

## Perancangan dan Pembuatan Sistem Pemantauan Suhu untuk Pipa Pembakaran Arang Menggunakan *Thermocouple Type K*

Reinaldi Teguh Setyawan<sup>1</sup>, Bambang Dwi Haripriadi<sup>2</sup>  
Politeknik Negeri Bengkalis  
[reinaldi@polbeng.ac.id](mailto:reinaldi@polbeng.ac.id)<sup>1</sup>, [bambang@polbeng.ac.id](mailto:bambang@polbeng.ac.id)<sup>2</sup>

### Abstract

*Charcoal burning is an age-old method commonly employed in sectors such as power generation, steel manufacturing, and other industries. The process requires careful monitoring of high-risk components, like pipes, which have specific melting point limits. For this reason, continuous temperature monitoring is crucial for ensuring both safety and operational efficiency. In the village of Anjangg, which produces charcoal from mangrove tree trunks, air pollution caused by smoke from the burning process has become a concern. To address this, a device has been developed to convert the smoke into liquid smoke. However, the high smoke temperatures pose a threat to the PVC pipes used in liquid smoke condensers, as they can melt at temperatures above 85°C. This research aims to create a system capable of monitoring the temperature of these pipes to preserve the condenser's durability. The temperature monitoring system is controlled by an Arduino Uno microcontroller and uses a type K thermocouple to detect the pipe temperature. Tests revealed that the system could accurately measure temperatures up to 81.75°C, maintaining consistent voltage levels regardless of smoke presence.*

*Keywords: Temperature Monitoring, Type K Thermocouple, Liquid Smoke*

### 1. PENDAHULUAN

Pembakaran arang adalah proses tradisional yang digunakan dalam berbagai industri, termasuk pembangkit listrik, produksi baja, dan proses manufaktur lainnya. Proses pembakaran arang melibatkan banyak komponen peralatan yang memiliki tingkat risiko keselamatan yang tinggi, salah satunya adalah pipa yang memiliki batas titik leleh yang perlu diawasi. Untuk menjaga efisiensi operasional dan keselamatan, pemantauan suhu di dalam pipa pembakaran secara terus-menerus sangatlah penting.



Gambar 1. Pembakaran Arang Menggunakan Bambu

Desa Jangkang dikenal sebagai produsen arang dari cabang-cabang pohon *mangrove* melalui proses pembakaran atau pengasapan. Selama proses pembakaran ini, dihasilkan sejumlah besar asap yang dapat mencemari lingkungan atmosfer dan berkontribusi terhadap polusi udara. Untuk mengatasi masalah polusi ini, dosen dan mahasiswa telah mengembangkan alat yang dapat mengubah asap menjadi bentuk cair yang dikenal sebagai

asap cair. *Thermocouple* Tipe K adalah sensor suhu yang bekerja dengan menghasilkan tegangan. Suhu yang terdeteksi oleh sensor ini kemudian diubah menjadi keluaran tegangan. Tegangan keluaran dari *thermocouple* sangat kecil, dalam kisaran mikrovolt. Oleh karena itu, untuk memperkuat tegangan kecil ini agar dapat dibaca oleh mikrokontroler, diperlukan rangkaian pengkondisi *thermocouple*. Rangkaian yang digunakan adalah IC MAX 6675, yang mengkompensasi sambungan dingin pada *thermocouple* Tipe K dan melakukan penguatan (amplifikasi), konversi analog-ke-digital, serta pemrosesan digital sinyal masukan dari ujung T- dan T+ *thermocouple* Tipe K. Dalam proses pembakaran arang, asap yang dihasilkan memiliki suhu yang tinggi. Hal ini mendorong penulis untuk merancang alat yang mendeteksi suhu asap menggunakan sensor suhu *thermocouple* Tipe K.

## **2. TINJAUAN PUSTAKA**

Taufik Rahman, Andri Anto Tri Susilo, Wiwit Lestari (2020), meneliti tentang Sistem monitoring suhu, asap dan api ruangan information and comucation teknologi (ICT) menggunakan Arduino uno. Proses pada penelitian ini dengan menggunakan sensor DHT11 sebagai sensor suhu, MQ-2 sebagai sensor asap dan DFR0011 sebagai sensor api pada objek yang diteliti dan sistem website yang menyimpan hasil sensor secara otomatis kedalam database. Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode prototype. Alat ini dibuat menggunakan modul Arduino uno yang diprogram dengan menggunakan bahasa pemrograman PHP MySql. Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa Sistem monitoring suhu, asap dan api ruangan ICT *server* dapat memberikan informasi secara berkala mengenai temperature ruangan. Alat monitoring ruangan ini dapat membantu menampilkan hasil sensor yang disimpan di database dan dapat ditampilkan di website sehingga dapat membantu bagian administrator dalam memonitoring selama 24 jam.

Tandini Ulfa Urbach (2019), meneliti tentang rancang bangun sistem monitoring dan control temperature pemanasan zat cair menggunakan sensor inframerah MLX90614. Sistem bekerja berdasarkan prinsip penginderaan radiasi inframerah yang dindra sensor MLX9016 diubah menjadi sinyal Listrik, Sinyal kemudian diolah oleh mikrokontroler yang ada pada modul Arduino Uno R3 dengan bahasa pemrograman IDE Arduino. Hasilnya berupa nilai temperatur yang ditampilkan pada LCD (*liquid crystal display*). Hotplate dimatikan secara otomatis melalui relay (sebagai saklar *on/off*) ketika temperatur zat cair mencapai nilai tertentu yang diinginkan. Nilai temperatur acuan diset ke dalam program melalui *keypad*. Berdasarkan pengujian terhadap sistem yang telah dibangun dan analisis data yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa alat dapat mengukur temperatur zat cair secara *non-contact* dengan akurasi sebesar 99,24% atau error (ketidak tepatan) sebesar 0,76% dibanding termometer air-raksa. Nilai tersebut diperoleh dengan kondisi sensor MLX90614 ditempatkan dalam tabung PVC pada jarak 4mm dari ujung tabung. Kata Kunci: *hotplate*, inframerah, MLX90614, temperatur, zat cair.

Candra Pradhana, Talifatim Machfuroh (2020). Pembuatan batu bata secara konvensional membutuhkan suhu yang efektif antara 700-1100 derajat celcius, untuk mengukur suhu tersebut dipakai sensor suhu termokopel tipe K. Output pengukuran ditampilkan dengan serial monitor Arduino ataupun serial plot secara *real-time* dan juga LCD 16x2. Output juga dapat dipantau melalui *smartphone* tampilan android menggunakan *iot webbased server "Thingspeak"*. Pembakaran dilakukan secara lima hari berturut turut, suhu optimum dicapai pada hari keempat dengan suhu diatas 1023 derajat celcius dan terendah pada hari ketiga dengan suhu 400 derajat celcius karena petani tidak memantau suhunya. Dengan pemantauan suhu diharapkan petani dapat melakukan kebijakan tersendiri dalam mengontrol suhu tungku pembakaran seperti menambah kayu Mahoni atau Sengon, sehingga efisiensi dan efektifitas nilai pembakaran meningkat.

Alfisa (2017), Suhu termasuk faktor alam yang sangat penting dalam kehidupan. Dalam dunia industri suhu atau temperatur merupakan informasi yang penting untuk diketahui dalam penentuan kualitas air maupun tanah. Pada industri moderen *system control* menjadi bagian yang penting pada proses-proses produksi. Beberapa faktor yang mempengaruhi perubahan siklus persentase tingkat akurasi dalam sistem kontrol salah satunya pengendalian suhu yang tepat. Penggunaan sensor suhu DS18B20 merupakan sensor untuk memonitor suhu suatu kondisi mesin atau peralatan yang suhunya dapat berubah-ubah. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menjelaskan karakter sensor DS18B20 yang digunakan pada beberapa alat atau teknologi. Penelitian ini juga bertujuan untuk mengetahui kekurangan dan kelebihan sensor DS18B20. Metode yang digunakan pada artikel ini yaitu *study literatur* atau literatur *review* yang didalamnya mencakup beberapa pengujian untuk memperoleh hasil yg maksimal. Dalam beberapa manfaat sensor DS18B20 adalah sebagai pendeteksi suhu air maupun dalam bidang perikanan ataupun perkebunan beberapa sensor juga diperlukan dalam bidang keahlian. Hasil penelitian ini didapatkan bahwa *system* pengendalian temperatur sensor DS18B20 berbasis mikrokontroler arduino mempunyai akurasi yang sangat baik rata-rata sebesar 99% pada pengukuran suhu <40°C dan memiliki keakuratan rata-rata 97,6% pada pengukuran >40°C. Dengan ini dapat disimpulkan bahwa sensor DS18B20 sangat efektif jika digunakan untuk mengukur suhu <40°C.

### **3. METODE PENELITIAN**

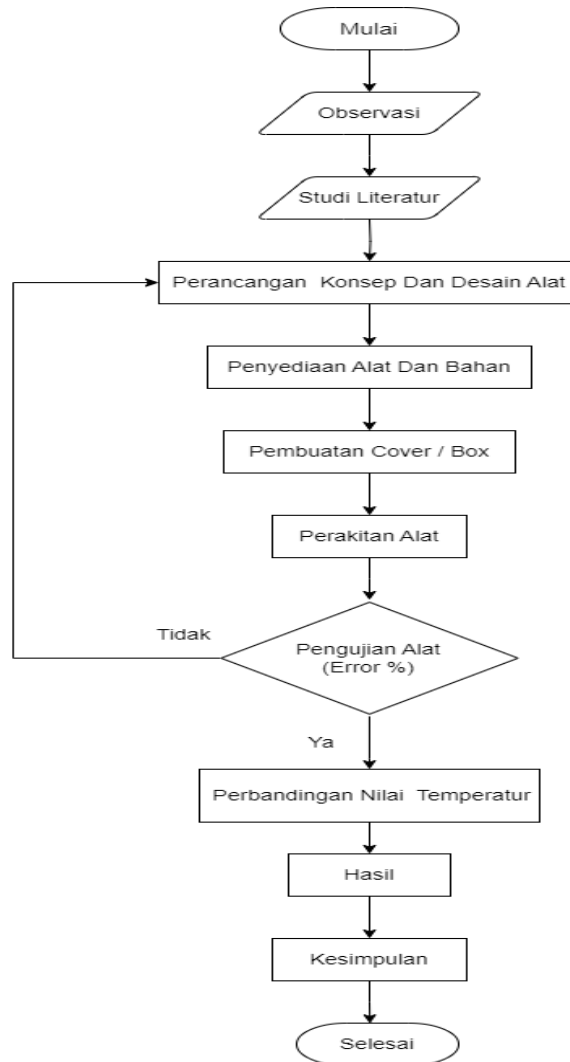
Metode penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan, yaitu perancangan, pembuatan, serta pengujian alat untuk memastikan alat berfungsi dengan baik. Penelitian ini dibagi menjadi dua fase utama. Fase pertama adalah perancangan dan pembuatan alat, sedangkan fase kedua adalah pengujian kinerja alat. Pada fase perancangan, proses dilakukan menggunakan perangkat lunak Autodesk Inventor, yang berfungsi untuk merancang model alat secara tiga dimensi (3D). Autodesk Inventor memungkinkan visualisasi alat yang dirancang secara akurat sebelum masuk ke tahap pembuatan. Proses perancangan mencakup semua komponen alat, seperti penempatan sensor suhu dan mikrokontroler.

Desain ini sangat penting untuk menentukan bagaimana alat akan beroperasi dan memastikan setiap komponen berada di tempat yang tepat. Pemilihan bahan juga diperhitungkan dengan seksama, terutama untuk memastikan alat mampu menahan suhu tinggi selama proses pembakaran arang. Selain itu, desain ini memungkinkan simulasi struktur mekanik, sehingga dapat mengidentifikasi potensi masalah yang mungkin timbul saat digunakan di lapangan. Setelah fase perancangan selesai, dilanjutkan dengan tahap pembuatan alat. Proses ini dilakukan di laboratorium kontrol Politeknik Negeri Bengkalis, yang terletak di Jl. Sungai Alam, Bengkalis. Laboratorium tersebut dilengkapi dengan peralatan yang dibutuhkan untuk memproduksi komponen-komponen alat dan kemudian merakitnya menjadi satu sistem utuh. Tahap perakitan mencakup pemasangan sensor suhu tipe K, yang merupakan komponen utama untuk memantau suhu selama proses pembakaran arang berlangsung.

Setelah pembuatan alat selesai, fase pengujian dilakukan di laboratorium untuk memastikan alat berfungsi dengan baik. Alat diuji pada berbagai kondisi suhu untuk mengukur kinerjanya. Pengujian ini sangat penting karena alat harus mampu mendeteksi suhu yang tinggi dengan akurasi yang baik. Sensor suhu tipe K dipilih karena kemampuannya mendeteksi suhu tinggi dan memberikan hasil yang akurat. Sensor ini menghasilkan tegangan yang sangat kecil dalam satuan mikrovolt, sehingga diperlukan rangkaian penguat (*amplifier*) untuk meningkatkan sinyal agar dapat dibaca oleh mikrokontroler. Dalam hal ini, digunakan IC MAX 6675, yang tidak hanya menguatkan sinyal tetapi juga mengkompensasi sambungan dingin dan mengubah sinyal analog menjadi digital. Data yang diperoleh dari sensor kemudian diolah oleh mikrokontroler Arduino Uno, yang menjadi pengendali utama sistem.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat ini mampu mendeteksi suhu hingga 83.75°C dengan akurasi yang memadai. Alat ini juga menunjukkan performa yang stabil dalam

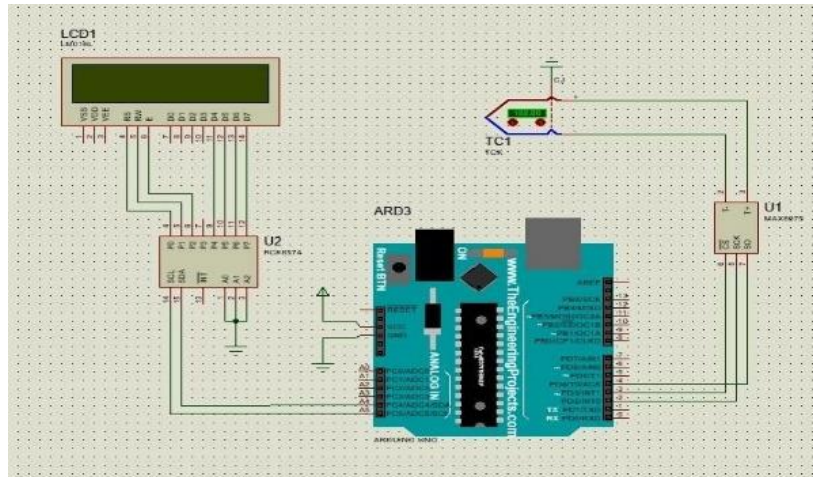
mendeteksi suhu, baik saat terdapat asap maupun saat tidak ada asap. Pengujian ini membuktikan bahwa sistem dapat berfungsi dengan baik dan siap untuk diimplementasikan di lapangan. Dengan adanya alat pemantau suhu ini, diharapkan proses pembakaran arang di Desa Jangkang dapat berlangsung lebih efisien dan aman, serta membantu mengurangi risiko kerusakan pada pipa dan komponen lainnya. Alat ini juga dapat membantu mengurangi polusi udara dengan mengoptimalkan proses pembakaran.



Gambar. 2 Diagram Alir Pembuatan Alat Pengontrol Suhu

#### 4. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Ketika merancang atau membuat Alat Pemantau Suhu untuk Pipa Pembakaran Arang Menggunakan Arduino Uno, penting untuk memperhatikan bahwa komponen-komponen dalam alat ini memerlukan pasokan daya yang cukup agar sistem pada alat tersebut dapat berjalan dengan sempurna. Komponen-komponen tersebut meliputi: Arduino Uno, *thermocouple* tipe K, modul MAX6675, I2C, LCD 16x2, *breadboard*, dan kabel jumper. Perlu diperhatikan bahwa sebelum seluruh perangkat diuji, pastikan bahwa semua komponen sudah terpasang dengan benar, sehingga saat alat diberi sumber tegangan, tidak terjadi korsleting.



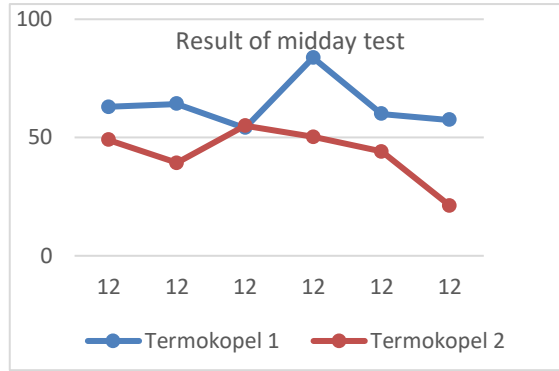
Gambar 3. Desain dan Perancangan Alat

Sensor suhu *thermocouple* merupakan sensor yang dibentuk dari dua jenis logam yang berbeda, di mana kedua ujung logam ini disambungkan pada titik yang dikenal sebagai *hot-junction* dan *cold-junction*. Hot-junction berfungsi sebagai titik utama pengukuran suhu, sedangkan cold-junction berperan sebagai titik acuan. Pada alat proyek akhir ini, sensor yang digunakan adalah *thermocouple* tipe K. Sensor ini berfungsi untuk mendeteksi suhu asap di dalam pipa, kemudian mengubah hasil deteksi tersebut menjadi nilai *analog to digital converter* (ADC), yang akan dibaca secara otomatis oleh modul Arduino Uno. Sensor ini bekerja dengan menghasilkan tegangan, di mana hasil pengukuran suhu kemudian diubah menjadi keluaran berupa tegangan.

Dalam pengujian pengambilan data tegangan ini, dilakukan pengujian pada dua waktu, yaitu pukul 12 siang dan pukul 12 malam. Berikut adalah hasil dari keseluruhan pengujian:

No	Nilai Temperatur			Tegangan	
	Termokopel 1	Termokopel 2	Pukul	Masuk	Keluar
1	63.00°C	49.00°C	12.00	5v	4,4v
2	64.25°C	39.25°C	12.00	5v	4,4v
3	54.00°C	55.00°C	12.00	5v	4,4v
4	83.75°C	50.25°C	12.00	5v	4,4v
5	60.00°C	44.00°C	12.00	5v	4,4v
6	57.50°C	21.25°C	12.00	5v	4,4v

Gambar 4. Tabel Hasil Pengujian Tengah Hari

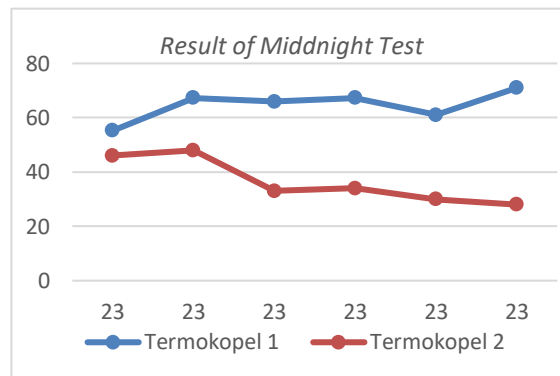


Gambar 5. Pengambilan data siang hari

Dari grafik pada Gambar 5, terlihat hasil pengujian pada pukul 12 siang dengan nilai perbandingan untuk *thermocouple* pertama, yaitu mencapai 83,75°C, dan untuk *thermocouple* kedua, mencapai 55°C. Dapat diamati bahwa suhu pada *thermocouple* pertama lebih tinggi dibandingkan dengan *thermocouple* kedua.

Tabel 2. Hasil Pengujian Malam Hari

No	Temperature value		clock	voltage	
	Termokopel 1	Termokopel 2		In	Out
1	55.25°C	46.00°C	23.00	5v	4,4v
2	67.25°C	48.00°C	23.00	5v	4,4v
3	66.00°C	33.00°C	23.00	5v	4,4v
4	67.25°C	34.00°C	23.00	5v	4,4v
5	61.00°C	30.00°C	23.00	5v	4,4v
6	71.00°C	28.00°C	23.00	5v	4,4v



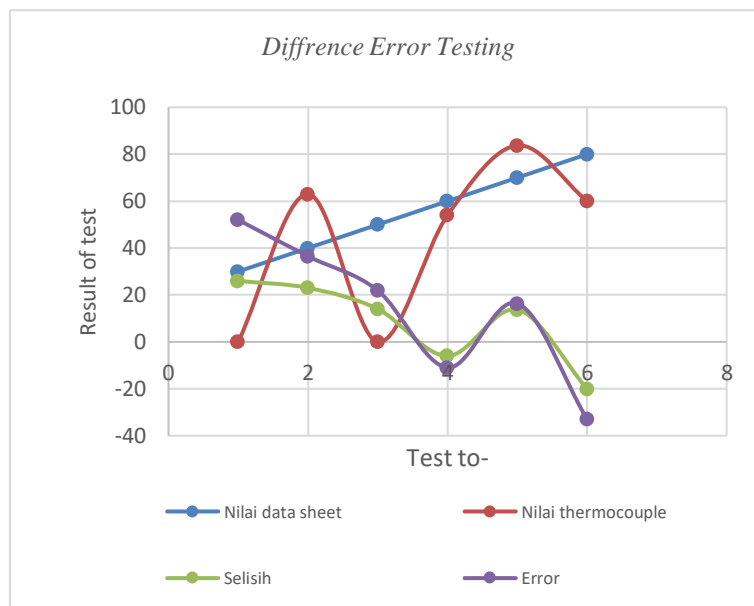
Gambar 6. Pengambilan Hasil Pengujian Malam Hari

Dari grafik pada Gambar 6, terlihat hasil pengujian pada pukul 11 malam dengan nilai perbandingan untuk *thermocouple* pertama yang mencapai 71°C, dan *thermocouple* kedua mencapai 48°C. Dapat dilihat bahwa suhu pada *thermocouple* pertama lebih tinggi dibandingkan dengan *thermocouple* kedua.

Proses pengambilan data ini bertujuan untuk mengetahui seberapa akurat kinerja sensor suhu *thermocouple* tipe K saat beroperasi. Berdasarkan nilai tegangan dari data sheet *thermocouple* tipe K dengan rentang nilai antara 0°C hingga 440°C, untuk menentukan nilai error pada sensor suhu, penulis menggunakan nilai pengukuran dari 30°C hingga 80°C. Data error pada pengujian *thermocouple* tipe K dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 3. Nilai Error

No	THERMOKOPEL TYPE-k			
	Datasheet value (°C)	Thermocouple Value (°C)	difference (°C)	Error (%)
1.	30	56,00	26	52
2.	40	63,00	23	36,50
3.	50	64,00	14	21,87
4.	60	54,00	-6	-11
5.	70	83,75	13,75	16,41
6.	80	60,00	-20	-33
Average				13.79



Gambar 7. Nilai Error Keseluruhan

### Perbandingan Nilai Dengan Thermometer Payung

Nilai perbandingan diambil untuk mengetahui seberapa akurat pengukuran suhu menggunakan *thermocouple* tipe K. Perbandingan dilakukan dengan menggunakan termometer payung, di mana pengukuran dilakukan dengan memasang sensor suhu *thermocouple* tipe K dan termometer payung pada pipa pembakaran arang. Kemudian, nilai suhu yang terdeteksi akan ditampilkan pada kedua sensor.

Pengujian untuk pengumpulan data suhu pada pipa pembakaran arang menggunakan sensor suhu *thermocouple* tipe K menghasilkan nilai suhu 47,75°C, sedangkan penggunaan termometer payung menghasilkan nilai suhu 48,16°C. Setelah pengujian dilakukan, dapat disimpulkan bahwa ketika mengukur nilai suhu asap menggunakan sensor *thermocouple* tipe

K dan termometer payung, nilai perbandingan yang diperoleh adalah 0,41°C. Pembacaan nilai yang dihasilkan lebih akurat menggunakan sensor *thermocouple* tipe K karena sistem pembacaannya bersifat digital.

## **5. KESIMPULAN DAN SARAN**

Dalam merancang sistem pemantauan suhu untuk pipa pembakaran arang menggunakan Arduino Uno dan sensor *thermocouple* tipe K, hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem ini berhasil mendeteksi suhu hingga 81,75°C dengan baik, serta menghasilkan tegangan keluaran yang konsisten baik saat mendeteksi asap maupun tidak. Sistem ini akan memantau suhu secara efektif, membantu menjaga daya tahan material pipa kondensor cairan asap, menyediakan pemantauan secara *real-time*, serta meningkatkan keamanan dan efisiensi dalam proses pembakaran arang mangrove.

Dalam merancang alat ini, Arduino Uno berfungsi sebagai platform kontrol utama yang mampu mengolah data dari sensor dan modul MAX6675 dengan efisien, dan hasil pengukuran suhu ditampilkan secara akurat pada LCD 16X2.

## **6. DAFTAR PUSTAKA**

- Rahman, T., & Lestari, W. (2020). Sistem Monitoring Suhu Asap dan Api Ruangan Server ICT Universitas Bina Inasan Menggunakan Arduini Berbasis. *Jusikom: Jurnal Sistem Komputer Musirawas*, 5(1), 33-40.
- Tandini, U. U. (2019). "Rancang Bangun Sistem Monitoring Dan Kontrol PemanasZat Cair Menggunakan Sensor Inframerah MLX90614 (Doctoral dissertation, Universitas Andalas).
- Langi, M., Sawidin, S., & Mappadang, J. L. (2017, July). Sistem Kontrol Tungku Pembakaran Tempurung Kelapa Menjadi Arang Dengan Arduino Uno. In *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar* (Vol. 8,pp. 627-633).
- Pradhana, C., & Machfuroh, T. (2020). Monitoring Pembakaran Suhu Batu Bata Konvensional Berbasis Mikrokontroler Arduino Dan IOT (Internet of Things). *Jupiter (Jurnal Pendidikan Anak Elektro)*, 5(2), 1-8.
- Huda, M., & Kurniawan, W. (2022). Analisa Sistem Pengendalian Temperatur Menggunakan Sensor DS18B20 Berbasis Mikrokontroler Arduino. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 7(02), 18-23.
- Eka, P., & Susi, H. (2018). Rancang Bangun Sistem Monitoring Suhu Ruangan Bagian Pembukuan Berbasis WEB Menggunakan Mikrokontroler Arduino Uno R3. *Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi*, 11(1), 18-33.
- Mariam, S., Pribadi, K., Heru, G. B., Rosidi, A., & Juarsa, M. (2013). Kalibrasi Termokopel Tipe-K pada Bagian Uji Heating-03 menggunakan cDAQ- 9188. *Sigma Epsilon*, 17(4), 160-168.
- Prayudha, Y. W. P., Fadhil, S., & Novianto, S. (2022). Rancang Bangun Sistem Pengukuran Alat Thermobath sebagai Alat Kalibrasi Temperatur dengan Sistem Arduino Uno. *Jurnal Asimetrik: Jurnal Ilmiah Rekayasa Dan Inovasi*, 25-34.

- Azhari, R. M., Azhar, A., & Kamal, M. (2019). Rancang Bangun Sistem Pengendalian Suhu dan Level Pada Proses Penyulingan Air Laut Menjadi Air Tawar Dengan Metode Boiling. *Jurnal Tektro*, 3(2).
- Fathulrohman, Y. N. I., & Saepulloh, A. (2019). Alat Monitoring suhu dan kelembaban menggunakan arduino uno. *Jurnal Manajemen Dan Teknik Informatika (JUMANTAKA)*, 2(1).
- Simbar, V., Sandra, R., & Syahrin, A. (2017). Prototype Sistem Monitoring Temperatur Menggunakan Arduino Uno R3 Dengan Komunikasi Wireless. *Jurnal Teknik Mesin Mercu Buana*, 5(4), 175-180
- Setyawan, R., Dewanto, Y., & Zariatn, D. (2018). Prototipe Alat Deteksi Kandungan Co Dan Hc Dalam Kabinkendaraan Menggunakan Mikrokontroler Arduino *Teknobiz: Jurnal Ilmiah Program Studi Magister Teknik Mesin*, 8(2), 55-60