

# Optimasi Sensor Optocoupler pada Alat Ukur Kecepatan Arus Laut Berbasis Arduino Nano

## *Optocoupler Sensor Optimization for an Arduino Nano–Based Ocean Current Velocity Measurement System*

Ahmad Syah Masud Baihaqi  
Program Studi Rekayasa Elektro  
Universitas Muhammadiyah Semarang  
Semarang, Indonesia  
ahmadsyahm@gmail.com

Achmad Solichan  
Program Studi Rekayasa Elektro  
Universitas Muhammadiyah Semarang  
Semarang, Indonesia  
solichan@unimus.ac.id

Laily Muntasiroh\*  
Program Studi Rekayasa Elektro  
Universitas Muhammadiyah Semarang  
Semarang, Indonesia  
lailymuntasiroh@unimus.ac.id\*

Diterima : Juni 2025  
Disetujui : Januari 2026  
Dipublikasi : Januari 2026

**Abstrak**— Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan penggunaan sensor optocoupler pada alat ukur kecepatan arus laut berbasis Arduino Nano yang bersifat sederhana, ekonomis, dan memiliki akurasi yang memadai. Sistem pengukuran dirancang menggunakan mekanisme baling-baling yang berputar akibat arus laut, di mana sensor optocoupler berfungsi mendeteksi jumlah putaran, sementara Arduino Nano mengolah data pulsa menjadi nilai kecepatan arus. Metode penelitian meliputi perancangan perangkat keras, pengembangan perangkat lunak, serta pengujian kinerja alat. Pengujian dilakukan menggunakan metode uji komparatif dengan membandingkan hasil pengukuran alat yang dikembangkan terhadap alat ukur arus laut standar sebagai referensi. Hasil pengujian awal menunjukkan adanya deviasi pengukuran dengan nilai error rata-rata sebesar 13,54%, yang dipengaruhi oleh faktor teknis seperti orientasi sensor terhadap arah aliran, kedalaman air, turbulensi arus, dan keterlambatan pembacaan data. Untuk meningkatkan kinerja sistem, dilakukan proses kalibrasi melalui penyesuaian faktor kalibrasi pada program Arduino. Setelah kalibrasi, error rata-rata berhasil diturunkan menjadi 5,14%, sehingga diperoleh tingkat akurasi sebesar 94,86%. Kontribusi penelitian ini menunjukkan bahwa sensor optocoupler yang dioptimalkan dapat digunakan secara efektif sebagai alternatif alat ukur kecepatan arus laut berbiaya rendah dengan kinerja yang kompetitif.

**Kata Kunci:** Arus Laut, Sensor Optocoupler, Arduino, Kalibrasi

**Abstract**— *This study aims to optimize the use of an optocoupler sensor in an Arduino Nano–based ocean current velocity measurement device that is simple, cost-effective, and sufficiently accurate. The measurement system employs a propeller mechanism driven by ocean currents, where the optocoupler sensor detects rotational pulses and the Arduino Nano processes the data to calculate current velocity. The research methodology includes hardware design, software development, and performance evaluation. A comparative testing method was conducted by comparing the measurement results of the developed device with those obtained from a standard ocean current measurement instrument as a reference. Initial test results indicated measurement deviations with an average error of 13.54%, influenced by technical factors such as sensor orientation*

*relative to flow direction, water depth, current turbulence, and data acquisition delay.*

**Keywords**—*Ocean Current, Optocoupler Sensor, Arduino, Calibration*

### I. PENDAHULUAN

Pengukuran kecepatan arus laut merupakan parameter fundamental dalam kajian oseanografi, perencanaan wilayah pesisir, serta pengelolaan sumber daya kelautan. Data kecepatan arus digunakan untuk analisis dinamika massa air, perencanaan bangunan laut, hingga evaluasi lingkungan perairan. Instrumen pengukuran arus laut konvensional seperti current meter komersial memiliki tingkat akurasi tinggi, namun biaya pengadaan dan perawatannya relatif mahal sehingga kurang sesuai untuk aplikasi berskala kecil, pendidikan, maupun pemantauan lapangan sederhana [1], [16]. Kondisi ini mendorong perlunya pengembangan alat ukur arus laut alternatif yang lebih ekonomis dan fleksibel.

Perkembangan teknologi mikrokontroler telah membuka peluang besar dalam pengembangan sistem pengukuran arus laut berbasis *embedded system*. Platform Arduino banyak digunakan karena bersifat *open source*, mudah diprogram, serta memiliki konsumsi daya yang rendah [2], [9]. Sejumlah penelitian telah mengembangkan alat ukur kecepatan arus laut berbasis Arduino dengan memanfaatkan berbagai jenis sensor, seperti sensor ultrasonik dan sensor Hall effect, yang menunjukkan potensi penerapan sistem ini baik pada skala laboratorium maupun lapangan [2], [3]. Pendekatan serupa juga diterapkan pada pengukuran kecepatan angin dan aliran fluida lain sebagai model analogi dalam perancangan alat ukur arus laut [5]–[7], [10].

Sensor optocoupler merupakan sensor yang umum digunakan untuk pengukuran kecepatan berbasis rotasi karena memiliki respon cepat, struktur sederhana, dan ketahanan yang baik terhadap gangguan listrik. Sensor ini telah diaplikasikan secara luas pada pengukuran RPM, kecepatan angin, serta sistem instrumentasi berbasis rotasi lainnya [4], [8]. Dalam pengukuran arus laut, sensor optocoupler dikombinasikan dengan mekanisme baling-

baling, di mana jumlah pulsa yang dihasilkan sebanding dengan kecepatan aliran air [4], [15]. Meskipun demikian, performa sistem sangat dipengaruhi oleh konfigurasi sensor, kondisi lingkungan perairan, serta metode pengolahan data yang digunakan.

Hasil penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa alat ukur kecepatan arus laut berbasis mikrokontroler masih mengalami deviasi pengukuran jika dibandingkan dengan alat referensi standar. Deviasi tersebut disebabkan oleh berbagai faktor teknis, seperti turbulensi arus, posisi dan orientasi sensor terhadap arah aliran, kestabilan catu daya, serta keterlambatan pembacaan dan pemrosesan data [10]–[13]. Oleh karena itu, optimasi sensor dan proses kalibrasi sistem menjadi tahapan penting untuk meningkatkan akurasi dan keandalan alat ukur. Metode uji komparatif dengan alat standar banyak digunakan untuk mengevaluasi kinerja sistem yang dikembangkan [1], [12], [14].

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini difokuskan pada optimasi sensor optocoupler pada alat ukur kecepatan arus laut berbasis Arduino Nano. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan akurasi pengukuran melalui penyesuaian konfigurasi sensor, pemrosesan data, dan kalibrasi sistem terhadap alat referensi. Kontribusi penelitian ini diharapkan dapat memberikan solusi alat ukur kecepatan arus laut yang sederhana, ekonomis, dan memiliki kinerja yang andal, serta memperkaya pengembangan instrumen kelautan berbasis mikrokontroler untuk keperluan lapangan dan pendidikan [13]–[17].

## II. METODE

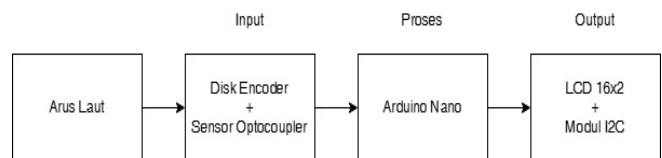
Metode penelitian yang digunakan meliputi perancangan, pengujian, dan kalibrasi alat ukur kecepatan arus laut berbasis sensor optocoupler dan mikrokontroler Arduino Nano. Pengukuran kecepatan arus dilakukan dengan memanfaatkan rotasi propeller yang digerakkan oleh aliran air, di mana jumlah pulsa hasil pembacaan sensor optocoupler dikonversi menjadi nilai kecepatan linear arus. Proses pengujian dilaksanakan pada kedalaman  $\pm 30$  cm dari permukaan air dengan kondisi aliran yang bervariasi, meliputi aliran relatif laminar dan turbulen. Hasil pengukuran alat yang dikembangkan kemudian dibandingkan secara langsung dengan alat referensi standar berupa current meter Flowatch FL-03 melalui metode uji komparatif. Kalibrasi dilakukan menggunakan pendekatan matematis berupa faktor pembandingan (calibration factor), yang diperoleh dari rasio antara hasil pengukuran alat referensi dan alat yang dirancang pada kondisi pengujian yang sama. Nilai faktor kalibrasi tersebut diimplementasikan ke dalam program Arduino Nano untuk mengoreksi hasil pembacaan sensor, sehingga diperoleh peningkatan akurasi dan konsistensi pengukuran kecepatan arus laut. Diagram alir metode dan tahapan penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Metode dan tahapan penelitian

### A. Perancangan Sistem

Perancangan sistem alat ukur kecepatan arus laut terdiri dari tiga bagian yaitu input, proses, dan output. Bagian input pada sistem ini terdapat disk encoder dan sensor optocoupler untuk mengukur kecepatan arus laut dengan sistem pencacah putaran. Bagian proses pada sistem ini terdapat Arduino Nano yang digunakan sebagai pengendali utama sistem alat ukur kecepatan arus laut. Bagian output pada sistem ini terdapat modul I2C dan LCD 16x2 yang digunakan untuk menampilkan hasil pembacaan pengukuran kecepatan arus laut. Diagram blok perancangan sistem alat ukur kecepatan arus laut ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram blok perancangan sistem

Cara kerja dari sistem alat ukur kecepatan arus laut yang terdapat pada Gambar 2 yaitu, apabila terdapat arus laut maka disk encoder akan berputar mengikuti baling-baling, sensor optocoupler akan menghitung kecepatan putaran disk sebagai data untuk kecepatan arus laut, selanjutnya data diproses oleh Arduino Nano, kemudian hasil pembacaan pengukuran ditampilkan ke LCD 16x2 melalui modul I2C sebagai media komunikasi serial antara Arduino Nano dengan LCD 16x2.

### B. Penentuan Komponen

Komponen yang digunakan dalam merancang alat ukur kecepatan arus laut terdiri dari Arduino Nano, disk encoder, sensor optocoupler, modul I2C, LCD 16x2, baterai, saklar dan LM2596S. Adapun fungsi dari masing-masing komponen ditunjukkan pada Tabel 1.

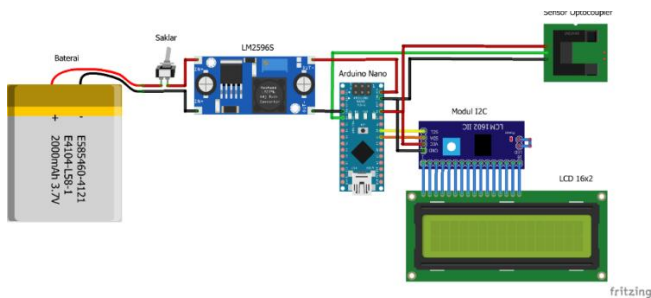
Tabel 1. Komponen dan fungsi

No.	Komponen	Fungsi
1	Arduino Nano	Pengendali utama sistem alat ukur kecepatan arus laut [5]
2	Disk Encoder	Mencacah cahaya yang dipancarkan oleh sensor optocoupler [6]
3	Sensor Optocoupler	Menghitung putaran disk encoder untuk mengukur kecepatan arus laut [7]

No.	Komponen	Fungsi
4	Modul I2C	Media komunikasi serial antara mikrokontroler dengan LCD 16x2 [8]
5	LCD 16x2	Menampilkan hasil pembacaan pengukuran kecepatan arus laut [9]
6	Baterai	Sumber tegangan untuk Arduino Nano
7	Saklar	Menghubungkan/memutuskan aliran tegangan
8	LM2596S	Mengatur besar tegangan keluaran sesuai kebutuhan Arduino Nano [10]

### C. Perakitan Alat

Perakitan alat dilakukan setelah menentukan komponen yang akan digunakan, sesuai dengan wiring diagram alat ukur kecepatan arus laut yang ditunjukkan pada Gambar 3.



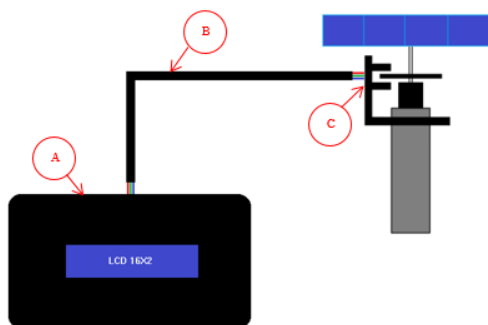
Gambar 3. Wiring diagram alat ukur kecepatan arus laut

Berdasarkan wiring diagram yang terdapat pada Gambar 3, Pin 1 Saklar dihubungkan dengan (+)Baterai, Pin 2 Saklar dihubungkan dengan VIN+ pada komponen LM2596S, dan (-)Baterai dihubungkan dengan VIN- pada komponen LM2596S. Selanjutnya konfigurasi Pin Arduino Nano dengan perangkat lainnya yang terhubung dapat ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Konfigurasi pin Arduino Nano

Pin Arduino Nano	Dihubungkan dengan	Pada Komponen
Pin A4	SDA	Modul I2C
Pin A5	SCL	Modul I2C
Pin D2	OUT	Sensor Optocoupler
Pin 5V	VCC	Modul I2C dan Sensor Optocoupler
Pin VIN	VOUT+	LM2596S
Pin GND	GND	Modul I2C dan Sensor Optocoupler
	VOUT-	LM2596S

Adapun desain dari alat ukur kecepatan arus laut yang akan dibuat dapat ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Desain alat ukur kecepatan arus laut

Berdasarkan desain alat ukur kecepatan arus yang terdapat pada Gambar 4, bagian yang diberi tanda (A) merupakan tampak luar dari box alat ukur, yang di dalamnya terdapat komponen baterai, LM2596S, Arduino Nano, dan modul I2C yang dihubungkan sesuai dengan *wiring diagram*. Pada bagian luar box terdapat LCD 16x2 yang digunakan sebagai display dari alat ukur, dan saklar untuk menghidupkan/mematikan alat ukur. Bagian yang diberi tanda (B) adalah kabel sensor sepanjang kurang lebih 3 meter, yang digunakan untuk menghubungkan komponen yang ada di dalam box alat ukur dengan perangkat sensor pengukur kecepatan arus laut. Bagian yang diberi tanda (C) adalah perangkat sensor pengukur kecepatan arus laut, yang komponennya terdiri dari sensor optocoupler, disk encoder, dan baling-baling.

### D. Pemrograman Alat

Pemrograman alat secara sederhana dapat digambarkan melalui diagram alir pemrograman alat ukur kecepatan arus laut yang ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Pemrograman alat ukur kecepatan arus laut

Adapun penjelasan dari diagram alir pemrograman alat ukur kecepatan arus yang terdapat pada Gambar 5, yaitu sebagai berikut:

- 1). Mulai : Program mulai dengan menginisialisasi komponen yang diperlukan, termasuk LCD dan komunikasi serial.

Kode terkait :

```
void setup() {
  lcd.init();
  lcd.backlight();
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("WATERSPEED-METER");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print(" BAIHAQI (2025) ");
  delay(5000);
  lcd.clear();

  pinMode(SENSOR_PIN, INPUT_PULLUP);
  Serial.begin(9600);
}
```

Penjelasan :

- LCD diinisialisasi dan menampilkan informasi awal selama 5 detik.
- Pin sensor diatur sebagai input dengan INPUT\_PULLUP untuk mendeteksi pulsa dari sensor.
- Komunikasi serial diaktifkan untuk menampilkan data di monitor serial.

2). Inisialisasi Data :  
Pada tahap ini, variabel dan konstanta yang diperlukan diatur.

**Kode terkait** :

```
// Pin dan konstanta
#define SENSOR_PIN 2
#define PI 3.1415926535897932384626433832795
const int RADIUS = 60; // mm (radius baling-baling)
const int SLOT_COUNT = 18;
const int MEASURE_PERIOD = 5000; // ms
(menghitung data tiap 5 detik)

// Faktor kalibrasi dari perbandingan dengan
alat Flowatch FL-03
const float CALIBRATION_FACTOR = 0.88; //
(Sesuaikan berdasarkan hasil uji lapangan)

volatile unsigned int counter = 0;
float waterSpeed = 0;
int sampleNumber = 1; // Variabel untuk
menghitung nomor sampel
```

**Penjelasan** :

- Konstanta seperti radius baling-baling, jumlah slot, dan periode pengukuran ditetapkan.
- Variabel penting seperti counter, waterSpeed, dan flowRate diinisialisasi.
- Faktor kalibrasi digunakan untuk menyesuaikan hasil pengukuran dengan alat referensi.

3). Siapkan Sensor :  
Sebelum mulai membaca data, sensor harus dipersiapkan dan disiapkan untuk mendeteksi pulsa.

**Kode terkait** :

```
void measureWaterSpeed() {
  counter = 0;
  attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(SENSOR_PIN), incrementCounter, CHANGE);
  delay(MEASURE_PERIOD);
  detachInterrupt(digitalPinToInterrupt(SENSOR_PIN));
}
```

**Penjelasan** :

- Interrupt diaktifkan pada pin sensor untuk menghitung pulsa.
- counter akan bertambah setiap kali sensor mendeteksi perubahan sinyal.
- Setelah waktu pengukuran selesai (MEASURE\_PERIOD = 5 detik), interrupt dihentikan.

4). Ukur Kecepatan Air :  
Pada tahap ini, pulsa yang dikumpulkan dihitung untuk mengetahui kecepatan aliran air.

**Kode terkait** :

```
void calculateWaterSpeed() {
  float rpm = (float(counter) / SLOT_COUNT) *
(60000.0 / MEASURE_PERIOD);
  waterSpeed = ((2 * PI * RADIUS * rpm) / 60) /
1000; // Kecepatan dalam m/s
  waterSpeed *= CALIBRATION_FACTOR; // Koreksi
akurasi dengan alat Flowatch
}
```

**Penjelasan** :

- RPM dihitung berdasarkan jumlah pulsa yang terdeteksi (counter).

- Kecepatan air (m/s) dihitung berdasarkan persamaan(1).

$$v = \frac{2\pi r \times RPM}{60} \quad (1)$$

- Faktor kalibrasi diterapkan agar hasil yang didapatkan lebih akurat.

5). Hitung RPM :  
RPM (rotasi per menit) didapat dari jumlah pulsa yang dihitung oleh sensor.

**Kode terkait** :

```
float rpm = (float(counter) / SLOT_COUNT) *
(60000.0 / MEASURE_PERIOD);
```

**Penjelasan** :

- Pulsa yang dikumpulkan dibagi dengan jumlah slot untuk mendapatkan jumlah putaran.
- Dikonversi ke satuan per menit (RPM) menggunakan persamaan(2).

$$RPM = \left(\frac{\text{counter}}{\text{SLOT\_COUNT}}\right) \times \left(\frac{60000}{\text{MEASURE\_PERIOD}}\right) \quad (2)$$

6). Hitung Kecepatan Air :  
Kecepatan aliran air dihitung dari RPM dengan mempertimbangkan radius baling-baling.

**Kode terkait** :

```
waterSpeed = ((2 * PI * RADIUS * rpm) / 60) /
1000; // Kecepatan dalam m/s
```

**Penjelasan** :

- RPM dikonversi menjadi kecepatan linier berdasarkan panjang lintasan rotasi.
- Dibagi dengan 1000 agar hasil dalam meter per detik (m/s).

7). Tampilkan Data :  
Menampilkan hasil pengukuran ke LCD dan serial monitor.

**Kode terkait** :

```
void displayData() {
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("Speed : ");
  lcd.print(waterSpeed, 2); // 2 desimal
  lcd.print("m/s");

  Serial.print("Sample ");
  Serial.print(sampleNumber);
  Serial.println(":");

  Serial.print("Water Speed: ");
  Serial.print(waterSpeed, 2);
  Serial.println(" m/s");

  Serial.println("-----"); //
Pembatas antar sample
}
```

**Penjelasan** :

- Data kecepatan air ditampilkan di LCD dengan 2 desimal.
- Informasi lengkap juga dikirim ke Serial Monitor.

8). Selesai :  
Program kembali ke loop() dan mengulang proses pengukuran untuk sampel berikutnya.

**Kode terkait** :

```
void loop() {
  measureWaterSpeed();
  calculateWaterSpeed();
  displayData();
}
```

```

sampleNumber++; // Tambahkan nomor sampel
setiap loop
delay(1000);
}

```

Penjelasan :

- Setiap loop, program mengulangi seluruh proses pengukuran.
- Data ditampilkan setiap 5 detik dan dihitung untuk sampel berikutnya.

Program ini mengukur kecepatan air dengan sensor berbasis baling-baling, menghitung RPM, mengonversinya menjadi kecepatan air dalam m/s. Data kemudian ditampilkan di LCD 16x2 dan Serial Monitor secara berkala.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian alat ukur kecepatan arus laut berbasis Arduino Nano dengan sensor optocoupler menunjukkan bahwa performa sistem sangat dipengaruhi oleh konfigurasi sensor dan proses kalibrasi yang diterapkan. Temuan ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang memanfaatkan sensor optocoupler untuk pengukuran kecepatan berbasis rotasi. Prasetyo [4] melaporkan bahwa sensor optocoupler memiliki sensitivitas yang baik terhadap perubahan kecepatan putaran, namun akurasinya sangat bergantung pada kesesuaian antara jumlah pulsa yang terdeteksi dan kecepatan fluida yang sebenarnya. Hasil serupa juga ditunjukkan oleh Nugroho et al. [15], yang menyatakan bahwa tanpa proses kalibrasi yang tepat, alat ukur berbasis optocoupler cenderung menghasilkan deviasi yang cukup signifikan terhadap alat referensi.

Pada penelitian ini, nilai error rata-rata sebelum kalibrasi sebesar 13,54% menunjukkan bahwa hasil pengukuran awal masih berada pada kisaran deviasi yang wajar untuk sistem berbasis sensor optocoupler tanpa optimasi lanjutan. Namun, setelah dilakukan kalibrasi dengan penyesuaian faktor kalibrasi pada program Arduino Nano, nilai error rata-rata berhasil diturunkan menjadi 5,14%. Peningkatan akurasi ini memperkuat temuan Clinton et al. [8] yang menyebutkan bahwa optimasi perangkat lunak dan penyesuaian parameter pembacaan sangat berpengaruh terhadap kinerja sensor optocoupler pada sistem pengukuran kecepatan berbasis rotasi.

Jika dibandingkan dengan metode pengukuran lain, sensor ultrasonik dan sensor Hall effect menunjukkan karakteristik performa yang berbeda. Nur [2] melaporkan bahwa penggunaan sensor ultrasonik untuk pengukuran kecepatan arus laut menghasilkan tingkat akurasi yang cukup baik pada kondisi aliran stabil, namun kinerjanya menurun pada kondisi perairan dengan turbulensi tinggi dan adanya gangguan gelombang permukaan. Selain itu, sensor ultrasonik relatif lebih kompleks dari sisi rangkaian dan pengolahan sinyal, serta memiliki konsumsi daya yang lebih besar dibandingkan sensor optocoupler.

Sementara itu, penelitian Widyastuti [3] yang menggunakan sensor Hall effect menunjukkan bahwa sensor tersebut mampu memberikan respon yang stabil terhadap perubahan kecepatan arus, dengan tingkat akurasi yang relatif baik. Namun, sensor Hall effect memerlukan medan magnet permanen yang stabil dan presisi penempatan magnet yang tinggi, sehingga sensitivitas sistem terhadap kesalahan mekanik menjadi lebih besar. Dibandingkan dengan kedua metode tersebut, sensor optocoupler memiliki keunggulan dari sisi kesederhanaan sistem, kemudahan integrasi dengan mikrokontroler, serta biaya implementasi yang lebih rendah,

meskipun tetap memerlukan proses kalibrasi untuk mencapai tingkat akurasi yang optimal.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa performa sensor optocoupler yang telah dioptimalkan mampu mencapai tingkat akurasi sebesar 94,86%, yang berada pada kisaran kompetitif jika dibandingkan dengan metode pengukuran lain berbasis sensor ultrasonik dan Hall effect. Dengan mempertimbangkan aspek akurasi, kompleksitas sistem, dan biaya implementasi, sensor optocoupler yang dioptimalkan dapat menjadi alternatif yang layak untuk pengukuran kecepatan arus laut, khususnya untuk aplikasi lapangan sederhana, pendidikan, dan penelitian skala kecil.

#### A. Hasil Pengukuran Kecepatan Arus Sebelum Kalibrasi

Hasil pengukuran kecepatan arus sebelum kalibrasi dapat ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil pengukuran kecepatan arus sebelum kalibrasi

Percobaan	Alat Referensi (m/s)	Alat yang Dibuat (m/s)	Selisih (m/s)	Error (%)
1	0.3	0.34	0.04	13.33
2	0.3	0.35	0.05	16.67
3	0.4	0.43	0.03	7.50
4	0.4	0.48	0.08	20.00
5	0.5	0.53	0.03	6.00
6	0.5	0.60	0.10	20.00
7	0.6	0.64	0.04	6.67
8	0.6	0.67	0.07	11.67
9	0.6	0.72	0.12	20.00
Nilai Rata-rata			0.0622	13.54

Berdasarkan data hasil pengukuran kecepatan arus sebelum kalibrasi yang terdapat pada Tabel 3, terlihat bahwa alat yang dibuat cenderung memberikan hasil yang lebih tinggi dibandingkan alat referensi, dengan nilai *error* rata-rata hasil pengukurannya yaitu sebesar 13.54%. Hal ini menunjukkan bahwa alat yang dibuat masih memerlukan proses kalibrasi agar hasil pengukurannya mendekati alat referensi. Adapun nilai selisih rata-rata yaitu sebesar 0.0622 m/s. Terdapat beberapa faktor yang dapat memengaruhi besar kecilnya nilai *error* pada pengukuran kecepatan arus tersebut. Faktor yang pertama yaitu, posisi dan orientasi sensor terhadap arah aliran air. Alat referensi menggunakan *propeller horizontal axis* yang berputar searah dengan aliran air, sehingga mampu menangkap kecepatan arus secara lebih langsung dan akurat. Sementara itu, sensor alat yang dibuat menggunakan *propeller vertical axis* yang berputar tegak lurus terhadap arah arus. Jika sensor tidak sejajar dengan aliran arus atau berada pada posisi yang tidak stabil, maka hasil pengukuran bisa mengalami deviasi. Faktor yang kedua yaitu, kedalaman air saat pengukuran. Kecepatan arus biasanya tidak seragam pada seluruh kedalaman, arus di permukaan bisa berbeda dengan arus di dasar atau tengah, tergantung pada kondisi hidrodinamika dan struktur saluran air. Jika sensor alat yang dibuat dan alat referensi ditempatkan pada kedalaman yang berbeda, maka nilai yang terbaca juga akan berbeda. Faktor berikutnya adalah turbulensi aliran air, di mana pada kondisi aliran yang tidak laminar, variasi kecepatan bisa terjadi secara acak dalam waktu singkat. Kondisi ini akan memperbesar kemungkinan alat akan memberikan hasil yang tidak stabil. Selain itu, resolusi waktu pengambilan data atau *delay* dalam sistem pembacaan juga dapat memberikan hasil pengukuran yang

tidak sinkron. Oleh karena itu, penting untuk dilakukan proses kalibrasi guna meminimalkan *error* dan meningkatkan performa alat ukur yang dibuat.



Gambar 6. Hasil pengukuran kecepatan arus sebelum kalibrasi

Grafik (Gambar 6) perbandingan menunjukkan bahwa hasil pengukuran kecepatan arus antara alat referensi dan alat yang dikembangkan memiliki tren yang searah pada seluruh percobaan. Peningkatan kecepatan arus yang terukur oleh alat referensi diikuti oleh peningkatan hasil pengukuran alat berbasis sensor optocoupler, yang menandakan bahwa sistem baling-baling dan sensor mampu merespons perubahan arus secara konsisten. Namun demikian, nilai kecepatan yang dihasilkan alat yang dibuat cenderung lebih rendah, khususnya pada kecepatan rendah hingga menengah. Kondisi ini dipengaruhi oleh faktor mekanik seperti gesekan poros, inersia baling-baling, serta keterbatasan resolusi pembacaan RPM yang menyebabkan konversi dari kecepatan rotasi ke kecepatan linear belum sepenuhnya ideal.

Pada kecepatan arus yang lebih tinggi, perbedaan pengukuran kembali terlihat meskipun tren kedua alat tetap serupa. Hal ini mengindikasikan adanya pengaruh turbulensi dan slip aliran pada baling-baling, sehingga hubungan antara RPM yang terdeteksi sensor optocoupler dan kecepatan linear arus tidak sepenuhnya linier. Oleh karena itu, penerapan faktor kalibrasi menjadi langkah penting untuk mengoreksi penyimpangan tersebut. Secara keseluruhan, hasil ini menunjukkan bahwa alat yang dikembangkan memiliki karakteristik pengukuran yang stabil dan dapat diandalkan, serta setelah proses kalibrasi mampu menghasilkan nilai kecepatan arus yang mendekati alat referensi.

Berdasarkan data penentuan nilai faktor kalibrasi yang terdapat pada Tabel 4, didapatkan nilai faktor kalibrasi rata-rata yaitu sebesar 0.88 yang kemudian nilai tersebut akan dimasukkan ke dalam program Arduino, untuk digunakan dalam pengambilan data pengukuran kecepatan arus selanjutnya setelah alat dikalibrasi. Tujuan dari penentuan faktor kalibrasi ini adalah untuk menyesuaikan hasil pembacaan alat yang dibuat agar lebih mendekati nilai sebenarnya, yaitu nilai yang diperoleh dari alat referensi. Dari data yang diperoleh, nilai rata-rata faktor kalibrasi sebesar 0.88, yang berarti bahwa setiap nilai pembacaan dari alat yang dibuat perlu dikalikan dengan faktor tersebut agar lebih akurat.

Tabel 4. Penentuan nilai faktor kalibrasi

Percobaan	Alat Referensi (m/s)	Alat yang Dibuat (m/s)	Kalibrasi
1	0.3	0.34	0.88
2	0.3	0.35	0.85

Percobaan	Alat Referensi (m/s)	Alat yang Dibuat (m/s)	Kalibrasi
3	0.4	0.43	0.93
4	0.4	0.48	0.83
5	0.5	0.53	0.94
6	0.5	0.60	0.83
7	0.6	0.64	0.93
8	0.6	0.67	0.89
9	0.6	0.72	0.83
Nilai Rata-rata			0.88

## B. Hasil Pengukuran Kecepatan Arus Setelah Kalibrasi

Hasil pengukuran kecepatan arus setelah kalibrasi dapat ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil pengukuran kecepatan arus setelah kalibrasi

Percobaan	Alat Referensi (m/s)	Alat yang Dibuat (m/s)	Selisih (m/s)	Error (%)
1	0.3	0.27	0.03	10.00
2	0.3	0.31	0.01	3.33
3	0.4	0.37	0.03	7.50
4	0.5	0.46	0.04	8.00
5	0.5	0.47	0.03	6.00
6	0.5	0.49	0.01	2.00
7	0.7	0.67	0.03	4.28
8	0.7	0.71	0.01	1.42
9	0.8	0.77	0.03	3.75
Nilai Rata-rata			0.0244	5.14



Gambar 7. Hasil pengukuran kecepatan arus setelah kalibrasi

Berdasarkan data hasil pengukuran kecepatan arus setelah kalibrasi yang terdapat pada Tabel 5, hasil pengukuran menunjukkan bahwa setelah kalibrasi, alat yang dibuat memberikan tingkat akurasi yang jauh lebih baik, dengan nilai *error* rata-rata sebesar 5.14%. Akurasi alat yang dibuat setelah dilakukan kalibrasi yaitu sebesar 94.86% (100%-5.14%). Adapun nilai selisih rata-rata yaitu sebesar 0.0244 m/s.

Penerapan faktor kalibrasi ini terbukti efektif dalam meningkatkan akurasi alat. Hal ini dapat dilihat dari perbandingan *error* sebelum dan sesudah kalibrasi. Sebelum kalibrasi, rata-rata *error* pengukuran mencapai 13.53%, sedangkan setelah dikalibrasi, *error* turun secara signifikan menjadi 5.14%. Ini menunjukkan bahwa penggunaan faktor kalibrasi mampu meningkatkan keandalan alat yang dibuat dalam mengukur kecepatan arus air dan mendekati performa alat standar.

Dari sisi performa, secara umum alat yang dibuat sudah menunjukkan tingkat akurasi yang cukup baik. Dalam banyak standar rekayasa pengukuran, nilai *error* di bawah 5% dianggap sebagai hasil yang sangat baik, dan nilai hingga 10% masih dapat diterima tergantung pada konteks

penggunaan alat tersebut. Untuk aplikasi lapangan yang tidak menuntut presisi sangat tinggi, alat ini dapat dikatakan cukup akurat dan layak digunakan, terutama karena sebagian besar pengukuran berada dalam rentang *error* yang rendah (di bawah 5%). Namun demikian, untuk meningkatkan akurasi lebih lanjut, langkah-langkah seperti peningkatan kualitas sensor, pengulangan kalibrasi secara berkala, serta pengujian di berbagai kondisi aliran, bisa menjadi solusi lanjutan.

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan, sensor optocoupler dinilai layak digunakan sebagai elemen pendeteksi kecepatan arus laut pada sistem berbasis baling-baling. Kelayakan ini ditunjukkan oleh kemampuan sensor dalam mendeteksi perubahan kecepatan secara konsisten, menghasilkan tren pengukuran yang searah dengan alat referensi, serta kemudahan integrasi dengan mikrokontroler Arduino Nano. Setelah dilakukan proses kalibrasi, alat mencapai tingkat akurasi sebesar 94,86% dengan nilai error rata-rata 5,14%, yang berada dalam rentang toleransi yang dapat diterima untuk aplikasi monitoring arus laut berskala laboratorium dan lapangan sederhana. Namun demikian, error terbesar ditemukan pada kondisi kecepatan arus tinggi, yang menunjukkan bahwa sensitivitas optocoupler dipengaruhi oleh fluktuasi putaran propeller akibat turbulensi aliran, sehingga hubungan antara kecepatan rotasi dan kecepatan linear arus belum sepenuhnya linier. Dengan demikian, meskipun akurasi yang dihasilkan telah memenuhi standar fungsional untuk sistem pengukuran berbiaya rendah, peningkatan desain mekanik dan metode pemrosesan sinyal masih diperlukan untuk aplikasi yang menuntut presisi lebih tinggi.

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa perbedaan nilai pengukuran antara alat ukur kecepatan arus laut berbasis sensor optocoupler dan alat referensi dipengaruhi oleh faktor teknis seperti posisi dan orientasi sensor terhadap arah aliran, kedalaman air, turbulensi arus, serta keterlambatan dalam sistem pembacaan data. Optimasi sensor optocoupler melalui penyesuaian faktor kalibrasi pada program Arduino Nano terbukti mampu meningkatkan kinerja alat secara signifikan, ditunjukkan dengan penurunan nilai error rata-rata dari 13,54% menjadi 5,14% dan tingkat akurasi mencapai 94,86%. Hasil ini menunjukkan bahwa sensor optocoupler layak digunakan sebagai solusi sederhana dan ekonomis untuk pengukuran kecepatan arus laut. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan pengembangan desain mekanik baling-baling agar lebih responsif terhadap arus rendah, penerapan metode kalibrasi adaptif atau berbasis pemodelan matematis, serta integrasi sensor pembanding seperti ultrasonik atau Hall Effect guna meningkatkan akurasi dan keandalan pengukuran dalam berbagai kondisi lingkungan perairan.

#### REFERENSI

- [1] Handychang, H., & Indriaty, F., 2017, Sistem Pengukur Kecepatan Arus Air Menggunakan Current Meter Tipe '1210 AA', TESLA, vol. 19, no. 1, pp. 81–95.
- [2] Nur, M. F., 2020, Desain dan Implementasi Sistem Pengukuran Kecepatan Arus Laut menggunakan Sensor Ultrasonik dan Arduino. *Jurnal Teknologi Elektro*, 10(1), 1-9.
- [3] Widyastuti, A. K., 2019, Pengembangan Alat Ukur Kecepatan Arus Laut menggunakan Sensor Hall Effect dan Mikrokontroler. *Jurnal Ilmiah Teknologi Elektro*, 8(2), 123-132.
- [4] Prasetyo, R. W., 2018, Analisis Performa Sensor Optocoupler pada Pengukuran Kecepatan Arus Laut. *Jurnal Teknologi Elektro dan Komputasi*, 6(1), 45-54.
- [5] Prabowo, R., Muid, A., & Adriat, R., 2018, Rancang Bangun Alat Pengukur Kecepatan Angin Berbasis Mikrokontroler ATmega 328P. *PRISMA FISIKA*, Vol. VI, No. 2, 94 – 100.
- [7] Pratama, A., Muhaimin & Jamaluddin, 2018, Rancang Bangun Alat Instrumentasi Menghitung Kecepatan dan Arah Angin Berbasis Arduino. *Jurnal TEKTRONIKA*, Vol. 2, No. 2, ISSN 2581-280.
- [8] Clinton, A., Syaquy, D., & Utamingrum, F., 2018, Sistem Monitoring RPM Roda Smart Wheelchair Pada Halaman Web Berbasis Ajax Menggunakan Sensor Optocoupler. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 2(9), 3065–3073.
- [9] Prihatmoko, Y., 2020, Implementasi Arduino Nano dalam Sistem Monitoring Berbasis Sensor Suhu dan Kelembaban. *Jurnal Ilmu Komputer dan Informatika (JKI)*, 8(1), 45–52.
- [10] Ruslinar, M., 2020, Alat Ukur Kecepatan Angin Permukaan Air Laut Berbasis Mikrokontroler. *Barakuda 45 Jurnal Ilmu Perikanan dan Kelautan* 2(2):80-88.
- [11] Yusnita, R., & Santosa, D., 2021, Perancangan Modul Power Supply Menggunakan Regulator Switching LM2596S pada Sistem Mikrokontroler. *Jurnal Teknik Elektro*, 10(2), 75–82.
- [12] Suwardi, Nugraha R, Pratama Y. Rancang bangun data logger suhu dan kecepatan arus laut untuk praktikum oseanografi. *J Pengelolaan Laboratorium Pendidikan*. 2022;4(2):112–120.
- [13] Bambang S, Rindy C, Yudhi Y, Ocsirendi O, Sidhiq A. Monitoring aliran arus pasang surut air laut berbasis Arduino. *J ELECTRA: Electrical Engineering Articles*. 2021;2(1):45–53.
- [14] Anisa L, Ramadhan A, Eko S, Yudhi Y. Optimasi alat ukur kecepatan untuk monitoring arus laut. In: *Prosiding Seminar Nasional Inovasi Teknologi Terapan (SNITT)*; 2023. Pangkalpinang: Polman Babel; 2023. p. 210–216.
- [15] Nugroho A, Santoso D, Prabowo H. Monitoring tidal ocean current velocity based on Arduino using optocoupler sensor. *Inovasi Fisika Indonesia*. 2021;10(2):85–92.
- [16] Emery WJ, Thomson RE. *Data analysis methods in physical oceanography*. 3rd ed. Oxford: Elsevier; 2022. p. 289–315.
- [17] Muntasiroh L, Solichan A, Ikhwanuddin M. Design and build a water pump controlsystem using a monitoring system based on Telegram communication. *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering*. 2024;6(2):138–143.