



Rancang Bangun Sistem Monitoring Pemanas Air dengan Media Pasir Silika dan Paraffin Wax Berbasis Internet of Things (IoT)

I Putu Aditya Wirawan ^{1*}, Henna Nurdiansari ²,

Anak Agung Ngurah Ade Dwi Putra Yuda ³

^{1,2,3} Politeknik Pelayaran Surabaya, Program Studi Sarjana Terapan,
Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal, Indonesia

*Penulis Korespondensi: adityawirawan715@gmail.com

Abstract. Energy efficiency in water heaters is a crucial factor in ship operational environments due to limited electricity resources that rely on generators. This study aims to design and build an IoT-based water heater monitoring system with an innovative heat storage medium in the form of a mixture of silica sand and paraffin wax to improve thermal efficiency. Although previous studies have developed temperature monitoring and control systems in IoT-based water heaters, this study specifically fills this gap by analyzing the performance of adding silica sand to overcome the low thermal conductivity of paraffin wax. Using the Research and Development (R&D) method, this system was built with an ESP32 microcontroller as the control center, a DS18B20 temperature sensor for accurate measurements, and the Blynk and Google Sheets platforms for real-time monitoring and data recording. Performance testing was conducted by comparing the water heating rate between pure paraffin wax media and the mixed media. The results showed that the monitoring system functioned reliably, and the main finding proved that the addition of silica sand to paraffin wax significantly increased heating efficiency. This was clearly seen from the reduction in time required to raise the water temperature to 40°C, from 2.5 hours to only 1 hour in the second heating cycle. The results of this study indicate that the integration of silica sand and paraffin wax media with IoT technology can increase the efficiency of water heaters and provide an innovative solution for energy-efficient and environmentally friendly temperature control.

Keywords: Energy Efficiency; ESP32; Internet of Things (IoT); Sensor DS18B20; Water Heater.

Abstrak. Efisiensi energi pada pemanas air merupakan faktor krusial di lingkungan operasional kapal akibat keterbatasan sumber daya listrik yang bergantung pada generator. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sebuah sistem monitoring pemanas air berbasis IoT dengan inovasi media penyimpanan panas berupa campuran pasir silika dan *paraffin wax* untuk meningkatkan efisiensi termal. Walaupun penelitian sebelumnya telah mengembangkan sistem monitoring dan kontrol suhu pada pemanas air berbasis IoT, penelitian ini secara spesifik mengisi celah dengan menganalisis unjuk kerja penambahan pasir silika untuk mengatasi konduktivitas termal *paraffin wax* yang rendah. Menggunakan metode *Research and Development* (R&D), sistem ini dibangun dengan mikrokontroler ESP32 sebagai pusat kendali, sensor suhu DS18B20 untuk pengukuran akurat, serta platform *Blynk* dan *Google Sheets* untuk pemantauan dan pencatatan data *real-time*. Pengujian unjuk kerja dilakukan dengan membandingkan laju pemanasan air antara media *paraffin wax* murni dengan media campuran. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem monitoring berfungsi dengan andal, dan temuan utama membuktikan bahwa penambahan pasir silika pada *paraffin wax* secara signifikan meningkatkan efisiensi pemanasan. Hal ini terlihat jelas dari berkurangnya waktu yang dibutuhkan untuk menaikkan suhu air ke 40°C, dari 2,5 jam menjadi hanya 1 jam pada siklus pemanasan kedua. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa integrasi media pasir silika dan *paraffin wax* mampu meningkatkan efisiensi pemanas air serta memberikan solusi inovatif untuk pengendalian suhu yang hemat energi dan ramah lingkungan dengan menggunakan teknologi IoT.

Kata Kunci: Efisiensi Energi; ESP32; Internet of Things (IoT); Pemanas Air; Sensor DS18B20.

1. PENDAHULUAN

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

Penggunaan energi terbarukan (*renewable energy*), khususnya energi matahari dapat memenuhi kebutuhan energi yang berkelanjutan. Indonesia memiliki potensi besar dalam penggunaan energi matahari untuk kehidupan sehari-hari. Sistem pemanas air tenaga surya, juga dikenal sebagai pemanas air surya, dapat digunakan untuk berbagai macam pemanfaatan, termasuk area komersial maupun industri, seperti digunakan area toko, restoran, hotel hingga area industri baik di darat maupun pelayaran. Dalam industri pelayaran pemanas air di atas kapal ini biasa digunakan untuk berbagai keperluan dan aktivitas seperti mandi, memasak, dan keperluan sanitasi, untuk memenuhi kebutuhan kru kapal selama berlayar. Di lingkungan operasional kapal, efisiensi energi menjadi faktor yang sangat krusial. Hal ini disebabkan oleh keterbatasan sumber daya listrik yang umumnya bergantung pada generator berbahan bakar, sehingga sistem pemanas air yang boros energi akan berdampak langsung pada peningkatan konsumsi bahan bakar dan biaya operasional kapal.

Sistem pemanas air tenaga surya menggunakan radiasi surya untuk menghasilkan panas, yang kemudian digunakan untuk memanaskan air. Namun, sejumlah variabel, seperti suhu lingkungan dan material penyimpan panas yang digunakan, sering kali memengaruhi kinerja sistem ini. Dalam situasi ini, *paraffin wax* dan pasir silika, yang dikenal sebagai material penyimpan panas laten atau *Phase Change Material* (PCM), memiliki potensi yang menjanjikan. Studi sebelumnya menunjukkan bahwa penambahan pasir silika pada *paraffin wax* dapat meningkatkan konduktivitas termal dan efisiensi sistem pemanas air. Meskipun *paraffin wax* memiliki kemampuan penyimpanan panas laten yang tinggi, kelemahan utamanya adalah konduktivitas termal yang rendah, yang memperlambat proses transfer panas. Untuk mengatasi hal ini, penelitian ini mengintegrasikan pasir silika yang dikenal memiliki konduktivitas termal tinggi, sehingga diharapkan dapat meningkatkan laju penyerapan dan pelepasan panas secara signifikan.

Kemajuan teknologi telah memungkinkan sistem pemanas air untuk menggunakan *Internet of Things* (IoT) untuk melakukan pengawasan dan kontrol yang lebih efisien. Pengumpulan data secara *real-time* dan pengendalian jarak jauh melalui perangkat mobile atau komputer memungkinkan IoT meningkatkan kenyamanan pengguna dan memungkinkan pengoptimalan kinerja sistem berdasarkan data yang dikumpulkan. Misalnya, sensor suhu DS18B20 dapat memantau suhu air dengan tepat dan mengirimkan data ke platform IoT seperti *Blynk*.

Dalam implementasi pengendalian suhu, integrasi teknologi *Internet of Things* (IoT) memberikan keuntungan besar. IoT memungkinkan sistem untuk memantau dan mengatur suhu secara *real-time* melalui sensor dan perangkat pintar yang terhubung dengan internet.

Dengan IoT, sistem dapat bekerja secara otomatis dan memberikan data yang akurat untuk dianalisis, sehingga menghasilkan efisiensi yang lebih tinggi.

Media pasir silika dan paraffin wax dikenal sebagai material dengan kapasitas panas yang baik. Pasir silika memiliki sifat konduktivitas termal yang tinggi, sedangkan paraffin wax memiliki kemampuan penyimpanan energi laten yang tinggi. Kombinasi keduanya dapat meningkatkan efisiensi pengaturan suhu pada sistem berbasis IoT.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem monitoring pemanas air dengan media pasir silika dan paraffin wax berbasis IoT. Dengan menggunakan teknologi ini, diharapkan dapat meningkatkan efisiensi pemanas air tenaga surya serta memberikan kemudahan dalam pemantauan dan pengendalian suhu secara *real-time*. Penelitian ini juga diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan teknologi energi terbarukan di Indonesia serta meningkatkan kesadaran masyarakat tentang pentingnya penggunaan sumber energi yang ramah lingkungan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Rancang Bangun Sistem

Menurut Adiguna dalam (Nur Azis, 2020) Perancangan adalah sebuah proses untuk mendefinisikan sesuatu yang ingin dikerjakan dengan teknik yang bervariasi serta melibatkan deskripsi mengenai arsitektur dan detail komponen serta keterbatasan yang akan dialami dalam prosesnya. Dari penjelasan tersebut dapat disimpulkan bahwa pengertian perancangan adalah proses terstruktur dalam pengembangan objek, sistem, atau gagasan. Ini melibatkan perencanaan, pemikiran, dan pembuatan rencana atau rancangan yang mempertimbangkan berbagai aspek. Perancangan bertujuan menciptakan solusi optimal dan efisien untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan, proses ini mencakup pemilihan elemen, komponen, dan deskripsi detail tentang desain sistem. Kesalahan dalam perancangan dapat berdampak serius dalam implementasi, oleh karena itu perancangan adalah langkah kunci dalam pengembangan berbagai jenis sistem.

Internet of Things (IoT)

Internet of Things (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.

Mikrokontroler ESP32

Mikrokontroler ESP32 merupakan sebuah komponen elektronika yang berupa *Integrated Circuit* (IC) yang dapat mengatur dan mengolah data. Mikrokontroler adalah komponen elektronika jenis semikonduktor yang dapat berfungsi sebagai isolator maupun konduktor. 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 *Random Acces Memory* (RAM) dan peralatan I/O pendukung, sehingga ukuran board mikrokontroler menjadi sangat ringkas.

Sensor INA219

Sensor INA219 merupakan alat pengukur arus dan tegangan digital pada sisi positif, menggunakan resistor shunt dan antarmuka I²C dengan resolusi 12-bit. Sensor ini dapat mengukur arus hingga 3,2A dan tegangan hingga 26V dengan akurasi tinggi 0,5-1% serta konsumsi daya rendah (Hareendran, 2021). Dalam penelitian "*Energy efficiency investigation of sun-path tracker system*" (2025), empat unit INA219 digunakan secara bersamaan pada rangkaian ESP32, menunjukkan kemampuan sensor ini dalam pemantauan daya secara *real-time* pada sistem energi terbarukan (Abdellatif et al., 2025).

Sensor Suhu DS18B20

Sensor Suhu DS18B20 merupakan suatu komponen elektronika yang dapat menangkap perubahan temperatur lingkungan. Muhammad, Ichwan, (2014), kemudian mengkonversinya menjadi besaran listrik. Tegangan sumber untuk sensor DS18B20 adalah 3V sampai 5.5V. Sensor ini juga dapat mengukur suhu pada kisaran -55 sampai 125 °C. Fitur dari sensor suhu DS18B20 yaitu antarmuka hanya menggunakan satu kabel sebagai komunikasi (menggunakan protokol *one wire*), setiap sensor memiliki kode pengenalan unik 64-bit tertanam di *onboard* ROM dan kemampuan *multidrop* yang menyederhanakan aplikasi penginderaan suhu terdistribusi serta tidak memerlukan komponen tambahan. Penggunaannya bisa dalam lingkungan kendali termostatis, sistem industri, produk rumahan, termometer atau sistem apapun yang memerlukan pembacaan suhu.

Pasir Silika

Pasir silika adalah jenis pasir yang sebagian besar terdiri dari mineral kuarsa (silika atau SiO_2) dengan tingkat kemurnian tinggi. Pasir ini dikenal karena memiliki sifat kimia dan fisika yang stabil, seperti kekerasan, titik leleh tinggi, dan ketahanan terhadap bahan kimia. Pasir silika sering digunakan dalam berbagai industri karena sifat-sifatnya yang serbaguna.

Paraffin Wax

Paraffin wax diperoleh dari destilasi minyak bumi dan bukan merupakan substansi murni tetapi merupakan kombinasi dari jenis hidrokarbon yang berbeda (Akgun dkk, 2007). Paraffin merupakan gabungan dari rantai-rantai lurus alkane $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)-\text{CH}_3$. Kristalisasi dari rantai CH_3 menyebabkan pelepasan panas laten dalam jumlah yang besar. Panas laten dan titik leleh paraffin meningkat dengan penambahan panjang rantai karbon. Kelemahan paraffin wax sebagai PCM ialah nilai konduktifitas termalnya rendah. Untuk meningkatkan sifat perpindahan kalor PCM adalah dengan memberi campuran bahan aditif.

Liquid Crystal Display (LCD)

LCD atau *Liquid Crystal Display* adalah suatu jenis media *display* (tampilan) yang menggunakan kristal cair (*liquid crystal*) untuk menghasilkan untuk menyederhanakan desain perangkat keras dan memaksimalkan penggunaan pin I/O, modul LCD digabungkan dengan sebuah konverter I2C. Antarmuka ini memungkinkan mikrokontroler mengirim data secara serial, sebuah metode yang sangat berbeda dengan komunikasi paralel yang membutuhkan banyak pin. Proses ini hanya memerlukan dua jalur utama: *Serial Data* (SDA) untuk transfer data dan *Serial Clock* (SCL) untuk sinkronisasi. Hasilnya, penggunaan pin mikrokontroler untuk mengontrol layar menjadi jauh lebih efisien, sehingga menghemat sumber daya sistem yang berharga (Prasetyo et al., 2024).

Sensor Anemometer

Sensor anemometer alat ukur yang digunakan dalam bidang meteorologi dan energi angin. Sensor ini terdiri dari 3 cangkir kecil yang dipasang secara simetris pada poros vertikal. Yang akan berputar ketika tertiuap angin. Kecepatan rotasi ini dikonversi menjadi frekuensi sinyal pulsa digital, dan digunakan untuk menghitung kecepatan angin. Sensor ini tetap populer karena menawarkan kombinasi terbaik antara akurasi, biaya rendah, ketahanan, dan keandalan, dibandingkan dengan jenis anemometer lain seperti sonic, LIDAR, atau SODAR (Alfonso-Corcuera et al., 2022)

Sensor Intensitas Matahari

Sensor intensitas cahaya BH1750 merupakan sensor cahaya digital yang memiliki keluaran sinyal digital, sehingga tidak memerlukan perhitungan yang rumit. Sensor ini lebih

akurat dan lebih mudah digunakan jika dibandingkan dengan sensor lain seperti diode dan LDR yang memiliki keluaran sinyal analog dan perlu melakukan perhitungan untuk mendapatkan data intensitas. Sensor Cahaya digital BH1750 dapat melakukan *pengukuran* dengan keluaran lux (lx) tanpa perlu melakukan perhitungan terlebih dahulu. Dengan sensor BH1750 intensitas Cahaya dapat diukur secara langsung dengan output luxmeter (lx) tanpa membuat perhitungan. (Suryana Taryana, 2021).

Aplikasi Blynk

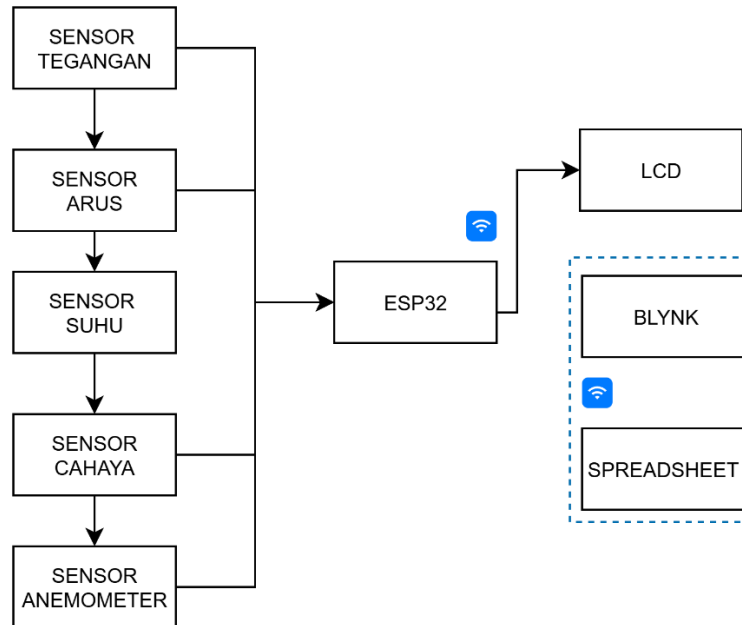
Aplikasi *Blynk* adalah aplikasi platform yang dirancang untuk mendukung pengembangan sistem berbasis IoT. Aplikasi ini memungkinkan *pengguna* untuk memantau dan mengontrol perangkat seperti ESP32 melalui koneksi internet. Dalam penelitian, *Blynk* digunakan sebagai antarmuka utama untuk menampilkan data sensor secara *real-time*, seperti suhu dan ketinggian air. Platform ini terdiri dari tiga komponen utama: *Blynk App*, yang berfungsi sebagai antarmuka pengguna; *Blynk Server*, yang mengelola komunikasi antara perangkat IoT dan aplikasi; serta *Blynk Library*, yang diintegrasikan ke dalam kode perangkat untuk memungkinkan konektivitas. Dengan fitur notifikasi, penyimpanan data, dan kontrol jarak jauh, *Blynk* memberikan solusi efektif untuk monitoring dan pengendalian perangkat IoT secara *real-time* (Reinanda et al., 2024).

Google Spreadsheet

Google *Spreadsheet* merupakan aplikasi pengelola data berbasis cloud yang dapat dimanfaatkan sebagai sistem monitoring data secara *real-time*. Dalam sistem berbasis mikrokontroler, Spreadsheet digunakan untuk menampilkan data lain secara langsung dan fleksibel. Penggunaan Google Spreadsheet sebagai media monitoring memungkinkan pengguna untuk mengakses data dari jarak jauh, serta memantau kondisi perangkat atau sistem secara terus menerus melalui jaringan internet.

3. METODE PENELITIAN

Pada penulisan karya ilmiah terapan ini peneliti menggunakan metode penelitian *Research and Development* (R&D) sebagai pendekatan utama. Penelitian ini merupakan gabungan dari proyek keseluruhan alat, namun pada penelitian yang dilakukan fokus di bagian yang diarsir garis titik merah yaitu monitoring suhu panel surya dan turbin angin pada pemanas air dengan media pasir silika dan *paraffin wax* berbasis *Internet of Things* (IoT) di kapal. Penelitian ini membahas tentang sistem monitoring dari keseluruhan alat, yang digambarkan dalam bentuk blok diagram pada gambar 3. 2 dibawah ini.



Gambar 1. Blok Diagram.

Sumber: Dokumentasi Peneliti.

Semua data dari sensor-sensor ini dibaca dan diproses oleh ESP32 secara *real-time*. Data yang telah diolah oleh ESP32 kemudian didistribusikan ke beberapa media output. Untuk pemantauan lokal di tempat, informasi ditampilkan pada sebuah layar LCD. Untuk pemantauan jarak jauh, sistem ini memanfaatkan konektivitas *Wi-Fi* dari ESP32 untuk mengirim data ke Aplikasi *Blynk* yang dapat diakses melalui *Smartphone*. Fitur penting lainnya dari sistem ini adalah kemampuannya untuk mencatat dan menyimpan data secara otomatis ke dalam format *Spreadsheet*, yang sangat berguna untuk analisis, pelaporan, dan membuat rekam jejak data dalam jangka waktu yang Panjang.

4. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Penyajian Data

Penyajian data ini menyajikan data mengenai monitoring pada panel surya dan turbin angin dengan penggunaan media penyimpan panas berupa pasir silika dan *paraffin wax*. Pada bagian ini menyajikan data yang diperoleh dari hasil pengujian statis dan dinamis. Data ini dikumpulkan untuk memverifikasi fungsi setiap komponen sensor dan untuk menunjukkan kinerja dari sistem secara keseluruhan Ketika semua komponen telah beerjalan secara Bersama. Pengambilan serta pengumpulan data ini dilakukan beberapa kali pengujian seperti yang telah di uji oleh peneliti. Data yang disajikan meliputi pengukuran sensor DS18B20, sensor anemometer, sensor BH1750, sensor INA 219 serta aplikasi *Blynk* untuk memantau kinerja

dari sensor-sensor tersebut. Hasil data pengujian tersebut disajikan dalam bentuk tabel dibawah berikut.

Tabel 1. Pengujian Panel Surya.

Date & Time	Battery Voltage (V)	Battery Current (A)	Temperature	Lux
20/06/2025 07:30	13.6	1.86	29.4	22490.66
20/06/2025 08:30	13.6	1.8	29.29	33490.53
20/06/2025 09:30	13.63	1.86	29.25	41869.27
20/06/2025 10:30	13.63	1.86	29.22	48876.86
20/06/2025 11:30	13.6	1.8	29.21	52987.02
20/06/2025 12:30	13.6	1.8	29.24	54612.53
20/06/2025 13:30	13.63	1.82	29.18	54612.63
20/06/2025 14:30	13.6	1.8	29.17	54612.03
20/06/2025 15:30	13.6	1.8	29.19	50926.73
20/06/2025 16:30	13.63	1.84	29.2	45272.02

Sumber: Dokumentasi Peneliti.

Tabel 2. Pengujian Turbin Angin.

No	Time	Knot	m/s	Input Voltage(V)	Input Current(I)	Daya (Watt)
1	12:20:48	3.80	1.95	12.90	0.50	6.45
2	12:21:02	3.80	1.95	12.90	0.38	4.90
3	12:21:16	3.80	1.95	12.94	0.45	5.82
4	12:21:31	3.80	1.95	12.86	0.50	6.43
5	12:21:58	3.54	1.82	12.90	0.48	6.19
6	12:22:12	3.54	1.82	12.86	0.38	4.89
7	12:22:40	3.54	1.82	12.90	0.50	6.45
8	12:22:54	3.80	1.95	12.94	0.38	4.92
9	12:23:08	3.80	1.95	12.90	0.48	6.19
10	12:23:21	3.54	1.82	12.90	0.40	5.16
Total Daya						57.40

Sumber: Dokumentasi Peneliti.

Berdasarkan tabel 2 diatas menunjukkan bahwa sistem mampu mempertahankan tegangan keluaran dan daya secara relatif stabil, meskipun kecepatan angin bervariasi dalam rentang ± 3.54 knot. Hal ini menunjukkan bahwa sensor anemometer mampu mengatur titik kerja turbin angin agar berada dalam area daya maksimum.

Tabel 3. Pengujian Menggunakan Paraffin Wax.

Pengujian Menggunakan <i>Paraffin Wax</i>					
Waktu	Suhu Heater (°C)	Suhu Pipa (°C)	Suhu Paraffin (°C)	Suhu Air (°C)	Ket
14.00	31	31	31	31	Heater Mulai ON
14.30	55	40	41	33	Heater ON
15.00	95	42	44	34	Heater ON
15.30	102	45	50	36	Heater ON
16.00	105	47	57	38	Heater ON
16.30	111	49	60	40	Heater OFF
17.00	70	45	58	39	Heater OFF
17.30	40	39	53	38	Heater OFF
18.00	36	35	46	36	Heater OFF
18.30	34	34	40	35	Kembali ON
19.00	60	38	47	36	Heater ON
19.30	85	42	55	37	Heater ON
20.00	110	50	65	40	Kembali OFF
20.30	90	48	60	39	Heater OFF
21.00	79	46	56	38	Heater OFF
21.30	68	40	50	37	Heater OFF
22.00	44	37	48	36	Heater OFF
22.30	34	35	44	35	Kembali ON
23.00	57	39	49	37	Heater ON
23.30	86	42	52	39	Heater ON
00.00	98	43	57	40	Kembali OFF

Sumber: Dokumentasi Peneliti.

Uji coba sistem pemanas air pada tabel 3 diatas dilakukan dari pukul 14.00 hingga 00.00 dengan *Paraffin Wax* sebagai penyimpan panas. Pada awalnya (14.00), suhu air, pipa, dan parafin adalah 31°C. Butuh waktu 2,5 jam (hingga 16.30) untuk memanaskan air hingga 40°C karena parafin yang masih padat menyerap banyak energi untuk mencair.

Setelah pemanas mati pada 16.30, parafin melepaskan panasnya secara perlahan, sehingga dalam dua jam (hingga 18.30) suhu air hanya turun ke 35°C. Pemanas kembali menyala pada 18.30, namun proses pemanasan kedua dan seterusnya lebih cepat. Ini karena suhu awal air lebih tinggi dan sebagian parafin sudah dalam kondisi cair, sehingga energi yang dibutuhkan untuk mencapai 40°C lebih sedikit.

Tabel 4. Pengujian Media Pasir Silika dan Paraffin Wax.

Pengujian Dengan Media <i>Paraffin Wax</i> dan Aditif Pasir Silika						
No	Waktu	Suhu Heater	Paraffin dan Pasir Silika		Suhu Pipa	Keterangan
			Suhu Air			
1	10:00:00		32			
	AM	31		32	31	Heater On
2	10:30:00	60	34	39	34	Heater On
	AM					
3	11:00:00		35			
	AM	97		47	36	Heater On
4	11:30:00		37			
	AM	118		58	38	Heater On
5	12:00:00		40			
	AM	136		69	42	Heater Off
6	12:30:00		39			
	PM	112		60	41	Heater Off
7	1:00:00		39			
	PM	91		52	40	Heater Off
8	1:30:00	83	38	48	39	Heater Off
	PM					
9	2:00:00		37			
	PM	72		46	37	Heater Off
10	2:30:00		36			
	PM	55		43	35	Heater Off
11	3:00:00		35			
	PM	40		41	34	Heater On
12	3:30:00		36			
	PM	87		60	37	Heater On
13	4:00:00	126	38	82	40	Heater On
	PM					
14	4:30:00		40			
	PM	142		102	42	Heater Off
15	5:00:00		39			
	PM	120		90	41	Heater Off
16	5:30:00		39			
	PM	104		83	40	Heater Off
17	6:00:00		38			
	PM	93		75	39	Heater Off
18	6:30:00		37			
	PM	76		68	37	Heater Off

19	7:00:00	55	36	56	36	Heater Off
	PM					
20	7:30:00		36			
	PM	43		52	36	Heater Off
21	8:00:00		35			
	PM	42		51	35	Heater On

Sumber: Dokumentasi Peneliti.

Berdasarkan tabel 4 diatas penggunaan campuran pasir silika pada *paraffin wax* mempercepat kinerja sistem pemanas. Pasir silika meningkatkan konduktivitas termal, membuat panas dari pemanas menyebar lebih cepat dan merata. Hasilnya, waktu pemanasan menjadi lebih singkat. Pada siklus awal, butuh 2,5 jam untuk menaikkan suhu air dari 32°C ke 40°C. Namun, pada siklus kedua, proses yang sama hanya memerlukan 1 jam. Ini membuktikan campuran tersebut lebih efisien dalam menyimpan dan melepaskan panas.

Selama melakukan pengujian keseluruhan sistem, dapat membuktikan bahwa fungsionalitas pencatatan data yang komprehensif dan terpusat melalui integrasi dengan Google Sheets. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.8 dibawah ini, sistem mampu secara otomatis dan periodik mengirimkan serangkaian data ke *spreadsheet*, menciptakan sebuah database historis yang kuat. Kemampuan ini tidak hanya memungkinkan pemantauan secara *real-time*, tetapi juga menyediakan data untuk analisis kinerja jangka panjang, validasi efisiensi sistem, dan dapat diakses dari mana saja.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Date & Time	Input Voltage	Input Current	Battery Voltage	Battery Current	Temperature	AC Voltage	AC Current	AC Power	Knot	Lux
2	20/07/2025 10:42:35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	20/07/2025 10:43:30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	20/07/2025 10:43:44	0.00	0.00	12.37	0.00	30.28	0.00	0.00	0.00	0.00	4951.67
5	20/07/2025 10:43:58	0.00	0.00	12.37	0.00	30.29	0.00	0.00	0.00	0.00	1328.33
6	20/07/2025 10:44:12	0.00	0.00	12.69	0.00	30.54	0.00	0.00	0.00	0.00	7814.17
7	20/07/2025 10:44:26	0.00	0.00	12.84	0.00	32.01	0.00	0.00	0.00	0.00	54612.50
8	20/07/2025 10:44:40	0.00	0.00	12.94	0.00	33.23	0.00	0.00	0.00	0.00	54612.50
9	20/07/2025 10:44:54	0.00	0.00	13.01	0.00	34.54	0.00	0.00	0.00	0.00	54612.50
10	20/07/2025 10:45:07	0.00	0.00	13.01	0.00	35.38	0.00	0.00	0.00	0.00	54612.50
11	20/07/2025 10:45:21	0.00	0.00	13.03	0.00	36.23	0.00	0.00	0.00	0.00	54612.50
12	20/07/2025 10:45:34	0.00	0.00	13.07	0.00	36.66	0.00	0.00	0.00	0.00	54612.50
13	20/07/2025 10:45:48	0.00	0.00	13.01	0.00	36.99	0.00	0.00	0.00	0.00	54612.50
14	20/07/2025 10:46:02	0.00	0.00	13.03	0.00	37.69	0.00	0.00	0.00	0.00	54612.50
15	20/07/2025 10:46:16	0.00	0.00	13.03	0.00	38.25	0.00	0.00	0.00	0.00	54612.50
16	20/07/2025 10:46:29	0.00	0.00	13.05	0.00	38.75	0.00	0.00	0.00	0.00	54612.50
17	20/07/2025 10:46:43	0.00	0.00	13.07	0.00	39.12	0.00	0.00	0.00	0.00	54612.50
18	20/07/2025 10:46:57	0.00	0.00	13.05	0.00	39.59	0.00	0.00	0.00	0.00	54612.50
19	20/07/2025 10:47:11	0.00	0.00	13.05	0.00	39.73	0.00	0.00	0.00	0.00	54612.50
20	20/07/2025 10:47:25	0.00	0.00	13.07	0.00	40.18	0.00	0.00	0.00	0.00	54612.50
21	20/07/2025 10:47:39	0.00	0.00	13.03	0.00	40.45	0.00	0.00	0.00	0.00	54612.50
22	20/07/2025 10:47:53	0.00	0.00	13.07	0.00	40.61	0.00	0.00	0.00	0.00	54612.50
23	20/07/2025 10:48:07	0.00	0.00	13.07	0.00	41.01	0.00	0.00	0.00	0.00	54612.50
24	20/07/2025 10:48:21	0.00	0.00	13.07	0.00	41.94	0.00	0.00	0.00	0.00	54612.50
25	20/07/2025 10:48:35	0.00	0.00	13.07	0.00	42.52	0.00	0.00	0.00	0.00	54612.50
26	20/07/2025 10:48:49	0.00	0.00	13.07	0.00	42.94	0.00	0.00	0.00	0.00	54612.50
27	20/07/2025 10:49:04	0.00	0.00	13.07	0.00	43.08	0.00	0.00	0.00	0.00	54612.50

Gambar 1. Tampilan Data *Spreadsheet*.

Sumber: Dokumentasi Peneliti.

Analisis Data

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dikumpulkan selama beberapa hari, dapat dipastikan bahwa seluruh komponen perangkat keras, mulai dari sensor suhu DS18B20 hingga mikrokontroler ESP32, berfungsi sesuai spesifikasi dengan tingkat akurasi yang baik. Validasi pada level komponen ini sangat krusial, karena memberikan keyakinan bahwa setiap data yang dihasilkan oleh sistem untuk analisis lebih lanjut memiliki tingkat validitas dan keandalan yang tinggi. Dari hasil tersebut mendapatkan analisis data seperti berikut:

1. Sensor Suhu DS18B20 adalah sensor suhu digital presisi yang digunakan untuk mengukur dan memantau suhu air secara *real-time* pada pemanas air. Dalam konteks penelitian ini, sensor ini sangat penting untuk mengevaluasi efisiensi dan efektivitas kombinasi media pasir silika dan *paraffin wax* sebagai material penyimpan panas. Pengujian menunjukkan bahwa sensor ini berfungsi dengan baik dalam kondisi air dan panas, memberikan pembacaan suhu yang akurat yang kemudian dikirimkan ke mikrokontroler untuk diproses dan ditampilkan. Hasil dari pengujian sensor ini mengintegrasikan bahwa kedua media tersebut mampu meningkatkan efisiensi pemanas air karena suhu yang terukur mencerminkan penyimpanan dan pelepasan panas yang optimal.
2. Sensor Intensitas Cahaya BH1750 digunakan untuk mengukur intensitas cahaya, yang relevan dalam konteks sistem pemanas air tenaga surya. Pengujian terhadap sensor BH1750 menunjukkan kemampuannya dalam mengukur dan merekam data intensitas cahaya secara akurat dan berkelanjutan. Hal yang menonjol dari pengujian ini adalah bahwa sensor tersebut dapat berfungsi dengan baik bahkan pada tingkat pencahayaan yang sangat kuat, yaitu di atas 50.000 Lux. Kemampuan ini mengindikasikan bahwa sensor BH1750 andal untuk aplikasi di lingkungan dengan fluktuasi intensitas cahaya yang tinggi, memastikan bahwa data cahaya yang dikumpulkan dapat digunakan untuk analisis lebih lanjut terkait dengan efisiensi pengisian baterai atau kinerja panel surya.
3. Mikrokontroler ESP32 merupakan otak dari sistem ini, bertanggung jawab untuk memproses data dari sensor, mengontrol komponen lain, dan mengirimkan data melalui koneksi IoT. Pengujian dasar terhadap ESP32 menunjukkan bahwa mikrokontroler ini berfungsi normal dan dapat menyala saat diberikan daya listrik. Indikator lampu pada modul ESP32 menyala, menandakan bahwa perangkat siap beroperasi dan terintegrasi dengan baik dalam sirkuit. Keberhasilan pengujian awal ini sangat krusial karena memastikan bahwa platform utama untuk pemrosesan data dan komunikasi IoT telah siap untuk tugas-tugas yang lebih kompleks.

4. LCD digunakan sebagai antarmuka visual untuk menampilkan data yang dikumpulkan oleh sensor secara lokal. Pengujian menunjukkan bahwa LCD berhasil menyala dengan baik dan mampu menampilkan pembacaan sensor secara akurat. Data yang ditampilkan meliputi tegangan panel surya, kecepatan angin, daya keluaran, dan status baterai. Kemampuan LCD untuk menampilkan informasi ini secara jelas dan *real-time* sangat penting bagi pengguna untuk memantau kinerja sistem secara langsung tanpa harus selalu terhubung ke platform IoT. Selain itu, kemampuan data untuk juga ditampilkan di *spreadsheet* menunjukkan fleksibilitas dalam akses dan analisis data.
5. Sensor Anemometer digunakan untuk mengukur kecepatan angin, yang relevan jika sistem memiliki komponen energi angin atau untuk memantau kondisi lingkungan di lokasi pemasangan. Pengujian menunjukkan bahwa sensor anemometer mampu mempertahankan tegangan keluaran dan daya secara relatif stabil meskipun kecepatan angin bervariasi. Ini adalah temuan penting karena menunjukkan kemampuan sensor dalam mengatur titik kerja turbin angin agar berada dalam area daya maksimum, meskipun tidak dijelaskan secara eksplisit implementasi MPPT pada turbin angin. Kestabilan ini menunjukkan bahwa sensor dapat memberikan data yang konsisten untuk perhitungan daya yang dihasilkan.
6. Sensor INA219 adalah sensor monitor daya yang digunakan untuk memantau arus dan tegangan secara *real-time*. Dalam penelitian ini, sensor INA219 kemungkinan besar digunakan untuk memantau daya yang masuk dari panel surya atau daya yang digunakan oleh komponen sistem. Pengujian sensor ini menegaskan kemampuannya untuk memantau daya secara *real-time*. Ini sangat penting untuk memahami konsumsi energi sistem, kinerja pengisian baterai, dan efisiensi keseluruhan dari pembangkitan atau penggunaan daya dalam sistem pemanas air.

Secara keseluruhan, pengujian ini menunjukkan bahwa sistem monitoring mampu secara akurat mengukur komponen penting dan secara efisien mengelola proses pengisian baterai dari panel surya dan turbin angin. Pola data dari intensitas cahaya, suhu, arus, dan tegangan baterai saling berkorelasi, memberikan bukti tentang fungsionalitas dan efektivitas sistem dalam kondisi operasional yang bervariasi.

Kajian Produk Akhir

Produk akhir dari penelitian ini adalah rancang bangun sistem monitoring dari pemanas air dengan media pasir silika dan *paraffin wax* untuk memantau kinerja semua komponen dari keseluruhan alat yang dibuat. Sistem ini dirancang untuk dapat diterapkan pada pemanas air di kapal. Komponen inti dari produk ini yaitu sensor suhu DS18B20 sebagai pengukur suhu utama, dan mikrokontroler ESP32 sebagai penerima data. ESP32 memproses data sensor,

kemudian terkoneksi dengan internet, dan mengirimkan data ke aplikasi *Blynk* yang berfungsi sebagai pengguna jarak jauh. Sebuah LCD juga terintegrasi untuk menampilkan data secara langsung.

Media utama dari pasir silika dan *paraffin wax* sebagai penyimpan panas yang secara bersamaan dengan tujuan mengoptimalkan penyerapan pelepasan panas untuk efisiensi yang lebih tinggi. Selain itu pengujian ini juga menggunakan sensor intensitas cahaya, anemometer dan INA219 sebagai pengukur arus, yang memiliki potensi integrasi dengan sistem energi terbarukan.

Hasil dari pengujian produk yaitu sistem ini mampu melakukan pengukuran suhu yang akurat, secara efisien menyimpan panas, serta mengirimkan data secara *real-time* baik secara local maupun jarak jauh. Ini adalah sistem yang terintegrasi dan baik untuk pemantauan suhu pemanas air, yang mampu meningkatkan efisiensi dan memberikan data yang fleksibel.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pengujian yang telah dilakukan oleh peneliti yaitu mulai dari perancangan sistem hingga hasil pengujian perangkat, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Perancangan sistem monitoring suhu pada pemanas air di kapal berbasis IoT dilakukan dengan menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai pengendali utama. Sistem ini mengintegrasikan sensor suhu DS18B20 untuk mendeteksi suhu, serta sensor pendukung lainnya seperti sensor cahaya dan anemometer. Data yang dikumpulkan kemudian dikirimkan melalui modul Wi-Fi ke platform IoT *Blynk*, yang memungkinkan data ditampilkan dan dipantau secara *real-time* melalui *smartphone* beserta di *spreadsheet*.
2. Hasil pengujian unjuk kerja sistem monitoring, yang dilakukan melalui metode pengujian statis dan dinamis, menunjukkan bahwa sistem monitoring dapat berfungsi dengan andal dan akurat. Secara fungsional, sistem mampu mengumpulkan, memproses, dan menampilkan data secara *real-time* pada LCD, aplikasi *Blynk*, dan *Spreadsheet*. Temuan unjuk kerja yang paling signifikan adalah bahwa penambahan media pasir silika pada *paraffin wax* terbukti mempercepat laju pemanasan air secara drastis, mengurangi waktu yang dibutuhkan untuk mencapai suhu target 40°C dari 2,5 jam menjadi hanya 1 jam pada siklus pemanasan kedua. Peningkatan efisiensi ini secara meyakinkan membuktikan keberhasilan inovasi media yang diusulkan.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian selama pengembangan sistem, terdapat beberapa pengembangan untuk penelitian selanjutnya di masa depan agar sistem dapat ditingkatkan, antara lain:

1. Dapat dilakukan penelitian lebih lanjut yang berfokus pada analisis kuantitatif efektivitas media pasir silika dan *paraffin wax* sebagai penyimpan energi panas. Penelitian ini dapat membandingkan laju penyerapan dan pelepasan panas dari media tersebut dengan media penyimpan panas lainnya untuk memvalidasi peningkatan efisiensi pemanas air secara terukur
2. Perlu dilakukan uji coba implementasi alat dalam jangka waktu yang lebih lama dan langsung pada lingkungan operasional kapal yang sesungguhnya. Hal ini bertujuan untuk menguji ketahanan, stabilitas, dan keandalan sistem dalam menghadapi kondisi lingkungan maritim yang dinamis.
3. Antarmuka pada aplikasi *Blynk* dapat dikembangkan lebih lanjut agar lebih informatif dan interaktif, misalnya dengan menambahkan fitur grafik data historis, notifikasi peringatan jika suhu melebihi atau kurang dari ambang batas tertentu, serta laporan penggunaan energi secara berkala.

DAFTAR PUSTAKA

- Analisis unjuk kerja pemanas air surya dengan aditif pasir silika pada paraffin wax sebagai material penyimpan panas laten. (n.d.).
- Firdaus, M. L., Milah, M. Z., & Rahayu, R. A. N. (2024). Implementasi pengatur suhu dalam water heater: Meningkatkan efisiensi energi dan keamanan. *Jurnal Ilmiah Multidisiplin*, 2(5), 43–48. <https://doi.org/10.5281/zenodo.11293030>
- Gunawan, T., & Suryadi, D. (2023). Analisis unjuk kerja sistem pemanas air tenaga surya dengan variasi material penyimpan panas berbasis PCM (Phase Change Material). *Jurnal Energi dan Teknologi*, 5(1), 25–32.
- Hidayat, R., & Arifin, M. (2022). Desain sistem pemanas air berbasis Internet of Things untuk efisiensi energi di lingkungan industri. *Jurnal Teknologi Terapan*, 7(2), 58–67.
- Lestari, D., & Wibowo, S. (2023). Analisis penggunaan pasir silika sebagai media peningkatan konduktivitas termal pada paraffin wax untuk penyimpan panas laten. *Jurnal Sains dan Energi Terbarukan*, 4(1), 14–22.
- Pengembangan sistem pengukuran salinitas, pH, dan suhu air pada robot Apiofish (Development of a salinity, pH, and water temperature measurement system on the Apiofish robot). (n.d.).
- Prasetyo, M. A., Nurdiansari, H., & Ajie, K. B. (2024). Rancang bangun alat pemilah ikan berbasis Internet of Things (IoT). *Jurnal Teknik Mesin, Industri, Elektro dan Informatika (JTMEI)*, 3(2), 35–52. <https://doi.org/10.55606/jtmei.v3i2.3768>

- Putra, A. D., & Sari, R. M. (2024). Rancang bangun sistem kontrol suhu otomatis pada pemanas air tenaga surya berbasis ESP32 dan IoT. *Jurnal Rekayasa Energi dan Kelistrikan*, 6(2), 45–55.
- Rancang bangun sistem monitoring dan data logger solar water heater berbasis IoT. (n.d.).
- Ridho Oktarian, A., Antony, F., & Asa Verano, D. (n.d.). Rancang sistem monitoring kualitas dan ketinggian air berbasis Internet of Things (IoT).
- Riyanto, A., & Syafrullah, M. (2018). *Seminar Nasional Sistem Informasi dan Teknologi Informasi 2018 (SENSITEK 2018)* (Vol. 12). STMIK Pontianak.
- Rosiana, E., Abdurahman, A., Gunastuti, D. A., & Aditya, S. (2022). Pengatur suhu otomatis pada solar water heater berbasis IoT. *Building of Informatics, Technology and Science (BITS)*, 4(3). <https://doi.org/10.47065/bits.v4i3.2612>
- Sihombing, P. (2023). Prototipe pengawasan suhu secara real-time dan pengontrolan dua motor listrik secara otomatis berbasis IoT. *Elektriese: Jurnal Sains dan Teknologi Elektro*, 13(1), 83–94. <https://doi.org/10.47709/elektriese.v13i01.2723>
- Uji alat prototype modul solar water heater (SWH) untuk praktikum energi alternatif berbasis IoT. (n.d.).
- Wibisono, A., & Kurniawan, D. (2024). Optimasi sistem monitoring suhu dan tekanan pada water heater berbasis Internet of Things (IoT). *Jurnal Inovasi Teknologi dan Energi*, 8(1), 77–85.