

## **BAB II**

### **KAJIAN PUSTAKA**

#### **2.1 Landasan Teori**

Sistem akuisisi data merupakan salah satu bentuk teknologi dibidang instrumentasi dengan pengambilan dan pemrosesan data dari suatu besaran tertentu yang ingin diukur. Pengambilan data dari proses-proses pengerjaan suatu mesin ataupun penggunaan sistem akuisisi data dapat mempermudah proses pengambilan data sehingga data langsung dapat digunakan. (K. Anwar et al., 2022).

Proses akuisisi data ini bisa berbagai macam salah satunya yakni akuisisi data temperatur. Tujuan akuisisi data yakni melakukan pengambilan data dari sebuah objek dan menganalisis hasil dari pengambilan data tersebut.

##### **2.1.1 Oven Briket**

Oven adalah alat yang digunakan untuk mengeringkan suatu bahan basah menjadi bahan kering agar dapat disimpan dalam jangka waktu yang lama. Proses pengeringan dengan oven menggunakan media yang dapat menampung suhu panas secara konstan sehingga bisa mendapatkan hasil pembakaran yang sempurna. (Purnomoaji et al., 2019). Oven memiliki berbagai jenis berdasarkan sumber panasnya. Pertama adalah oven listrik, oven ini menggunakan energi listrik sebagai sumber panasnya dan biasanya memiliki bentuk yang lebih kecil, sehingga hemat tempat. Oven listrik ini telah dipakai dalam penelitian oleh (Purnomoaji et al., 2019), dengan menerapkan oven listrik hemat energi dan ramah lingkungan dengan

pengontrolan on-off berbasis Arduino Nano. Lalu oven gas, oven gas ini menggunakan gas elpiji sebagai sumber panasnya dan biasanya menghasilkan hasil pangangan yang agak lembab, seperti penelitian yang dilakukan oleh (Rahman et al., 2023), dengan oven yang dirancang akan dinyalakan menggunakan bahan bakar gas LPG (*Liquid Petroleum Gas*) sudah dilengkapi dengan pengaturan suhu api yang telah diatur sesuai dengan keinginan seperti waktu dan suhu pemanggangan juga oven yang bisa diatur dengan sudut kemiringan suhu pengarah api yang telah di atur posisinya agar apa yang di panggang matang merata. Lalu selanjutnya ada oven uap yang memiliki wadah air dan ruang ketel untuk menghasilkan uap panas saat memanggang. Lalu jenis berikutnya yakni oven tradisional yang biasanya menggunakan kayu atau arang sebagai sumber panasnya dan sering digunakan untuk memanggang pizza atau roti. Penelitian yang menggunakan oven tradisional ini telah dilakukan oleh (Wardhanaa et al., 2021), dengan menggunakan bahan bakar yang digunakan adalah arang kayu dan limbah tempurung kelapa. Jenis bahan bakar ini dipilih karena ketersediaanya yang melimpah, harga yang ekonomis dan nilai kalor yang cukup tinggi. Terakhir, Oven Konvensional adalah oven yang pemakaiannya diletakkan di atas tungku atau kompor sebagai sumber panas.

Dari berbagai jenis oven tersebut pada penelitian ini oven briket termasuk pada oven jenis tradisional karena sumber panasnya berasal dari biomassa atau kayu. Oven briket yang dipakai untuk penelitian ini memiliki panjang 5,9 meter dengan lebar 3,2 meter dan tinggi 2,9 meter. Didalam oven briket dimasukan rak yang akan menampung briket untuk dilakukan pengeringan. Proses pengeringan dilakukan dengan bantuan panas yang bersumber dari tungku di belakang oven.

Bahan bakar tungku oven briket adalah kayu besar. Lama proses di dalam oven kurang lebih sekitar 2 hari dengan suhu sesuai SOP dari pabrik.

### 2.1.2 Briket



Gambar 2.1 Briket Batok Kelapa

Sumber: (Seto. N., 2023).

Gambar 2.1 merupakan gambar dari arang briket batok kelapa. Tanaman kelapa (*Cocos Nucifera* L) merupakan tanaman serbaguna yang mempunyai nilai ekonomi tinggi. Kelapa disebut sebagai “raja serat tropis” dan "pohon kehidupan". Asia Tenggara dianggap sebagai daerah asal kelapa. Batok kelapa adalah bahan alami yang tersedia berlimpah. Batok kelapa banyak digunakan aplikasi dan jumlahnya cukup banyak diekspor. (Shruthi H et al., 2008)

Batok kelapa merupakan limbah dari buah kelapa yang memiliki material paling keras dengan karakteristik warna coklat dengan guratan yang menjadikan daya tarik untuk bahan kerajinan, ketebalan permukaan yang tidak rata, kuat dan tahan air. (Setyowati & Puspa D, 2019).

Menurut (Anwar et al., 2016). pada negara berkembang, limbah batok kelapa yang melimpah hanya dibuang begitu saja, limbah ini dapat digunakan sebagai bahan potensial atau bahan pengganti dalam industri. Hal ini akan memberi

keuntungan ganda dari penambahan nilai moneter batok kelapa dan juga sebagai sarana pembuangan limbah.

Campuran pembuatan briket selain dari arang batok kelapa yakni menggunakan tepung kanji sebagai perekat dan air sebagai bahan tambahan pencampuran semua bahan. Penelitian yang telah dilakukan oleh (Ningsih. A. & Hajar. I., 2019), dapat disimpulkan bahwa penggunaan bahan perekat tepung kanji ternyata memberikan keteguhan tekan yang lebih baik jika dibandingkan dengan tepung sagu sehingga tidak mudah hancur dan mempermudah dalam proses pengemasan.

### **2.1.3 Heat Exchanger**

Menurut (Erwin et al., 2022) Heat exchanger atau perpindahan kalor merupakan proses yang melibatkan penghasilan, penggunaan, konversi, dan pemindahan kalor karena perbedaan suhu. Laju perpindahan kalor dipengaruhi oleh selisih suhu antara dua kondisi (lebih panas dan lebih dingin). Perpindahan kalor dapat terjadi melalui konduksi, konveksi, atau radiasi, dan biasanya disalurkan secara seri atau paralel. Dalam heat exchanger, perpindahan kalor terjadi melalui konduksi dan konveksi, dan harus ada keseimbangan energi, yaitu jumlah kalor yang dikeluarkan oleh fluida bersuhu tinggi harus sama dengan jumlah kalor yang masuk ke fluida bersuhu rendah.

Sederhananya *heat exchanger* ini adalah proses dimana panas berpindah dari tempat yang panas ke tempat yang lebih dingin. Kecepatan perpindahan panas tersebut dipengaruhi oleh berapa besar perbedaan suhunya. Terdapat 3 cara

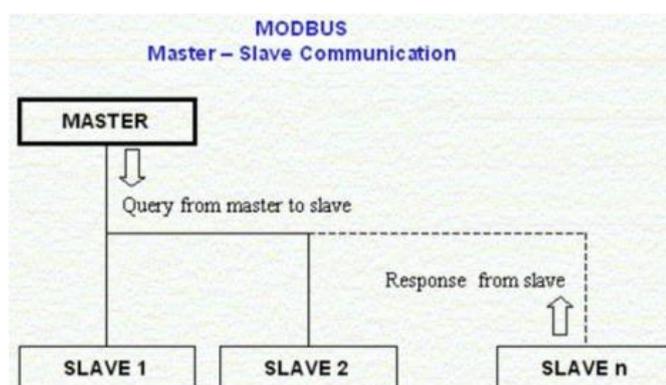
perpindahan panas ini diantaranya melalui benda padat (konduksi), cairan atau gas (konveksi), atau bahkan melalui ruang kosong (radiasi).

Menurut (Zohuri, 2017) menyebutkan klasifikasi heat exchanger berdasarkan jenis konstruksinya diantaranya, *tubular heat exchangers*, *plate heat exchangers*, *plate fin heat exchanger*, *tube fin heat exchanger*, *printed circuit heat exchanger* dan *regenerative heat exchanger*.

#### 2.1.4 Protokol Komunikasi Modbus

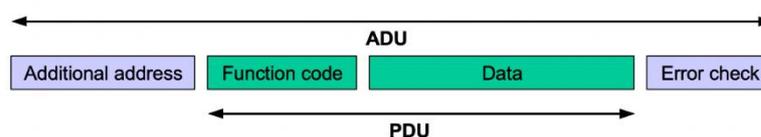
Modbus berasal dari kata ModIcon dan Bus, adalah protokol komunikasi yang dikembangkan oleh ModIcon pada tahun 1979. komunikasi ini dibuat dalam rangka komunikasi berjaringan antara Client dan Server. ModIcon membuka teknologinya secara cuma-cuma dan teknologi ini mendapat sambutan yang baik sebagai protokol komunikasi pada zaman itu. (Pratama & Andrasto, n.d.).

Modbus sering digunakan untuk menghubungkan komputer pengawasan dengan unit terminal remote (RTU) kontrol pengawasan dan akuisisi data (SCADA) sistem. Versi protokol Modbus ada untuk baris serial (Modbus RTU dan Modbus ASCII) dan untuk Ethernet (Modbus TCP). (Chandra, 2016).



Gambar 2.2 Modbus Communication  
Sumber: (Qamara. Z. et al., 2018).

Gambar 2,2 merupakan alur komunikasi modbus yakni komunikasi antara *master* dengan *slave*. Jaringan Modbus terdiri dari master dan beberapa slave. *Master* yang berinisiatif memulai komunikasi antara lain menulis data, membaca data dan mengetahui status slave. Permintaan *master* disebut juga sebagai *request* atau *query*. Slave hanya bersifat pasif/menunggu atau dengan kata lain slave hanya merespon jika ada permintaan/*query* dari *Master*. Pesan yang dipertukarkan antara *master* dan *slave* disebut frame. Ada dua jenis frame Modbus: *Protocol Data Unit* (PDU) dan *Application Data Unit* (ADU). *Frame* PDU berisi kode fungsi diikuti oleh data. Kode fungsi merupakan tindakan untuk melakukan dan data merupakan informasi yang akan digunakan untuk tindakan ini. *Frame* ADU menambahkan lebih sedikit kompleksitas dengan bagian alamat tambahan. *Frame* ADU juga menyediakan beberapa pengecekan error. (Qamara. Z. et al., 2018).



Gambar 2.3 Frame Format Modbus  
Sumber: (Dietrich. S., 2023).

Seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya pada penelitian yang dilakukan oleh (Qamara. Z. et al., 2018) Bahwa pada Gambar 2.3, *frame format* PDU hanya

terdiri dari kode fungsi dan data sedangkan pada *frame format* ADU terdiri dari alamat tambahan, kode fungsi, data, pengecekan error.

Menurut (Pagare et al., 2020), kode fungsi merupakan kode yang digunakan untuk menentukan jenis operasi yang harus dilakukan dalam komunikasi antara perangkat master dan slave. Ada beberapa kode fungsi yang umum digunakan dalam komunikasi modbus diantaranya:

Tabel 2.1 *Function Code* Komunikasi Modbus  
Sumber: (Dietrich. S., 2023).

<i>Function Code</i>	<i>Function</i>
1	Membaca beberapa Coils
2	Membaca beberapa Input Discrete
3	Membaca Beberapa Register Holding
4	Membaca Beberapa Input Register
5	Menulis Single Coil
6	Menulis Single Register Holding
15	Menulis Beberapa Coils
16	Menulis Beberapa Register Holding

Tabel 2.1 merupakan function code yang digunakan pada komunikasi modbus yang merupakan perintah *master* kepada *slave*. Lalu pada *frame format* dicantumkan Data. Menurut (Pagare et al., 2020), data merupakan informasi yang diperlukan untuk melakukan operasi yang dimana data ini harus ditentukan oleh pengguna yang biasanya terdiri dari 0 hingga 252 byte.

Pada urutan terakhir di *frame format* terdapat pengecekan error atau CRC. Menurut (Jaimeen N. & Chhatrawala., 2016), CRC, atau *Cyclic Redundancy Check*, adalah metode yang digunakan dalam protokol komunikasi Modbus untuk deteksi kesalahan. Dua byte CRC ditambahkan ke akhir setiap pesan Modbus. Setiap byte

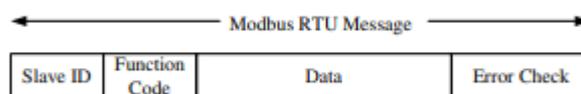
dalam pesan digunakan untuk menghitung CRC. Perangkat *slave* juga menghitung CRC dan membandingkannya dengan CRC dari perangkat *master*. Jika ada satu bit pun dalam pesan yang diterima dengan tidak benar, CRC akan berbeda dan akan menghasilkan kesalahan. Jadi, CRC adalah mekanisme penting yang membantu memastikan integritas data dalam komunikasi Modbus. Jika CRC yang dihitung oleh perangkat *slave* tidak cocok dengan CRC yang dikirim oleh perangkat *master*, maka perangkat *slave* tahu bahwa ada kesalahan dalam transmisi dan dapat meminta perangkat *master* untuk mengirim ulang pesan tersebut. Ini membantu mencegah kesalahan komunikasi dan memastikan bahwa data yang diterima adalah akurat.

### 2.1.5 Modbus RTU

Protokol Modbus-RTU dikembangkan sejak tahun 1979. Akibatnya, protokol ini memiliki keterbatasan tertentu sehubungan dengan persyaratan sistem otomasi dan kontrol saat ini, termasuk kecepatan transmisi yang rendah, jumlah perangkat jaringan yang terbatas, topologi master tunggal, dan tidak adanya mekanisme untuk memperbaiki pesan yang rusak karena kesalahan transmisi. (Urrea et al., 2016)

Modbus RTU (Remote Terminal Unit) merupakan varian Modbus yang digunakan pada komunikasi serial. Modbus RTU berjalan pada layer Data Link OSI Model sedangkan pada layer fisik menggunakan RS-485 dan RS-232. (G Jakaboczki & E Adamko, 2015).

Format frame pada Modbus RTU terdiri dari *start bit*, *slave ID*, *function code*, *data*, *Cyclic Redundant Check (CRC)*. Keuntungan dari Modbus RTU adalah lebih efisien dalam komunikasi karena dapat mengirim lebih banyak data dalam baud rate yang sama. Setiap data yang dikirim memiliki waktu tunda antara 1,5 sampai dengan 3,5 karakter pada awal dan akhir pesan dari baud rate yang dipakai (M. Agus & Tosin, 2021). Ini menunjukkan bahwa Modbus RTU memiliki jenis *frame format* ADU atau *Application Data Unit*.



Gambar 2.4 Modbus RTU Frame Format  
Sumber: (Kuang et al., 2012).

*Frame Format* modbus jenis RTU ditunjukkan oleh Gambar 2.4 yaitu format komunikasi modbus. Menurut (Kuang et al., 2012), dijelaskan bahwa isi dari *frame format* modbus RTU yaitu:

- a) **Slave ID:** Ini adalah alamat unik dari perangkat slave dalam jaringan Modbus. Slave ID digunakan oleh perangkat master untuk menentukan perangkat mana yang harus merespon pesan.
- b) **Function Code:** *Function Code* digunakan oleh *master* untuk memberi tahu *slave* operasi apa yang harus dilakukan.
- c) **Data:** Data merupakan informasi yang diperlukan untuk melakukan operasi yang dimana data ini harus ditentukan oleh pengguna.
- d) **Error Check:** *Cyclic Redundant Check*, digunakan oleh penerima pesan untuk verifikasi apakah ada kesalahan.

Contoh *frame format* pada protokol komunikasi modbus khususnya modbus RTU ditunjukkan oleh tabel 2.2.

Tabel 2.2 Contoh Frame Format Modbus RTU

<b>01</b>	<b>03</b>	<b>006B 0001</b>	<b>CRC</b>
Slave ID	<i>Function Code</i>	Data	Error Check

- a) **Slave ID (01)**: Ini adalah alamat unik dari sensor suhu dalam jaringan Modbus.
- b) **Function Code (03)**: Kode ini menunjukkan bahwa kita ingin “Baca Beberapa Register Holding”.
- c) **Data (006B 0001)**: 006B adalah alamat awal register yang harus dibaca (di mana sensor menyimpan nilai suhu), dan 0001 menunjukkan bahwa kita hanya ingin membaca satu register.
- d) **Error Check**: Ini adalah dua byte yang ditambahkan ke akhir setiap pesan Modbus untuk deteksi kesalahan. Nilai CRC ini dihitung berdasarkan alamat slave, kode fungsi, dan data.

### 2.1.6 Termokopel

Sensor termokopel dibuat berdasarkan pada sifat-sifat termal logam. Jika sebuah batang logam dipanaskan pada salah satu ujungnya maka elektron-elektron pada ujung logam tersebut akan bergerak semakin aktif dan akan menempati ruang yang semakin luas, elektron-elektron saling berdesakan dan bergerak ke arah ujung batang yang tidak dipanaskan. Dengan demikian pada ujung batang yang dipanaskan akan terjadi muatan positif dan yang tidak dipanaskan menjadi muatan

negatif. (Wendri et al., 2012).

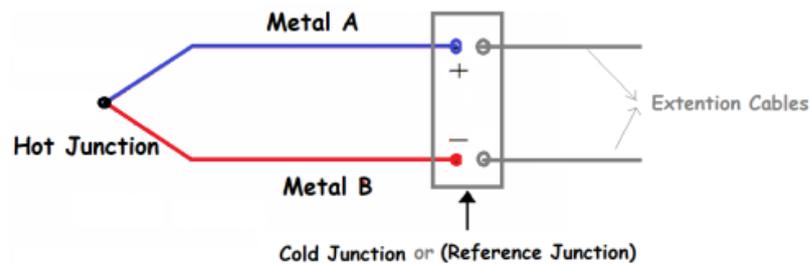
Sensor termokopel adalah alat yang mampu mengkonversi variasi suhu menjadi variasi tegangan. Hal ini terjadi karena setiap logam memiliki kerapatan yang berbeda, yang tergantung pada massa jenis logam tersebut. Apabila dua jenis logam digabungkan pada kedua ujungnya dan dipanaskan, maka elektron dengan kerapatan tinggi akan berpindah ke logam dengan kerapatan lebih rendah. Sehingga, tercipta perbedaan tegangan di antara kedua ujung termokopel tersebut.

Tabel 2.3 Macam Macam Termokopel  
Sumber: (Effendrik et al., 2014).

Jenis Termokopel	Logam Positif	Logam Negatif	Rentang Suhu
Tipe B	Platinum-30% Rhodium	Platinum-6% Rhodium	1370-1700°C
Tipe E	Nickel-Chromium	Constantan	-200-900°C
Tipe J	Iron	Constantan	0-750°C
Tipe K	Nickel-Chromium	Nickel-Alumel	-200-1250°C
Tipe N	Nicrosil	Nisil	0-1250°C
Tipe R	Platinum-13% Rhodium	Platinum	0-1450°C
Tipe S	Platinum-10% Rhodium	Platinum	0-1450°C
Tipe T	Copper	Constantan	-200-350°C

Jika mengacu pada Tabel 2.2, termokopel dibentuk dari 2 jenis logam yang berbeda dan ujung dari 2 logam tersebut direkatkan bersamaan. Pada termokopel dikenal istilah *hot-junction* dan *cold-junction*. *Hot-junction* berfungsi sebagai titik pengukuran, sedangkan *cold-junction* berfungsi sebagai titik referensi. *Cold-junction* dapat dihubungkan dengan sumber panas dengan suhu 0°C atau

dihubungkan dengan rangkaian elektronika untuk mengkompensasi suhu  $0^{\circ}\text{C}$  tersebut. Apabila pada sambungan termokopel terkena panas, maka akan timbul tegangan Seebeck yang merupakan fungsi hubungan antara suhu dan komposisi kedua logam. (Jiwatami, 2022).



Gambar 2.5 Struktur Termokopel  
Sumber: (Jiwatami, 2022).

Pada gambar 2.5 merupakan struktur didalam sensor termokopel yang terdiri dari 2 jenis logam berbeda. Pada efek Seebeck menjelaskan jika dua material yang berbeda dalam suatu rangkaian dijaga pada temperatur yang berbeda, akan timbul tegangan. Arus listrik akan mengalir ketika rangkaian tersebut tertutup. Lalu koefisien Seebeck adalah ukuran dari tegangan yang dihasilkan per perubahan suhu. Untuk logam, koefisien Seebeck relatif kecil. Oleh karena itu, dalam perkembangan manufaktur, bahan logam sering digantikan dengan bahan semikonduktor. (Latif et al., 2015)

Jadi, hubungan antara efek Seebeck dan koefisien Seebeck adalah bahwa efek Seebeck adalah fenomena fisik yang mendasari, dan koefisien Seebeck adalah ukuran kuantitatif dari fenomena tersebut. Untuk nilai koefisien seebeck berdasarkan jenis logam yang dipakai ditunjukkan oleh Tabel 2.4.

Tabel 2.4 *Electromotive Force* atau Koefisien Seebeck  
Sumber: (Camuffo, 2019).

<b>Junction</b>	<b>EM force (<math>\mu\text{V}/^\circ\text{C}</math>)</b>
Iron–constantan	52
Copper–constantan	43
Copper–manganin	41
Manganin–constantan	41
Chromel–alumel	41
Platinum–constantan	34
Platinum–rhodium	6.4

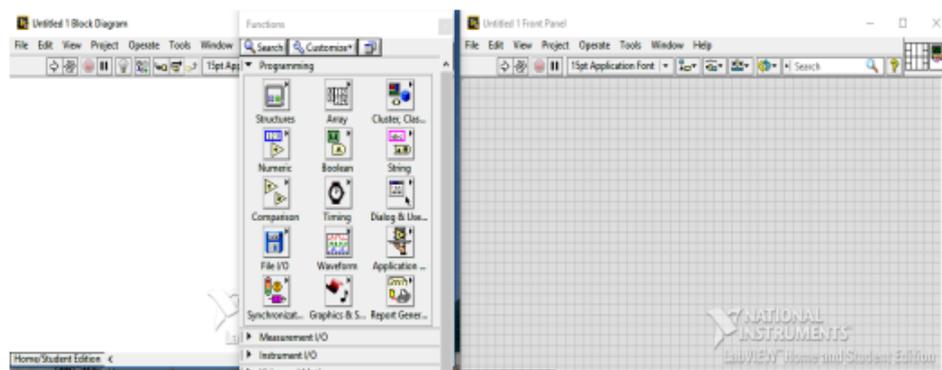
Pada penelitian ini termokopel yang digunakan merupakan *type-K*. Menurut (Wendri et al., 2012), Termokopel tipe K umumnya digunakan untuk penelitian dengan sensitivitas yang relatif besar dibandingkan dengan sensor termokopel lainnya yaitu sebesar  $40,6 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$ . Termokopel tipe K mengalami ketidaklinieran antara output tegangan dengan suhu pada sekitar  $150^\circ\text{C}$ . Untuk rentang pengukuran yang kecil hubungan antara suhu dengan tegangan bersifat linier. Selain itu termokopel tipe K relatif lebih murah dan mudah ditemukan di pasaran.

### 2.1.7 LabVIEW

LabVIEW (Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench), merupakan instrumentasi virtual yang diproduksi oleh National Instruments, berupa sebuah sistem perangkat lunak yang dikembangkan dengan tujuan utama untuk akuisisi data dan sistem kontrol yang berbasis pemrograman grafik secara real time.

LabView merupakan bahasa pemrograman secara grafis, dengan menggunakan icon yang dihubungkan oleh suatu garis (wire) untuk menciptakan suatu aplikasi LabView (Virtual Instrument, VI). Dengan LabView dapat didesain virtual instruments dengan membuat grafik interface dilayar komputer yang memungkinkan untuk mengoperasikan program instrument, mengontrol hardware, menganalisa data dan menampilkan hasil (Suryantoro & Budiyanto, 2019).

Menurut (Sabani & Sumanto, 2021), LabVIEW digunakan dalam sistem akuisisi data (DAQ). LabVIEW menyediakan berbagai fasilitas sehingga proyek dapat diselesaikan lebih cepat. LabVIEW juga mendukung banyak perangkat keras termasuk Arduino. Dengan menggunakan library LINX dari Makerhub, praktikum DAQ mendekati standar industri dapat dilakukan dengan harga terjangkau. *Dashboard* pada LabVIEW ditunjukkan oleh Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Software LabVIEW  
Sumber: (Suryantoro & Budiyanto, 2019).

### 2.1.8 Analisis Kinerja

Menurut (Komaruddin, 2001), Pengertian analisis adalah kegiatan berpikir untuk menguraikan suatu keseluruhan menjadi komponen sehingga dapat mengenal

tanda-tanda komponen, hubungannya satu sama lain dan fungsi masing-masing dalam satu keseluruhan yang terpadu.

Berdasarkan pendapat tersebut maka bisa disimpulkan analisis merupakan proses menguraikan sesuatu yang rumit atau banyak menjadi mudah atau sedikit tanpa mengurangi nilai dari sebelumnya. Dalam penelitian merujuk pada analisis kinerja sistem akuisisi data temperatur oven briket dengan menggunakan protokol komunikasi modbus, yang dimana dalam proses analisis kinerja tidak lepas dari rumus yang harus digunakan. Maka dari itu rumus yang digunakan untuk analisis kinerja sistem merujuk ke penelitian yang dilakukan oleh (Hossin & Sulaiman, 2015).

	Actual Positive Class	Actual Negative Class
Predicted Positive Class	True positive ( <i>tp</i> )	False negative ( <i>fn</i> )
Predicted Negative Class	False positive ( <i>fp</i> )	True negative ( <i>tn</i> )

Gambar 2.7 Confusion Matrix

Sumber: (Hossin & Sulaiman, 2015)

Gambar 2.7 merupakan gambar confusion matrix. Menurut (Singh et al., 2021), Confusion Matrix adalah tabel yang digunakan untuk menentukan kinerja algoritma klasifikasi. Confusion Matrix memvisualisasikan dan merangkum kinerja algoritma klasifikasi. Rumus rumus yang dihasilkan oleh *confussion matrix* ditunjukkan oleh Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Rumus dari Confusion Matrix

Sumber: (Hossin &amp; Sulaiman, 2015)

Metrics	Formula	Fokus Evaluasi
Accuracy (acc)	$\frac{tp + tn}{tp + fp + tn + fn}$	Metrik akurasi mengukur rasio prediksi yang benar terhadap total jumlah instance yang dievaluasi.
Error Rate (err)	$\frac{fp + fn}{tp + fp + tn + fn}$	Kesalahan klasifikasi mengukur rasio prediksi yang salah terhadap total jumlah instance yang dievaluasi.
Sensitivity (sn)	$\frac{tp}{tp + fn}$	Metrik ini digunakan untuk mengukur fraksi pola positif yang diklasifikasikan dengan benar.
Specificity (sp)	$\frac{tn}{tn + fp}$	Metrik ini digunakan untuk mengukur fraksi pola negatif yang diklasifikasikan dengan benar.
Precision (p)	$\frac{tp}{tp + fp}$	Presisi digunakan untuk mengukur pola positif yang diprediksi dengan benar dari total pola yang diprediksi dalam kelas positif.
Recall (r)	$\frac{tp}{tp + fn}$	Recall digunakan untuk mengukur fraksi pola positif yang diklasifikasikan

		dengan benar.
F-Measure (FM)	$\frac{2 \times p \times r}{p + r}$	Metrik ini merepresentasikan rata-rata harmonis antara nilai recall dan presisi.
<b>Metrics</b>	<b>Formula</b>	<b>Fokus Evaluasi</b>
Geometric-mean (GM)	$\sqrt{tp \times tn}$	Metrik ini digunakan untuk memaksimalkan tingkat tp dan tingkat tn, serta menjaga keseimbangan kedua tingkat tersebut.
Averaged Accuracy	$\frac{\sum_{i=1}^l \frac{tp_i + tn_i}{tp_i + fn_i + fp_i + tn_i}}{l}$	Efektivitas rata-rata dari semua kelas.
Averaged Error Rate	$\frac{\sum_{i=1}^l \frac{fp_i + fn_i}{tp_i + fn_i + fp_i + tn_i}}{l}$	Rata-rata kesalahan dari semua kelas.
Averaged Precision	$\frac{\sum_{i=1}^l \frac{tp_i}{tp_i + fp_i}}{l}$	Rata-rata presisi per-kelas.
Averaged Recall	$\frac{\sum_{i=1}^l \frac{tp_i}{tp_i + fn_i}}{l}$	Rata-rata recall per-kelas.
Averaged F-Measure	$\frac{2 \times p_M \times r_M}{p_M + r_M}$	Rata-rata F-measure per-kelas.

Berdasarkan tabel 2.5 untuk menilai kinerja sistem dapat menggunakan persamaan 2.1 sampai 2.8 dengan rincian sebagai berikut:

$$Accuracy (acc) = \frac{tp+tn}{tp+fp+tn+fn} \quad (2.1)$$

$$Error Rate (err) = \frac{fp+fn}{tp+fp+tn+fn} \quad (2.2)$$

$$Sensitivity/Recall (sn/r) = \frac{tp}{tp+fn} \quad (2.3)$$

$$Precision (p) = \frac{tp}{tp+fp} \quad (2.4)$$

$$F - Measure (FM) = \frac{2 \times p \times r}{p+r} \quad (2.5)$$

$$Geometric Mean (GM) = \sqrt{tp + tn} \quad (2.6)$$

## 2.2 Penelitian Terkait

Ada beberapa penelitian yang mengkaji mengenai akuisi data temperatur. Namun penelitian tersebut memiliki karakteristik dan hasil yang berbeda. Penelitian yang terkait dengan penelitian yang dilakukan ditunjukkan oleh tabel 2.6.

Tabel 2.6 Penelitian Terkait

No	Judul Jurnal	Penulis, Tahun	Pembahasan Jurnal
1	Sistem Akuisisi Data Temperatur Showcase Berbasis IoT Menggunakan ESP32 dengan Sensor Termokopel dan Logging ke Google Spreadsheets	(Ananda Pratama & Arman, 2023)	Penelitian ini membahas mengenai akuisisi data menggunakan ESP32 dengan sensor termokopel type-k melalui modul MAX6675. Lalu untuk data disimpan ke google spreadsheet. Data yang sudah tersimpan dapat diakses maksimal oleh 3 device menggunakan <i>link</i> google spreadsheet.

2	Akuisisi Data Pengukuran Temperatur Berbasis LABVIEW	(Aziz et al., 2021)	Penelitian ini membahas mengenai akuisisi data menggunakan raspberry pi berbasis LabVIEW dengan sensor DS18B20 sebagai transduser. Raspberry pi sebagai pengkondisi sinyal dan converter analog ke digital lalu LabVIEW sebagai perangkat lunak akuisisi data. Data yang diperoleh dapat ditampilkan di panel depan LabVIEW setiap 5 detik.
<b>No</b>	<b>Judul Jurnal</b>	<b>Penulis, Tahun</b>	<b>Pembahasan Jurnal</b>
3	<i>Design of Multi-Channel Temperature Acquisition System Based on STM32</i>	(Rui Pei & Yushuai Cao., 2023)	Penelitian ini membahas mengenai desain sistem akuisisi data suhu multi saluran, yang digunakan untuk memantau distribusi suhu dalam proses pemrosesan elektrokimia. Sistem ini menggunakan sensor suhu DS18B20 dan mikrokontroler STM32F103RCT6. Sistem ini menunjukkan respon yang cepat, operabilitas yang kuat, dan akurasi akuisisi yang tinggi.
4	<i>Development of an Arduino-based Data Acquisition Device for Monitoring Solar PV System Parameters</i>	(Sugiartha et al., 2018)	Penelitian ini membahas mengenai sistem akuisisi data berbasis Arduino untuk memantau parameter sistem fotovoltaik surya (PV). Perangkat yang dipakai adalah Arduino Mega, sensor tegangan dan arus FZ0430, sensor suhu DS18B20, sensor

			kelembaban DHT22, modul penyimpanan SD Card, dan modul LCD. Perangkat ini diuji pada prototipe sistem PV dan berhasil memantau parameter seperti tegangan, arus, suhu panel, suhu sekitar, dan kelembaban lalu menyimpan data dengan interval 10 menit.
5	Pembuatan Sistem Akuisisi Data Pengukur Suhu Menggunakan Labview Interface For Arduino (LIFA)	(Jamzuri, 2016)	Penelitian ini membahas sistem akuisisi data pengukur suhu menggunakan LabVIEW yang bertujuan untuk perbandingan antara suhu yang diukur menggunakan beberapa termometer dengan data yang dihasilkan sensor LM35.
<b>No</b>	<b>Judul Jurnal</b>	<b>Penulis, Tahun</b>	<b>Pembahasan Jurnal</b>
6	SISTEM AKUISISI DATA SUHU DAN KELEMBABAN TANAH PADA IRIGASI TETES OTOMATIS BERBASIS INTERNET OF THINGS	(Suryatini et al., 2018)	Penelitian ini membahas mengenai sistem akuisisi data suhu dan kelembaban tanah pada irigasi, yang bertujuan untuk melakukan akuisisi data pada irigasi tetes otomatis untuk mengukur suhu lingkungan dan kelembaban tanah menggunakan sensor suhu DS18B20 dan sensor kelembaban tanah SEN:0193 berbasis Internet of Things (IoT).

Penelitian terkait berfungsi sebagai analisa dan menambah pembahasan penelitian, serta membedakannya dengan penelitian yang sedang dilakukan. Dalam penelitian ini disertakan 2 jurnal internasional dan 4 jurnal nasional sebagaimana disertakan dalam tabel 2.1 yang berhubungan dengan konsep sistem akuisisi data diantaranya sebagai berikut:

1. Penelitian pada Tabel 2.6 poin 1 yakni dengan metode penelitian melakukan tiga tes utama diantaranya pengujian kesalahan sensor, pengujian logging data dan pengujian akses Goggle Spreadsheet. Pengujian kesalahan sensor yakni dengan cara membandingkan nilai suhu sensor MAX6675 dengan termometer digital. Tes dilakukan dengan mengukur suhu air selama periode satu jam dengan data dikumpulkan setiap 10 detik. Pengujian data logging yakni dengan cara membandingkan jumlah data yang dikirim ke Serial Monitor Arduino IDE dengan jumlah data yang diterima di Google Spreadsheet. Tes ini dilakukan tiga kali, dengan durasi satu jam, tiga jam, dan lima kam, dan data dikumpulkan setiap 10 detik. Pengujian akses Google Spreadsheet dengan cara melibatkan akses spreadsheet menggunakan tiga *smartphone* android secara bersamaan untuk memastikan pemrosesan dan visualisasi data yang mudah.
2. Penelitian pada tabel 2.6 poin 2 menyatakan bahwa penerapan sistem akuisi data menggunakan LabVIEW dan Raspberry Pi untuk pengukuran suhu. Prototipe sistem akuisi data diimplementasikan secara real-time, dengan input dari sensoe suhu DS18B20 yang dikondisikan oleh Raspberry Pi dan diproses di LabVIEW. Sistem ini mampu berfungsi sebagai sistem pemantauan, pencatat data, atau sistem kontrol pabrik. Proses umum akuisisi data melibatkan membaca informasi sensor, mengubahnya menjadi bentuk digital menggunakan ADC, dan menyimpannya dalam memori.
3. Penelitian pada tabel 2.6 poin 3 mengusulkan sistem akuisisi suhu multi-saluran berdasarkan STM32 dengan memanfaatkan sensor suhu DS18B20. Desain sistem mengikuti struktur “Main Controller + Function Module” dan mencakup

beberapa sensor suhu DS18B20 untuk akuisisi suhu. Sistem ini menggunakan pemrosesan anti-interferensi penyaringan digital untuk meningkatkan presisi akuisisi data suhu. Disebutkan pada penelitian ini untuk membuktikan bahwasanya sistem ini berjalan dengan baik maka dilakukan verifikasi keandalan dan stabilitas sistem akuisisi, pengukuran suhu dan uji akuisisi. Secara keseluruhan, penelitian ini menggabungkan desain perangkat keras, pengembangan perangkat lunak, dan pengujian untuk membuat sistem akuisisi suhu multi-saluran untuk memantau distribusi suhu dalam proses pemesinan elektrokimia.

4. Penelitian pada tabel 2.6 poin 4 menggunakan metode pengambilan dengan membuat rig uji prototipe *Solar Home System* (SHS) yang telah dirancang dan dibangun untuk memantau sistem PV. Dua sensor suhu DS18B20 dipasang di sisi depan dan belakang panel PV, sedangkan sensor DHT22 terletak di dekatnya. Pengujian dilakukan di Politeknik Negeri Bali dari jam 8 pagi hingga 5 sore waktu setempat. Perangkat sistem akuisisi data diatur pada laju pengambilan sampel 10 menit, sedangkan tegangan mengambang SCC disesuaikan pada 14,5V. Keseluruhan sistem ini memungkinkan pemantauan komprehensif dan pemahaman mendalam tentang kinerja dan kondisi operasi sistem PV.
5. Penelitian pada tabel 2.6 poin 5. Penelitian ini bertujuan untuk membuat sistem akuisisi data untuk pengukuran suhu. Sistem ini menggunakan Antarmuka LabVIEW Untuk Arduino (LIFA) dan layar LCD. Komponen utama dari sistem ini adalah sensor suhu LM35, Arduino UNO, dan PC. Sensor LM35 dirancang untuk mengubah perubahan suhu menjadi perubahan tegangan. Arduino UNO

kemudian memproses data tegangan ini dan mengirimkannya ke PC. Sistem ini dirancang untuk menjadi ramah pengguna, real-time, dan akurat, sehingga dapat diterapkan dalam percobaan yang membutuhkan pengukuran suhu. Hasil pengujian menunjukkan bahwa suhu air yang dipanaskan naik secara linier hingga 50C, dan ini juga terlihat pada pengukuran suhu dengan LM35. Grafik linier menunjukkan perbandingan data antara termometer digital dan sensor LM35, dengan  $R^2 = 0,999$ , menunjukkan kecocokan yang sangat baik antara kedua data tersebut. Ini menunjukkan bahwa sistem ini dapat menghasilkan data yang akurat dan dapat diandalkan untuk pengukuran suhu.

6. Penelitian pada tabel 2.6 poin 6 penelitian ini berfokus pada perancangan sistem akuisisi data untuk irigasi tetes otomatis. Sistem ini dirancang untuk mengukur suhu lingkungan dan kelembaban tanah menggunakan sensor. Data yang dikumpulkan diproses menggunakan Raspberry Pi dan kemudian dikirim ke aplikasi Android. Hasil pengujian sensor menunjukkan bahwa tingkat kelembaban yang lebih tinggi menghasilkan tegangan yang lebih rendah, berkisar antara 1.77-3.09V. Selain itu, data ini dapat diakses secara real-time melalui aplikasi Android dengan penundaan rata-rata 2 detik. Dalam pengujian, perbedaan suhu rata-rata antara sensor dan termometer adalah 0,33. Suhu puncak terjadi sekitar pukul 11 pagi, mencapai 38,7° C. Ini menunjukkan bahwa sistem ini mampu mengukur dan mengirim data secara akurat dan tepat waktu, yang penting untuk irigasi tetes otomatis.