

RANCANG ALAT PRAKTIKUM UNTUK MENGUKUR SUHU MENGUNAKAN SENSOR DS18B20 BERBASIS ARDUINO UNO

**Nabila Salsabila ⁽¹⁾, Ridha Amalila Choir ⁽²⁾, Siti Ike Nur Jannah T ⁽³⁾, Moza Oriana
Rahmadinanti ⁽⁴⁾, Hanim Istifadah ⁽⁵⁾, Maryani ⁽⁶⁾, Alex Harijanto ⁽⁷⁾**

Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Jember

Jl. Kalimantan Tegalboto No. 37, Jember, 68121, Telp: (0331) 330224

e-mail: nabilaasalsabila5@gmail.com, ridhaamalilachoir21@gmail.com

ABSTRACT

The design of this teaching aid is used to determine the feasibility and advantages of using the DS18B20 sensor in detecting and measuring temperature. As well as to meet the availability of practicum tools or props to measure temperature. This practicum tool uses electronic components, namely the DS18B20 sensor, Arduino Uno, LCD, jumper cables, tin, solder, resistors, breadboard, and I2C. The DS18B20 sensor is used to detect water temperature and the Arduino Uno is used for the control center. This study used an experimental method with 3 samples, namely hot water, plain water and cold water. The experimental results show that in hot and cold water samples the sensor is able to detect the temperature from the highest temperature to the lowest temperature with a certain time, whereas in ordinary water samples the temperature results match the average temperature. In the experiment measuring temperature with the DS18B20 sensor it can be said to be precise or produce accurate temperatures when using a long time or in other words waiting until the temperature that appears on the LCD does not change or stays the same.

Keywords: Temperature, Sensor DS18B20, Arduino UNO

ABSTRAK

Perancangan alat peraga ini digunakan untuk mengetahui kelayakan dan kelebihan dari penggunaan sensor DS18B20 dalam mendeteksi dan mengukur besar suhu. Serta untuk memenuhi ketersediaan alat praktikum atau alat peraga untuk mengukur suhu. Alat praktikum ini menggunakan komponen elektronik yaitu sensor DS18B20, Arduino Uno, LCD, kabel jumper, timah, solder, resistor, breadboard, dan I2C. Sensor DS18B20 ini digunakan untuk mendeteksi suhu air dan Arduino Uno digunakan untuk pusat kontrol. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan 3 sampel yaitu air panas, air biasa, dan air dingin. Hasil percobaan menunjukkan bahwa pada sampel air panas dan air dingin sensor mampu mendeteksi suhu dari suhu paling tinggi hingga suhu paling rendah dengan waktu tertentu, sedangkan pada sampel air biasa hasil suhu tersebut sudah sesuai pada suhu rata-rata. Pada percobaan mengukur suhu dengan sensor DS18B20 dapat dikatakan tepat atau menghasilkan suhu akurat apabila menggunakan waktu yang lama atau dengan kata lain menunggu sampai suhu yang muncul pada LCD tidak berubah-ubah atau tetap.

Kata kunci: Suhu, Sensor DS18B20, Arduino Uno

1. Pendahuluan

Sejalan dengan perkembangan globalisasi dan meningkatnya teknologi pendidikan juga harus menyesuaikan dengan perkembangan zaman. Menurut para ahli teknologi dapat membantu interaksi pembelajaran yang baik dan dapat mengurangi masalah pembelajaran. Dalam hal ini permasalahan yang ada bukan tentang teknologi tetapi minimnya sarana prasarana laboratorium. Untuk mengatasi hal tersebut dapat memanfaatkan teknologi, sehingga kekurangan tersebut bukan lagi permasalahan dalam minimnya sarana prasarana laboratorium.

Pada pembelajaran fisika masih banyak yang kurang memahami materi dan konsep. Salah satu dari materi tersebut adalah materi suhu. Siswa masih mengalami kesulitan untuk memahami materi suhu. Untuk mengurangi kesulitan siswa dapat menggunakan pembelajaran tambahan berupa praktikum menggunakan teknologi berbasis Arduino Uno. Artikel ini dibuat bertujuan untuk mengurangi kesulitan siswa serta mengetahui kelayakan dan kelebihan dari penggunaan sensor DS18B20 dalam mendeteksi dan mengukur besar suhu yang berbasis Arduino Uno sebagai media pembelajaran di SMA/MA.

Suhu merupakan besaran fisika yang dapat dirasakan oleh tubuh manusia. Suhu merupakan besarnya derajat dingin panasnya suatu benda. Menurut Young dan Freedman (2002:457), indra sentuhan tubuh kita menentukan suhu, dengan benda yang lebih panas terasa lebih panas daripada benda yang lebih dingin.

Pada suhu tinggi maka benda merasakan lebih panas dikarenakan molekul-molekul atau atom-atom yang

tersusun didalam benda tersebut bergerak lebih cepat sehingga energi yang dimiliki oleh partikel lebih tinggi. Jika tangan kita menyentuh benda tersebut maka terjadi perpindahan energi ke tangan kita sehingga molekul-molekul yang bergerak dengan cepat menumbuk kulit kita dan kulit merasakan lebih panas dan akan terjadi sebaliknya pada suhu rendah.

Ukuran energi molekuler internal rata-rata suatu benda disebut dengan suhu yang dinyatakan oleh Tipler (1998:560). Turunnya suhu menyebabkan berkurangnya kelajuan gerak partikel. Ketika suhu mencapai $-273,16^{\circ}\text{C}$, suhu tidak bisa diukur lagi dikarenakan gerak partikel berhenti sehingga pada suhu tersebut energi kinetik partikel sama dengan nol. Suhu tersebut merupakan suhu benda paling terendah yang disebut dengan suhu nol mutlak.

Pada tahun 1824-1907, ilmuwan fisika yang berasal dari Inggris Lord Kelvin menyatakan pertama kali bahwa pengukuran suhu berdasarkan nol mutlak dimana suhu yang ditetapkan disebut dengan skala Kelvin. Pada skala Kelvin, suhu-suhu diukur dalam derajat Kelvin. Suhu terendah pada skala Kelvin yaitu 0°K yang setara dengan $-273,16^{\circ}\text{C}$ sehingga suhu Kelvin 1°K setara dengan 1°C . Skala Kelvin disebut juga dengan skala themodinamik atau skala mutlak.

Alat ukur suhu yaitu thermometer dimana didalam thermometer tersebut terdapat 4 skala yaitu Celsius, Reamur, Fahrenheit, dan Kelvin. Setiap skala mempunyai titik didih dan titik beku.

Arduino Uno dikembangkan dari mikrokontroller berbasis ATmega328 yang dibuat oleh Atmel sebagai basis. Arduino merupakan pengendalian mikro single-broad yang mempunyai sifat *open-source* yang berfungsi untuk

mempermudah penggunaan alat-alat elektronik. Arduino Uno menggunakan chip mikrokontroler berjenis DIP/DIL. Mikrokontroler diprogram dengan menggunakan pemograman Arduino yang mempunyai kesamaan syntax dengan pemograman dan memiliki sifat yang terbuka sehingga mengunduh skema hardwarenya Arduino dan membangunnya bisa dilakukan oleh siapa saja.

DS18B20 merupakan sensor suhu digital yang membutuhkan beberapa pin port pada mikrokontroler. DS18B20, di sisi lain, hanya membutuhkan satu koneksi untuk berkomunikasi dengan mikrokontroler, dan cukup tepat, yaitu 0,5°C pada rentang suhu dari -10 °C hingga 85 °C.

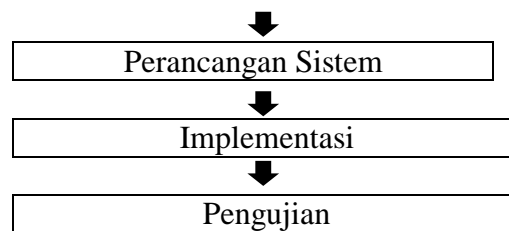
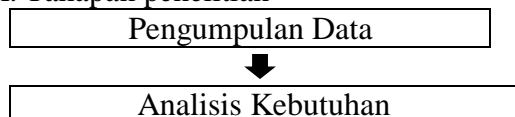
LCD digunakan dalam perangkat listrik untuk menampilkan informasi menggunakan kristal cair. LCD dibuat menggunakan teknologi logika CMOS, dan memancarkan cahaya dari lampu latar atau memantulkan cahaya dari sekelilingnya ke lampu depan. Mikroprosesor tertanam LCD memiliki penyimpanan data dan gerbang logika.

Perancangan alat praktikum ini digunakan untuk mengetahui kelayakan terhadap penggunaannya. Serta untuk memenuhi ketersediaan alat praktikum suhu. Dimana alat praktikum suhu ini dilakukan untuk mengukur suhu zat cair menggunakan sensor DS18B20 berbasis Arduino Uno.

2. Metode

Pengambilan data dalam penelitian ini menggunakan metode eksperimen. Metode eksperimen terdiri dari melakukan percobaan, melakukan pengamatan, dan menulis hasilnya.

A. Tahapan penelitian



B. Alat dan Bahan

Pada rangkaian alat peraga untuk mengukur suhu menggunakan sensor DS18B20 berbasis arduino memerlukan beberapa macam komponen elektronika. Komponen yang digunakan pada bangun rancang alat peraga ini yaitu Arduino Uno, LCD, sensor DS18B20, I2C, breadboard, kabel jumper, resistor, solder, dan timah. Selain itu juga terdapat bahan yang digunakan untuk mengambil data yaitu air.

1) Arduino Uno R3 dan Kabel USB



Arduino adalah platform komputasi perangkat keras sumber terbuka dan open source yang menggunakan sirkuit I/O dan lingkungan pengembangan perangkat lunak berbasis pemrosesan. Pemrosesan, VVVV, Flash, dan Max/MSP hanyalah beberapa program komputer yang dapat digunakan dengan Arduino untuk membuat hal-hal interaktif. Anda dapat membuat seri sendiri atau membelinya.

2) Sensor DS18B20



Sensor DS18B20 adalah sensor suhu digital kedap air yang dapat mengukur suhu inti tubuh seseorang. Sensor DS18B20 memiliki kabel merah untuk VCC, kabel hitam untuk GND, kabel kuning untuk data, diameter 4mm, dan panjang 90cm. Ini membutuhkan tegangan 3 hingga 5 volt dan memiliki akurasi suhu 0,5 derajat Celcius antara -10 dan 85 derajat Celcius. Tidak seperti sensor suhu lainnya, DS18B20 dapat berbicara dengan mikrokontroler secara langsung melalui pin portnya tanpa memerlukan ADC. dan hanya membutuhkan 1 *wire* saja.

3) LCD



LCD (Liquid Crystal Display) adalah jenis suatu media tampil yang penampil utamanya menggunakan kristal cair. LCD, yang dibuat dengan teknologi CMOS logic, digunakan dalam berbagai aplikasi, seperti televisi, kalkulator, dan layar komputer. Dalam mengirimkan aplikasi LCD dot matrix 2x16 karakter, mereka tidak menghasilkan

cahaya melainkan memantulkan cahaya sekitar ke arah front-lit atau mengirimkan cahaya dari backlit. LCD adalah penampil yang akan menunjukkan keadaan alat di masa mendatang saat sedang digunakan. LCD memberikan informasi tambahan, termasuk jumlah karakter 192, dua garis tampilan, generator karakter yang dapat dialamatkan dalam mode 4-bit dan 8-bit, dan lampu latar.

4) I2C



Singkatan "I-kuadrat" atau "I2C" menggambarkan sebuah sirkuit inter-terintegrasi. Philips mengembangkan komputer bus Inter-Integrated Circuit (I2C). Ini digunakan pada sistem komputer serial multi-master mereka untuk bertukar data dengan perangkat berkecepatan rendah lainnya yang terpasang pada motherboard. Jalur I2C mempunyai 2 jalur yang disebut dengan SDA line (bersifat serial) dan SCL line (bersifat sinkronis), dimana SCL merupakan jalur clock dan SDA line jalur untuk data. Semua peralatan akan digunakan dihubungkan seluruhnya pada jalur SDA line dan SCL line dari I2C tersebut.

5) Breadboard



Breadboard digunakan untuk membuat rangkaian uji elektronik. Sebagian besar komponen elektronik dalam sirkuit elektronik dapat saling berhubungan dengan memasukkan lead atau terminal ke dalam lubang dan, jika perlu, menghubungkannya melalui kabel. Jika di perhatikan lebih dekat, Anda akan melihat bahwa lubang di baris atas dan bawah terhubung secara horizontal dan terbagi di tengah, sedangkan lubang di baris tengah terhubung secara vertikal 186.

6) Kabel Jumper



Komponen listrik pada papan tempat breadboard dapat dihubungkan dengan papan tempat breadboard tanpa solder menggunakan kabel jumper. Setiap ujung sering dilengkapi dengan pin atau sambungan, yang disebut "konektor pria" dan "konektor wanita". Ada tiga jenis kabel jumper: *male to female*, *male to male*, dan *female to female*.

7) Resistor



Resistor, yang biasanya terbuat dari bahan karbon, Resistor pembatas arus adalah komponen listrik yang penting. Pada rangkaian ini menggunakan resistor pull up sebesar 4K7 Ohm. Resistor pull up ini memiliki fungsi sebagai penguat sinyal agar terbaca oleh pin Arduino Uno.

8) Solder



solder adalah alat yang dapat mengubah energi listrik menjadi energi panas, sehingga cocok untuk membantu melekatkan komponen elektronika pada papan PCB (*printed circuit board*) dengan menggunakan timah yang dipanaskan dengan solder.

9) Timah



Timah atau timah solder adalah timah khusus yang digunakan untuk melakukan soldering berbahan dasar campuran lebih dari satu jenis logam, pada umumnya jenis yang sering digunakan untuk bidang elektronika adalah timah dan timbal. Untuk memperkuat kekuatan sambungan, ditambahkan bahan logam tambahan lain dalam jumlah kecil yaitu perak dan tembaga sebesar 1-2 persen. Timah solder merupakan campuran dari 63% timah dan 36% timbal.

10) Air

Air digunakan sebagai bahan untuk mengambil data pengukuran suhu dengan menggunakan sensor DS18B20 berbasis Arduino Uno. Pada pengambilan data menggunakan 3 sampel air yang berbeda yaitu air biasa, air panas, dan air dingin.

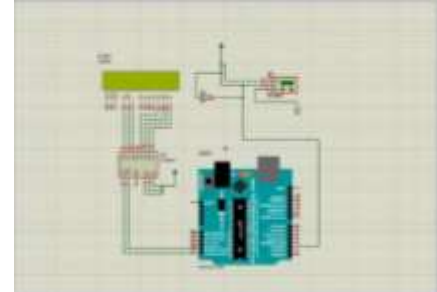
C. Perancangan Sistem

Perancangan aplikasi software Proteus, penulisan kode program dan sketsa, dan perancangan alat praktikum adalah bagian dari proses perancangan sistem ini.

1) Perancangan Aplikasi Software Proteus

Perancangan aplikasi software proteus atau wiring diagram yang sudah menggunakan instalasi kabel

Arduino Uno, Sensor DS18B20, dan resistor 4K7 Ohm, seperti pada gambar dibawah ini.



2) Penulisan Kode Program/Sketsa

Penulisan kode program atau sketsa dirancang pada aplikasi software Arduino IDE yang sangat penting karena digunakan untuk membuat dan mengupload software Arduino. Penulisan kode program menggunakan bahasa pemrograman C yang dilakukan untuk memberikan intruksi-intruksi. Penulisan kode program bertujuan untuk menjalankan sistem supaya dapat bekerja sesuai kode program yang telah diisikan ke dalam sebuah Arduino. Berikut merupakan tampilan layar kode program pada software Arduino IDE.





3) Perancangan Alat Praktikum

Pada perancangan alat praktikum ini merupakan tahapan terakhir dalam perancangan sistem ini yang digunakan untuk alat praktikum mengukur suhu menggunakan sensor DS18B20 berbasis Arduino Uno. Berikut merupakan hasil perancangan alat praktikum.



Pada gambar diatas terdapat beberapa langkah-langkah dalam perancangannya yaitu sebagai berikut:

- Pertama, melakukan *soldering* dimana untuk menghubungkan komponen elektronik berupa LCD dengan I2C dengan menggunakan timah “
- Hubungkan pin VDD (kabel merah) sensor DS18B20 dengan pin VCC 5V Arduino UNO.
- Hubungkan pin GND (kabel hitam) sensor DS18B20 dengan pin GND Arduino UNO.

- Hubungkan pin DQ/data (kabel kuning) ke pin digital 2 Arduino UNO.
- Hubungkan satu kaki resistor 4K7 dengan pin VDD dari sensor DS18B20.
- Hubungkan satu kaki resistor 4K7 dengan pin DQ (data) dari sensor DS18B20.
- Setelah selesai membuat rangkaian, kemudian langkah selanjutnya yaitu membuat dan *compile sketch program* pada software Arduino IDE.
- Lalu, hubungkan Arduino UNO dengan komputer atau laptop menggunakan kabel USB.
- Upload sketch program pada software Arduino IDE ke Arduino UNO yang digunakan.
- Buka serial monitor pada Arduino IDE sehingga suhu yang dibaca dari sensor DS18B20 dapat terlihat seperti gambar berikut.



3. Hasil dan Pembahasan

Alat praktikum suhu dirancang dengan menggunakan sensor DS18B20 yang berfungsi sebagai pendeteksi suhu air. Sedangkan Arduino UNO digunakan sebagai pusat kontrol dan komponen elektronik yang lain digunakan untuk komponen pendukung alat praktikum.

A. Pengujian Alat

Pengujian alat ini digunakan untuk mengetahui komponen-

komponen yang dirancang dapat bekerja secara baik. Jika dalam tahap pengujian ini terdapat kendala yang ditemukan dapat dilakukan perbaikan melalui kesalahan yang ada. Tujuannya untuk mempermudah analisa alat yang belum bisa bekerja secara maksimal sesuai dengan hasil yang diinginkan. Pengujian alat ini meliputi pengujian LCD, pengujian program dan implementasi alat praktikum untuk menemukan hasil yang telah dihasilkan dari alat praktikum yang dibuat.

B. Pengujian LCD

Tahap ini menguji sistem kontrol arduino dengan menggunakan LCD 2x16. Fungsi dari LCD ini untuk memunculkan kerja monitor yang menampilkan text sesuai dengan hasil pengujian. Dimana tampilan tersebut pada baris pertama bertuliskan "SUHU SAAT INI !" dan baris kedua "SUHU : (hasil suhu)". Berikut adalah hasil dari pengujian LCD 2x16.



Pada gambar diatas menjelaskan pemograman dari codingan ke dalam arduino.

C. Pengujian Program

Pengujian pemograman digunakan untuk memastikan apakah sistem yang telah dibuat sesuai dengan harapan. Tujuan dilakukan pengujian pemograman ini mengetahui letak kesalahan pada penulisan pada pemograman alat praktikum ini.

D. Implementasi Alat Praktikum

Pengimplementasian alat praktikum pengukur suhu ini yang menggunakan sensor DS18B20 dengan berbasis Arduino Uno dilakukan dengan menggunakan 3 sampel air. Air yang digunakan adalah air biasa, air panas, dan air dingin, dan dilakukan tiga kali, masing-masing selama sepuluh, lima belas, dan dua puluh detik.

Praktik dalam mengambil data menggunakan alat praktikum ini yaitu dengan menghubungkan kabel USB Arduino Uno pada laptop yang sudah terdapat program sketsa atau coding yang kemudian diupload, setelah itu memasukkan sensor DS18B20 tersebut pada air yang telah disiapkan dengan perbandingan waktu yang telah ditentukan. Hal ini dilakukan agar mengetahui perbandingan hasil suhu yang muncul dengan perbedaan waktu yang ditentukan.

Tabel 1. Hasil Data Pengujian Alat Praktikum

Sampel	Waktu (s)	Suhu (°C)
Air Panas	10	41,38
	15	44,69
	20	45,75
Air Biasa	10	31,69
	15	31,94
	20	31,94
Air Dingin	10	20,06
	15	11,19
	20	10,31

Dari tabel 1 pada sampel air panas menunjukkan bahwa data suhu yang dihasilkan tidak jauh berbeda diantara perbandingan waktu 5 detik. Pada sampel air biasa diperoleh data yang memiliki selisih suhu sangat sedikit dan pada waktu ke 15 detik dan 20 detik

memiliki waktu yang sama. Sedangkan pada sampel air dingin memiliki selisih suhu yang jauh berbeda antara waktu 10 detik dan 15 detik dibandingkan 15 detik dan 20 detik.

Dapat dilihat dari hasil percobaan tersebut bahwa pada sampel air panas dan air dingin kurang tepat, karena pada waktu 15 detik dan 20 detik masih memiliki selisih suhu yang sebenarnya dapat dilanjutkan sampai waktu yang tepat, sehingga untuk mendapatkan hasil suhu yang lebih akurat dapat diperoleh dengan waktu yang lebih lama atau sampai LCD tersebut menunjukkan suhu yang tidak berubah-ubah atau tetap. Sedangkan pada sampel normal bisa dibilang hasil suhu tersebut sudah tepat karena pada waktu 15 detik dan 20 detik memiliki hasil suhu yang sama, sehingga hasil suhu tersebut merupakan hasil suhu yang akurat karena pada LCD sudah menunjukkan hasil suhu yang tetap dan tidak berubah-ubah pada waktu yang berbeda.

Sensor DS18B20 dapat diukur oleh sensor DS18B20 dengan ketelitian 9–12 bit dan rentang -55–125 derajat celcius (+/-0,5 derajat celcius). Hasil mengukur suhu dengan sensor DS18B20 yang menghasilkan suhu akurat ditunjukkan ketika melakukan percobaan dengan menggunakan waktu yang lama atau dengan kata lain menunggu sampai suhu yang muncul pada LCD tidak berubah-ubah atau tetap menunjukkan hasil itu”

4. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah diperoleh

penelitian ini dapat di uji cobakan dan digunakan dengan baik. Alat praktikum yang telah dirancang bisa dikatakan berhasil dan berjalan sesuai dengan yang diharapkan. Tetapi memang terdapat kesulitan atau kendala dari perancangan alat yang dialami oleh peneliti. Seperti kesulitan dalam sistem pencodingan. Dimana tingkat pemahaman perlu diperhatikan agar sistem bekerja dengan baik.

Diharapkan peningkatan dan hasil yang lebih memuaskan dari alat praktikum ini. Alat praktikum ini dapat dikatakan layak dalam sistem pembelajaran Termodinamika pada materi pengukuran suhu berbasis arduino. Maka dari itu peneliti berharap agar alat praktikum ini bisa dikembangkan dan digunakan peserta didik dalam proses pembelajaran.

Daftar Pustaka

- Abdullah, Mikrajuddin. 2016. *Fisika Dasar 1*. Bandung: Institut Teknologi Bandung Sasmoko. 2021. Arduino dan Sensor. Semarang:Yayasan Prima Agus Teknik
- Anantama, A., Apriyantina, A., Samsugi, S., Farli Rossi, F. 2020. Alat Pantau Jumlah Pemakaian Daya Listrik Pada Alat Elektronik Berbasis Arduino Uno. *JTSTt*. 1(1) :30.
- Aritonang, A., Bangsa, A. A., Rahmadewi, R. 2021. Implementasi Sensor Suhu DS18B20 dan Sensor Tekanan MPX5700AP menggunakan Mikrokontroler Arduino Pada Alat Pendeteksi Tingkat Stress. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*.7(1) :154
- Ariyanto, D. 2022. Prototype Alat Penghiasap Asap Solder Menggunakan Sensor Kualitas Udara dan Filter Udara Berbasis IoT.

- INDONESIAN JOURNAL OF LABORATORY. 44.
- Fajrin, A. N., Darlis, D., Priramadhi, R. A. 2020. Alat Reflow Soldering Dengan Pengaturan Suhu Reflow Soldering Tool With Temperature Control. *e-Proceeding of Applied Science*. 6(2): 2264.
- Homzah, O. F., Hidayati, B., Subekti, R. 2018. Rancang Bangun Mini Microcontroller Berbasis Arduino Di Mesin Soft Ice Cream Maker. *Jurnal Petra*. 5(2):34.
- Kalengkongan, T. S., Dringhuzen J., Mamahit, Sompie, S. R. U. A. 2018. Rancang Bangun Alat Deteksi Kebisingan Berbasis Arduino Uno. *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*. 7(2):186.
- Nurazizah, E., Ramdhani, M., Rizal, A. 2017. Rancang Bangun Termometer Digital Berbasis Sensor Ds18b20 Untuk Penyandang Tunanetra. *e-Proceeding of Engineering*. 4(3) :3296-3297.
- Rozaq, I. A., Yulita, N. 2017. Uji Karakterisasi Sensor Suhu Ds18b20 Waterproof Berbasis Arduino Uno Sebagai Salah Satu Parameter Kualitas Air. *Prosiding SNATIF*: 303-304.
- Saputro, A. F. Y., Prasetya, D. A. 2022. Rancang Bangun Thermopen Sebagai Pengukur Suhu Menggunakan Sensor DS18B20 Dalam Internet of Things. *Jurnal Teknik Elektro*: 29-30.
- Syafiqoh, U., Sunardi, Yudhana, A. 2018. Pengembangan Wireless Sensor Network Berbasis Internet of Things untuk Sistem Pemantauan Kualitas Air dan Tanah Pertanian. *Jurnal Informatika: Jurnal Pengembangan IT*. 3(2) :287.
- Tipler, P. A. 1998. *Fisika*. Jakarta: Erlangga.
- Young, H. D. & Freedman, R. A .2022. *Fisika Universitas*. Jakarta: Erlangga