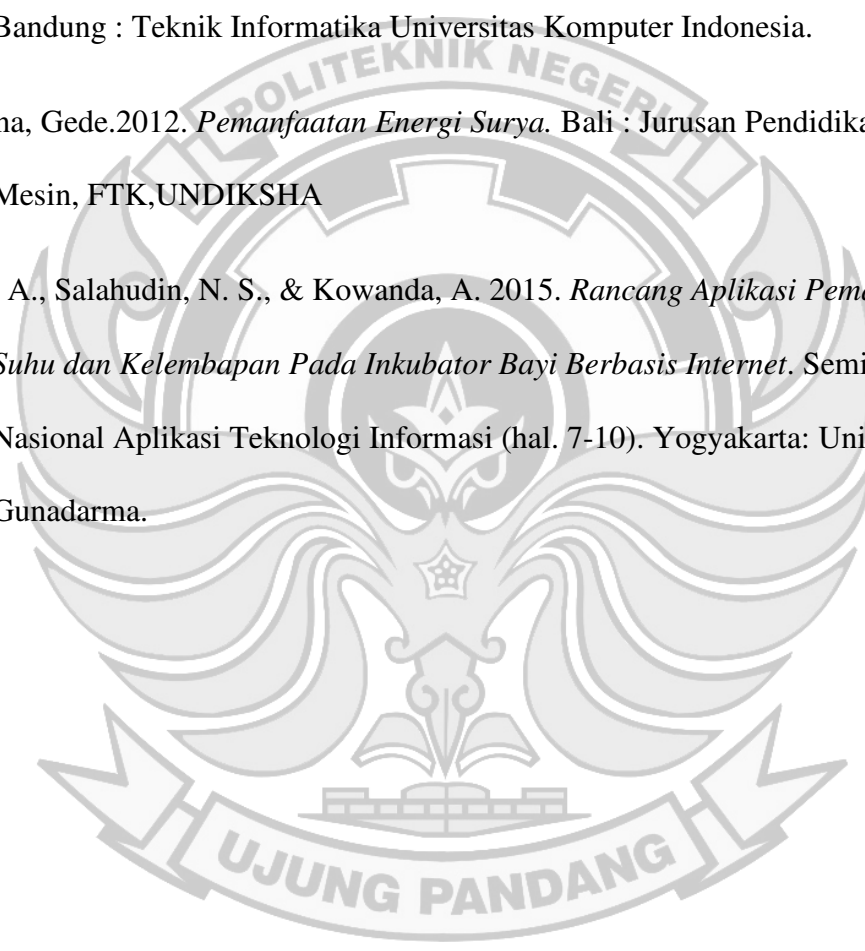
Setiawan, Rony. 2021. *Memahami Apa Itu Internet of Things*. 8 September 2021.

Sidopekso, Satwiko. 2011. *STUDI PEMANFAATAN ENERGI MATAHARI SEBAGAI PEMANAS AIR*. Jakarta : Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Suryana, Taryana. 2021. *Measuring Light Intensity Using the BH1750 Sensor*. Bandung : Teknik Informatika Universitas Komputer Indonesia.

Widayana, Gede.2012. *Pemanfaatan Energi Surya*. Bali : Jurusan Pendidikan Teknik Mesin, FTK,UNDIKSHA

Yuliant, A., Salahudin, N. S., & Kowanda, A. 2015. *Rancang Aplikasi Pemantau Suhu dan Kelembapan Pada Inkubator Bayi Berbasis Internet*. Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi (hal. 7-10). Yogyakarta: Universitas Gunadarma.



LAMPIRAN

Lampiran 1 Script Arduino Uno

```
#include <WiFi.h>
#include <BH1750.h>
#include <Wire.h> // Library for I2C communication
#include <LiquidCrystal_I2C.h> // Library for LCD
#include <WiFiClient.h>
#include <HttpClient.h>
#include <HTTPClient.h>
#include <ThingSpeak.h>

const char* ssid ="lazada";
const char* password ="12345678";
#define CHANNEL_ID 2230337
#define CHANNEL_API_KEY "IVFXAIWYKOC6TOMV"

WiFiClient Client;
BH1750 lightMeter;
#include <LiquidCrystal_I2C.h> // Memanggil library LCD
#include <OneWire.h> //Memanggil library OneWire yang diperlukan sebagai
dependensi library Dallas Temperature
#include <DallasTemperature.h> // Memanggil library Dallas Temperature
#define ONE_WIRE_BUS 27 // Menempatkan PIN hasil pembacaan sensor
DS18B20 pada PIN 2.

//Disebut One Wire karena kita bisa
sensor DS18B20 lain pada PIN yang sama
```

```
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 20, 4); // Mengatur alamat LCD dan dimensi LCD, yaitu  
20 kolom dan 4 baris
```

```
OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS); //Membuat variabel oneWire berdasarkan  
PIN yang telah didefinisikan
```

```
DallasTemperature sensor(&oneWire); //Membuat variabel untuk menyimpan hasil  
pengukuran
```

```
//deklarasi variable suhu DS18B20 dengan jenis data float
```

```
float suhuDS18B20_1;
```

```
float suhuDS18B20_2;
```

```
float suhuDS18B20_3;
```

```
float suhuDS18B20_4;
```

```
//float suhuDS18B20_5;
```

```
void setup() {
```

```
  Serial.begin(115200);
```

```
  Wire.begin();
```

```
  lightMeter.begin();
```

```
  lcd.begin(0x27, 20, 4);
```

```
  lcd.backlight();
```

```
  lcd.setCursor(1, 0);
```

```
  lcd.print("Solar water heater");
```

```
  lcd.setCursor(5, 1);
```

```
  lcd.print("Bismillah");
```

```
  lcd.setCursor(7, 2);
```

```
  lcd.print("Wisuda");
```

```
lcd.setCursor(2, 3);
lcd.print("Yuk Bisa Yuk");
lcd.clear();

Serial.print("Connecting to");
Serial.println(ssid);
WiFi.begin(ssid, password);

while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
  delay(500);
  Serial.println(".");
}

Serial.println("");
Serial.println("WiFi Connected");
Serial.print(" IP address: ");
Serial.println(WiFi.localIP());
ThingSpeak.begin(Client);
}

void loop (){

  sensor.requestTemperatures(); // Perintah konversi suhu
  //Membaca data suhu dari sensor #0 dan mengkonversikannya ke nilai Celsius
  suhuDS18B20_1 = sensor.getTempCByIndex(0);
  suhuDS18B20_2 = sensor.getTempCByIndex(1);
  suhuDS18B20_3 = sensor.getTempCByIndex(2);
```

```
suhuDS18B20_4 = sensor.getTempCByIndex(3);

Serial.print("Sensor 1 : ");
Serial.println(suhuDS18B20_1, 2); //Presisi 4 digit
Serial.println(" °C");

Serial.print("Sensor 2 : ");
Serial.println(suhuDS18B20_2, 2); //Presisi 4 digit
Serial.println(" °C");

Serial.print("Sensor 3 : ");
Serial.println(suhuDS18B20_3, 2); //Presisi 4 digit
Serial.println(" °C");

Serial.print("Sensor 4 : ");
Serial.println(suhuDS18B20_4, 2); //Presisi 4 digit
Serial.println(" °C");

lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("Suhu 1 =");
lcd.setCursor(10, 0);
lcd.print(suhuDS18B20_1);
lcd.print((char)223);
lcd.print("C");

lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("Suhu 2 =");
```



```
lcd.setCursor(10, 1);  
lcd.print(suhuDS18B20_2);  
lcd.print((char)223);  
lcd.print("C");
```

```
lcd.setCursor(0, 2);  
lcd.print("Suhu 3 =");  
lcd.setCursor(10, 2);  
lcd.print(suhuDS18B20_3);  
lcd.print((char)223);  
lcd.print("C");
```

```
lcd.setCursor(0, 3);  
lcd.print("Suhu 4 =");  
lcd.setCursor(10, 3);  
lcd.print(suhuDS18B20_4);  
lcd.print((char)223);  
lcd.print("C");
```

```
delay(1000);
```

```
lcd.clear();
```

```
float lux = lightMeter.readLightLevel();  
Serial.print ("light : ");  
lux = (lux*1000/47300);  
Serial.print(lux);
```



```
Serial.println("w/m2 ");

lcd.clear();
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("Radiasi = ");
lcd.setCursor(10, 1);
lcd.print(lux);
lcd.print("w/m2");

delay(1000);

ThingSpeak.setField(1, suhuDS18B20_1);
ThingSpeak.setField(2, suhuDS18B20_2);
ThingSpeak.setField(3, suhuDS18B20_3);
ThingSpeak.setField(4, suhuDS18B20_4);
ThingSpeak.setField(5, lux);

// upload ke thingspeak
ThingSpeak.writeFields(CHANNEL_ID, CHANNEL_API_KEY);

delay(200); // Wait for 30 seconds before sending the next set of data
lcd.clear();

}
```

Lampiran 2 Data Solar Water Heater Hari Pertama

| Pukul (Jam) | Intensitas Radiasi (W/m ²) | Temperatur Kolektor | | Temperatur Tangki | | | Ms (Kg) | Mk (Kg) | Qin (kJ) | QoutK (kJ) | QoutS (kJ) | η_k (%) | η_s (%) |
|-------------|--|---------------------|-----------|-------------------|--------------|------------------|---------|---------|----------|------------|------------|--------------|--------------|
| | | Tin (°C) | Tout (°C) | T 10 cm (°C) | T apung (°C) | T rata rata (°C) | | | | | | | |
| 9:00 | 623.53 | 42 | 53.25 | 26.68 | 30 | 28.34 | 99.61 | 98.902 | 0 | 4651.98 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 9:30 | 725.56 | 47.18 | 63.44 | 26.93 | 30.18 | 28.555 | 99.61 | 98.743 | 5224.03 | 5459.11 | 89.50 | 104.50 | 1.71 |
| 10:00 | 835.23 | 33.93 | 57.93 | 27.62 | 32.93 | 30.275 | 99.56 | 98.974 | 12027.3 | 6590.42 | 804.89 | 54.80 | 6.69 |
| 10:30 | 910.28 | 35.06 | 59.19 | 29.18 | 37.18 | 33.18 | 99.46 | 98.923 | 19662 | 7109.73 | 2011.23 | 36.16 | 10.23 |
| 11:00 | 962.54 | 46.5 | 73 | 31.31 | 42.18 | 36.745 | 99.34 | 98.325 | 27721.2 | 12753.15 | 3488.33 | 46.01 | 12.58 |
| 11:30 | 1004.68 | 41.62 | 73.87 | 34.06 | 46.81 | 40.435 | 99.21 | 98.423 | 36168.5 | 13124.12 | 5014.37 | 36.29 | 13.86 |
| 12:00 | 1052.34 | 37.18 | 60.31 | 36.62 | 46.87 | 41.745 | 99.15 | 98.855 | 45461.1 | 7567.76 | 5554.39 | 16.65 | 12.22 |
| 12:30 | 1050.14 | 39.68 | 64.81 | 39.93 | 51.43 | 45.68 | 98.98 | 98.692 | 52927.1 | 9414.37 | 7174.48 | 17.79 | 13.56 |
| 13:00 | 1041.26 | 58.18 | 87.18 | 43.43 | 60.31 | 51.87 | 98.71 | 97.601 | 59976.6 | 18485.10 | 9713.31 | 30.82 | 16.20 |
| 13:30 | 1013.91 | 57.25 | 88.12 | 46.12 | 63.43 | 54.775 | 98.57 | 97.601 | 65701.4 | 18869.69 | 10899.41 | 28.72 | 16.59 |
| 14:00 | 957.96 | 59.75 | 90.43 | 49 | 66.12 | 57.56 | 98.43 | 97.456 | 68973.1 | 19794.82 | 12033.95 | 28.70 | 17.45 |
| 14:30 | 880.55 | 62.87 | 90.37 | 51.06 | 67.43 | 59.245 | 98.35 | 97.363 | 69739.6 | 19756.14 | 12717.30 | 28.33 | 18.24 |
| 15:00 | 778.91 | 64.93 | 97.93 | 51.81 | 66.62 | 59.215 | 98.35 | 97.066 | 67297.8 | 22795.96 | 12705.08 | 33.87 | 18.88 |
| 15:30 | 679.63 | 65.25 | 98.92 | 51.81 | 65.62 | 58.715 | 98.38 | 97.023 | 63613.4 | 23194.71 | 12502.51 | 36.46 | 19.65 |
| 16:00 | 559 | 61.81 | 69 | 56.62 | 64.81 | 60.715 | 98.27 | 97.466 | 56347.2 | 11021.07 | 13314.95 | 19.56 | 23.63 |
| 16:30 | 297.42 | 52.93 | 53.75 | 53 | 65.25 | 59.125 | 98.36 | 98.638 | 32121.4 | 4848.08 | 12668.69 | 15.09 | 39.44 |
| 17:00 | 220.06 | 43.12 | 47.31 | 53.18 | 63.62 | 58.4 | 98.39 | 99.004 | 25350.9 | 2197.47 | 12374.74 | 8.67 | 48.81 |
| 17:30 | 183.82 | 37.56 | 40.81 | 53.31 | 63.12 | 58.215 | 98.4 | 99.203 | 22499.6 | 335.72 | 12299.70 | 1.49 | 54.67 |

Lampiran 3 Data *Solar Water Heater* Hari Kedua

| Pukul (Jam) | Intensitas Radiasi (W/m ²) | Temperatur Kolektor | | Temperatur Tangki | | | Ms (Kg) | Mk (Kg) | Qin (kJ) | QoutK (kJ) | QoutS (kJ) | η_k (%) | η_s (%) |
|-------------|--|---------------------|-----------|-------------------|--------------|------------------|---------|---------|----------|------------|------------|--------------|--------------|
| | | Tin (°C) | Tout (°C) | T 10 cm (°C) | T apung (°C) | T rata rata (°C) | | | | | | | |
| 7:30 | 377.37 | 27.18 | 30.37 | 26.62 | 26.93 | 26.78 | 99.65 | 99.60 | 0.00 | 1327.80 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 8:00 | 482.03 | 27.43 | 37.56 | 26.62 | 27.43 | 27.03 | 99.65 | 99.48 | 3470.62 | 4314.39 | 104.13 | 124.31 | 3.00 |
| 8:30 | 592.14 | 39.58 | 47.93 | 26.62 | 27.93 | 27.28 | 99.64 | 99.07 | 8526.82 | 8592.49 | 208.25 | 100.77 | 2.44 |
| 9:00 | 697.48 | 47.18 | 52.19 | 26.68 | 28.5 | 27.59 | 99.63 | 99.82 | 15065.57 | 10437.34 | 339.34 | 69.28 | 2.25 |
| 9:30 | 795.17 | 40.43 | 73 | 26.93 | 28.18 | 27.56 | 99.63 | 98.47 | 22900.90 | 18878.35 | 324.77 | 82.43 | 1.42 |
| 10:00 | 878.18 | 36.18 | 93.87 | 27.62 | 29.93 | 28.78 | 99.60 | 98.04 | 31614.48 | 27381.23 | 832.47 | 86.61 | 2.63 |
| 10:30 | 959.28 | 29.68 | 100.31 | 29.18 | 33.81 | 31.50 | 99.52 | 98.04 | 41440.90 | 30018.78 | 1962.53 | 72.44 | 4.74 |
| 11:00 | 975.7 | 33.56 | 94.81 | 31.31 | 37.68 | 34.50 | 99.42 | 98.08 | 49175.28 | 27773.85 | 3206.55 | 56.48 | 6.52 |
| 11:30 | 1009.4 | 42.43 | 100.18 | 34.06 | 41.68 | 37.87 | 99.30 | 97.68 | 58141.44 | 29885.74 | 4602.95 | 51.40 | 7.92 |
| 12:00 | 1048.96 | 37.18 | 100 | 36.62 | 46.87 | 41.75 | 99.15 | 97.84 | 67972.61 | 29831.16 | 6202.85 | 43.89 | 9.13 |
| 12:30 | 1056.36 | 39.68 | 100.43 | 39.93 | 51.43 | 45.68 | 98.98 | 97.76 | 76057.92 | 30011.11 | 7822.00 | 39.46 | 10.28 |
| 13:00 | 1004.52 | 52.37 | 100.37 | 43.43 | 55.43 | 49.43 | 98.83 | 97.38 | 79557.98 | 29891.04 | 9360.85 | 37.57 | 11.77 |
| 13:30 | 956.18 | 46.37 | 99.93 | 46.12 | 58.12 | 52.12 | 98.70 | 97.57 | 82613.95 | 29749.54 | 10461.28 | 36.01 | 12.66 |
| 14:00 | 894.11 | 48.87 | 100.92 | 49 | 60 | 54.50 | 98.58 | 97.47 | 83688.70 | 30143.50 | 11432.80 | 36.02 | 13.66 |
| 14:30 | 807.01 | 61.31 | 100 | 51.06 | 60.62 | 55.84 | 98.52 | 97.12 | 81346.61 | 29688.51 | 11977.47 | 36.50 | 14.72 |
| 15:00 | 712.75 | 58.93 | 77.75 | 51.81 | 59.68 | 55.75 | 98.52 | 97.85 | 76977.00 | 20734.12 | 11938.92 | 26.94 | 15.51 |
| 15:30 | 690.92 | 57.25 | 78.31 | 51.81 | 59.43 | 55.62 | 98.53 | 97.89 | 79593.98 | 20965.36 | 11888.13 | 26.34 | 14.94 |
| 16:00 | 473.97 | 57.68 | 66.81 | 56.62 | 57.57 | 57.10 | 98.45 | 98.19 | 58013.93 | 16288.69 | 12489.89 | 28.08 | 21.53 |
| 16:30 | 82.84 | 48.68 | 51.75 | 53 | 57.06 | 55.03 | 98.55 | 98.79 | 10736.06 | 10160.66 | 11648.40 | 94.64 | 108.50 |
| 17:00 | 101.97 | 40.31 | 40.62 | 53.18 | 56.37 | 54.78 | 98.56 | 99.21 | 13949.50 | 5571.92 | 11544.68 | 39.94 | 82.76 |
| 17:30 | 100.63 | 36.12 | 36.68 | 53.31 | 55.75 | 54.53 | 98.58 | 99.35 | 14490.72 | 3943.26 | 11445.06 | 27.21 | 78.98 |

Lampiran 4 Data Solar Water Heater Hari Ketiga

| Pukul (Jam) | Intensitas Radiasi (W/m ²) | Temperatur Kolektor | | Temperatur Tangki | | | Ms (Kg) | Mk (Kg) | Qin (kJ) | QoutK (kJ) | QoutS (kJ) | η _k (%) | η _s (%) |
|-------------|--|----------------------|-----------------------|-------------------|--------------|------------------|---------|---------|----------|------------|------------|--------------------|--------------------|
| | | T _{in} (°C) | T _{out} (°C) | T 10 cm (°C) | T apung (°C) | T rata rata (°C) | | | | | | | |
| 7:30 | 326 | 26.43 | 30.31 | 26.31 | 26.62 | 26.465 | 99.66 | 99.612 | 0 | 1615.16 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 8:00 | 436 | 29.31 | 32.68 | 26.31 | 27.5 | 26.905 | 99.65 | 99.536 | 3139.2 | 2599.13 | 183.28 | 82.80 | 5.84 |
| 8:30 | 575 | 29.31 | 42.31 | 26.25 | 27.87 | 27.06 | 99.65 | 99.372 | 8280 | 6593.00 | 247.83 | 79.63 | 2.99 |
| 9:00 | 668 | 41.5 | 62.12 | 26.31 | 28.06 | 27.185 | 99.64 | 98.711 | 14428.8 | 14722.60 | 299.89 | 102.04 | 2.08 |
| 9:30 | 764 | 48.43 | 71.18 | 26.43 | 28 | 27.215 | 99.64 | 98.319 | 22003.2 | 18386.66 | 312.38 | 83.56 | 1.42 |
| 10:00 | 891 | 31.87 | 98.62 | 27.5 | 31.43 | 29.465 | 99.07 | 98.021 | 32076 | 29634.86 | 1242.02 | 92.39 | 3.87 |
| 10:30 | 932 | 35.18 | 100.68 | 28.37 | 34.12 | 31.245 | 99.53 | 97.873 | 40262.4 | 30441.76 | 1987.64 | 75.61 | 4.94 |
| 11:00 | 908 | 48.87 | 97.68 | 29.87 | 38.56 | 34.215 | 99.43 | 95.798 | 45763.2 | 28619.77 | 3219.33 | 62.54 | 7.03 |
| 11:30 | 1011 | 32.81 | 100.5 | 31.68 | 42.56 | 37.12 | 99.32 | 97.944 | 58233.6 | 30382.73 | 4421.57 | 52.17 | 7.59 |
| 12:00 | 1083 | 38.81 | 98.93 | 33.75 | 46.81 | 40.28 | 99.21 | 97.822 | 70178.4 | 29715.88 | 5727.85 | 42.34 | 8.16 |
| 12:30 | 978 | 38.31 | 98.62 | 36 | 50.93 | 43.465 | 99.08 | 97.844 | 70416 | 29595.47 | 7040.48 | 42.03 | 10.00 |
| 13:00 | 1025 | 39.18 | 100.68 | 38.5 | 53.87 | 46.185 | 98.96 | 97.763 | 81180 | 30414.80 | 8157.48 | 37.47 | 10.05 |
| 13:30 | 980 | 49.75 | 99.31 | 40.75 | 56.25 | 48.5 | 98.87 | 97.488 | 84672 | 29798.06 | 9108.27 | 35.19 | 10.76 |
| 14:00 | 913 | 49.43 | 97.56 | 43 | 57.68 | 50.34 | 98.79 | 97.55 | 85456.8 | 29094.10 | 9863.21 | 34.05 | 11.54 |
| 14:30 | 837 | 60.5 | 98.31 | 44.87 | 57.75 | 51.31 | 98.74 | 97.196 | 84369.6 | 29322.12 | 10258.95 | 34.75 | 12.16 |
| 15:00 | 829 | 49 | 82.62 | 45.93 | 56.5 | 51.215 | 98.74 | 97.99 | 89532 | 23059.37 | 10220.24 | 25.76 | 11.42 |
| 15:30 | 614 | 58.62 | 75.37 | 46.43 | 55.5 | 50.965 | 98.75 | 97.925 | 70732.8 | 20075.57 | 10118.24 | 28.38 | 14.30 |
| 16:00 | 490 | 56.75 | 65.93 | 46.93 | 54.68 | 50.805 | 98.76 | 98.236 | 59976 | 16235.27 | 10052.97 | 27.07 | 16.76 |
| 16:30 | 480 | 49.5 | 53 | 47.37 | 54.06 | 50.715 | 98.77 | 98.738 | 62208 | 3100.94 | 10016.31 | 4.98 | 16.10 |
| 17:00 | 300 | 41.68 | 42.68 | 47.75 | 53.37 | 50.56 | 98.77 | 99.136 | 41040 | 6732.20 | 9952.99 | 16.40 | 24.25 |

Lampiran 5 Data Solar Water Heater Hari Keempat

| Pukul | Temperatur kolektor | | | Temperatur tangki | | |
|-------|---------------------|-------|--------|-------------------|---------|-------------|
| | Radiasi | Tin | Tout | T 10 cm | T apung | T rata rata |
| 8:30 | | 30.31 | 47.31 | 27.06 | 27.81 | 27.435 |
| 9:00 | 661.75 | 37.31 | 54.68 | 27.18 | 28.06 | 27.62 |
| 9:30 | 774.85 | 40.18 | 65.81 | 27.31 | 28.25 | 27.78 |
| 10:00 | 866.27 | 49.56 | 76.37 | 27.75 | 30.06 | 28.905 |
| 10:30 | 940.41 | 33 | 98.18 | 29.31 | 33.62 | 31.465 |
| 11:00 | 999.91 | 34.12 | 100.87 | 32.31 | 37.31 | 34.81 |
| 11:30 | 979.84 | 52.31 | 100.18 | 35.62 | 41.87 | 38.745 |
| 12:00 | 995.13 | 39.56 | 100.12 | 37.87 | 46.18 | 42.025 |
| 12:30 | 988.75 | 43.25 | 100.25 | 41.37 | 50.06 | 45.715 |
| 13:00 | 941.4 | 54.81 | 100.18 | 44.68 | 53.15 | 48.915 |
| 13:30 | 882.91 | 48.31 | 100.25 | 47.25 | 56.37 | 51.81 |
| 14:00 | 808.17 | 56.56 | 99.06 | 49.93 | 57.87 | 53.9 |
| 14:30 | 805.25 | 50.93 | 99.81 | 51.55 | 57.81 | 54.68 |
| 15:00 | 701.35 | 58.87 | 78.81 | 52.12 | 56.87 | 54.495 |
| 15:30 | 599.78 | 58.62 | 71 | 52.37 | 56.06 | 54.215 |
| 16:00 | 444.37 | 57.68 | 64.18 | 52.75 | 55.37 | 54.06 |
| 16:30 | 184.93 | 50.81 | 52.81 | 53 | 54.87 | 53.935 |
| 17:00 | 109.14 | 43.31 | 43.75 | 53.06 | 54.37 | 53.715 |
| 17:30 | 44.69 | 41.12 | 38.37 | 53.12 | 53.87 | 53.495 |
| 18:00 | 3.55 | 41 | 34.81 | 53.18 | 53.5 | 53.34 |
| 18:30 | 0 | 39.68 | 32.62 | 53.12 | 53.18 | 53.15 |
| 19:00 | 0 | 39.18 | 31.18 | 53 | 52.81 | 52.905 |
| 19:30 | 0 | 38.86 | 30.18 | 52.93 | 52.56 | 52.745 |
| 20:00 | 0 | 38 | 29.56 | 52.75 | 52.31 | 52.53 |
| 20:30 | 0 | 37.56 | 29.12 | 52.62 | 52.06 | 52.34 |
| 21:00 | 0 | 37.37 | 28.75 | 52.43 | 51.87 | 52.15 |
| 21:30 | 0 | 37.12 | 28.25 | 52.25 | 51.68 | 51.965 |
| 22:00 | 0 | 36.56 | 27.81 | 52 | 51.43 | 51.715 |
| 22:30 | 0 | 36.12 | 27.25 | 51.81 | 51.25 | 51.53 |
| 23:00 | 0 | 36.68 | 26.75 | 51.62 | 51.06 | 51.34 |
| 23:30 | 0 | 35.25 | 26.25 | 51.43 | 50.87 | 51.15 |
| 0:00 | 0 | 34.81 | 25.93 | 51.25 | 50.68 | 50.965 |
| 0:30 | 0 | 34.31 | 25.43 | 51 | 50.5 | 50.75 |
| 1:00 | 0 | 33.93 | 25.12 | 50.81 | 50.18 | 50.495 |
| 1:30 | 0 | 33.43 | 24.68 | 50.56 | 50.66 | 50.61 |
| 2:00 | 0 | 32.93 | 24.31 | 50.37 | 49.81 | 50.09 |
| 2:30 | 0 | 32.68 | 24.06 | 50.12 | 49.56 | 49.84 |
| 3:00 | 0 | 32.5 | 23.93 | 49.93 | 49.43 | 49.68 |
| 3:30 | 0 | 32.25 | 23.62 | 49.75 | 49.25 | 49.5 |
| 4:00 | 0 | 32 | 23.5 | 49.5 | 49 | 49.25 |
| 4:30 | 0 | 32 | 23.62 | 49.31 | 48.81 | 49.06 |
| 5:00 | 0 | 32.31 | 24.06 | 49.12 | 48.56 | 48.84 |
| 5:30 | 0 | 32.06 | 23.93 | 48.93 | 48.37 | 48.65 |
| 6:00 | 0 | 31.31 | 23.25 | 48.68 | 48.18 | 48.43 |



(a)

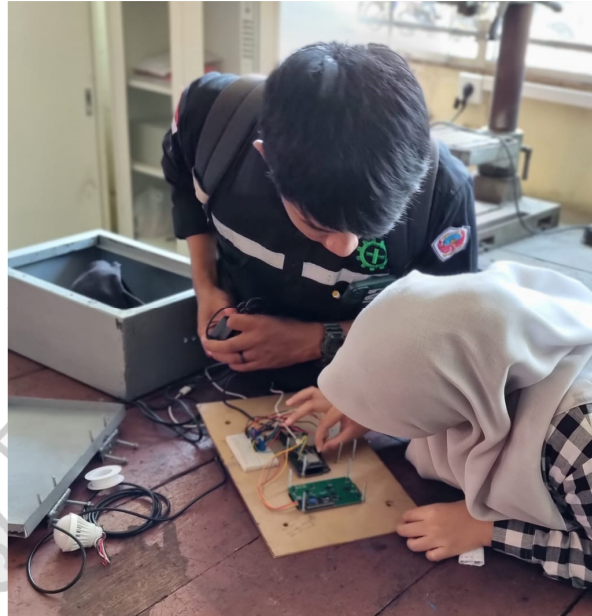


(b)

Lampiran 6 Pembuatan Rangka *Solar Water Heater*



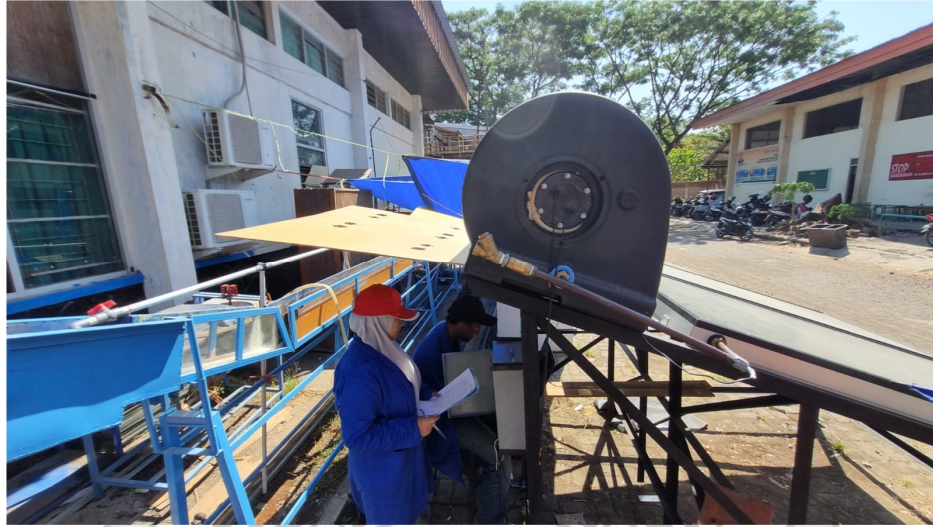
Lampiran 7 Pemasangan *Solar Water Heater*



Lampiran 8 Perakitan Komponen Mikrokontroler



Lampiran 9 Pemasangan Sensor



Lampiran 10 Pengambilan Data *Solar Water Heater*

