

# Implementasi Sensor pH dan Suhu Pada Alat Autonomous Surface Vehicle Untuk Mengukur pH dan Suhu Pada Air

1<sup>st</sup> Cendy Deannova Wijaya  
Fakultas Teknik Elektro  
Universitas Telkom

Bandung, Indonesia  
Cendydeannova@student.telkomuniversity.ac.id

2<sup>nd</sup> I.G Prasetya Wibawa  
Fakultas Teknik Elektro  
Universitas Telkom

Bandung, Indonesia  
prasdwiwawa@telkomuniversity.ac.id

3<sup>rd</sup> Meta Kalista  
Fakultas Teknik Elektro  
Universitas Telkom

Bandung, Indonesia  
metakalista@telkomuniversity.ac.id

**Abstrak**—Pencemaran terhadap air yang terjadi saat ini sekitar 76 % sungai-sungai utama yang ada di Indonesia sudah mengalami pencemaran dalam tingkat yang cukup mengkhawatirkan. Tingkat pencemaran yang diakibatkan dari limbah manusia sendiri sudah mencapai 80 %. Perkembangan teknologi otonom dan sistem kendali jarak jauh (*remote control*) telah memberikan kontribusi signifikan dalam berbagai bidang. *Autonomous Surface Vehicle (ASV)* merupakan kendaraan tanpa awak yang dapat bergerak sendiri menuju ke titik tujuan. ASV digunakan untuk memudahkan melakukan berbagai penelitian pada air, seperti mengukur kualitas air di tempat yang terkontaminasi. Dalam pengoperasian ASV terdapat berbagai komponen yang menunjang kerja alat ini. Penggunaan *GPS* untuk menentukan koordinat pada longitude dan latitude. adapun penggunaan kompas untuk menentukan arah hadap (*heading*). Pada penelitian ini ditambahkan fitur berupa *remote control* sebagai fitur *safety*. apabila penggunaan otonom terkendala oleh gangguan penggunaan *remote control* dapat difungsikan untuk menggerakkan kapal. Pada penelitian saat ini ASV digunakan untuk mengukur suhu dan pH air. proses dalam melakukan penelitian ini yakni dengan menentukan titik lokasi pengujian oleh Latitude and Longitude yang diambil pada Google Maps. ASV akan bergerak secara otonom dan sistem akuisisi data sensor akan mengukur suhu dan pH yang dikirimkan oleh sensor-sensor ini ke LCD secara terus menerus.

Penggunaan *remote control* pada penelitian ini dapat digunakan apabila medan yang ingin dijangkau memiliki hambatan yang sulit seperti berkelok atau melingkar. *remote control* juga sebagai fitur *safety* apabila terdapat kendala dalam penggunaan ASV. Pengukuran data pH memiliki rerata kesalahan sebesar 0.46 dan suhu sebesar 0.21. Sistem navigasi *waypoint* memiliki rerata kesalahan jarak sebesar 2 meter. Kecepatan kapal menuju *waypoint* rerata sebesar 0.78 meter/detik. Berdasarkan perancangan dan pengujian sistem.

**Kata Kunci**— *Autonomous Surface Vehicle (ASV)*, *GPS*, *kompas*, *remote control*, *pH*, *suhu*.

## I. PENDAHULUAN

Air merupakan kebutuhan pokok untuk kehidupan sehari-hari. Adapun kualitas air mempengaruhi beberapa faktor diantaranya kesehatan dan lingkungan. kualitas air yang buruk tidak layak untuk dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan manusia. Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No.82 tahun 2001 air yang kualitasnya buruk akan mengakibatkan kondisi lingkungan hidup menjadi buruk sehingga akan mempengaruhi kondisi kesehatan dan keselamatan manusia serta kehidupan makhluk hidup lainnya [1]. Hal ini dapat terjadi karena kurangnya kesadaran masyarakat terhadap lingkungan terutama air, alat yang ada pada saat ini juga masih melibatkan tenaga manusia dalam pengoperasiannya.

Untuk mengatasi masalah ini ASV merupakan solusi yang inovatif. Dengan adanya ASV tersebut, memudahkan pengumpul data dalam melakukan pengumpulan data pH dan suhu. ASV merupakan kendaraan tanpa awak dapat bergerak menuju ke titik pengumpulan data.

menggunakan *GPS* dan kompas membantu kerja ASV menuju ke titik pengumpulan data. selain itu, *remote control* ditambahkan sebagai fitur *safety* dalam melintasi medan yang memiliki rintangan berkelok dan melingkar. ASV dilengkapi dengan sensor pH dan suhu untuk melakukan pengumpulan data sebagai kualitas air.

Dalam pengukuran kualitas air, air dapat mencapai baku mutu apabila dapat memenuhi parameter seperti pH dan suhu memiliki pengaruh terhadap kualitas air. Adapun semakin tinggi suhu air mengakibatkan semakin rendahnya kualitas air. Semakin rendah suhu air mengakibatkan semakin tinggi kualitas air [2]. Sesuai hasil penelitian menunjukkan bahwa sampel air PDAM suhunya memenuhi syarat kualitas air bersih yaitu berkisar antara 22-28°C berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 karena baku mutu untuk Temperatur Kelas Dua (II) yaitu deviasi 3 yang artinya, jika Temperatur normal air 25°C, maka kriteria Kelas II membatasi Temperatur air di kisaran 22°C – 28°C. pH air yang baik sesuai baku mutu mempunyai nilai sebesar 6-9 [3].

## II. KAJIAN TEORI

Dalam sistem ini terdapat berbagai landasan teori yang mendukung pembuatan dan keberhasilan sistem diantaranya, penjelasan tentang Arduino uno, arduino.ide, sensor pH, Sensor Suhu.

### A. Arduino Uno

Arduino Uno merupakan salah satu papan kontroler mikro (mikrokontroler) berbasis dataseheet Atmega328. Papan kontroler ini bersifat sumber terbuka yang paling populer karena dirancang untuk memudahkan pengendalian elektronik di segala bidang. Arduino AG sebagai perusahaan Italia yang memegang merek Arduino melakukan kegiatan bisnisnya dengan memproduksi beberapa papan kontroler lainnya.[4]

Penggunaan Arduino serie pertama sangat fleksibel dan mudah bagi programmer pemula yang hendak mengaplikasikan papan kontroler tersebut. Karena rancangan papan kontroler ini sangat simple dan menggunakan bahasa pemrograman yang mudah yakni bahasa program C. Prosesor yang ditanamkan pada papan ini yakni Atmel AVR, serta menggunakan software IDE, Text-editor, Compiler, Serial Monitor, dan Serial ISP Programmer[4].

Arduino Uno memiliki 14 pin digital input/output, dimana 6 di antaranya dapat digunakan sebagai output *PWM (Pulse Width Modulation)*. Selain itu, terdapat juga 6 pin analog input yang memungkinkan pengguna untuk membaca sinyal analog. Arduino Uno dilengkapi dengan port USB yang digunakan untuk menghubungkan papan dengan komputer. Selain itu, terdapat juga port *ICSP (In-Circuit Serial Programming)* untuk memprogram mikrokontroler secara langsung[5].

Disamping sejumlah kelebihan yang dimiliki, papan pengendali serie pertama ini memiliki sejumlah kekurangan. Diantaranya dari segi kapasitas memory penyimpanan yang sangat kecil sekitar 0,002 MB dan keterbatasan memory flash yakni 32 KB. Selain itu, kecepatan prosesor yang rendah dan tidak ada koneksi wifi, bluetooth, dan ethernet[4].

Beberapa fungsi dari arduino uno:

**Prototyping Cepat:** Arduino Uno memungkinkan pengguna untuk membuat prototipe perangkat elektronik dengan cepat dan mudah.

**Pembelajaran Pemrograman:** Arduino Uno adalah alat yang sangat baik untuk belajar pemrograman mikrokontroler dan memahami konsep-konsep dasar elektronik.

**Proyek DIY:** Dengan Arduino Uno, pengguna dapat membuat berbagai proyek DIY (*Do It Yourself*) seperti robot, sistem otomatisasi rumah, dan banyak lagi[5].

### B. Arduino Ide



Gambar 1.  
Arduino Ide

Arduino IDE adalah software yang digunakan untuk membuat sketch pemrograman atau dengan kata lain arduino IDE sebagai media untuk pemrograman pada board yang ingin diprogram. Arduino IDE ini berguna untuk mengedit, membuat, meng-upload ke board yang ditentukan, dan meng-coding program tertentu. Arduino IDE dibuat dari bahasa pemrograman JAVA, yang dilengkapi dengan library C/C++(*wiring*), yang membuat operasi input/output lebih mudah[6].

### C. Sensor pH



Gambar 2  
Sensor pH

Sensor pH merupakan salah satu alat yang paling penting untuk mengukur pH dan umumnya digunakan dalam pemantauan kualitas air. Jenis sensor ini mampu mengukur alkalinitas dan keasaman dalam air dan larutan lainnya. Jika digunakan dengan benar, sensor pH dapat memastikan keamanan dan kualitas produk serta proses yang terjadi di air limbah atau pabrik manufaktur.[7].

### D. Sensor Suhu



GAMBAR 3  
Sensor Suhu

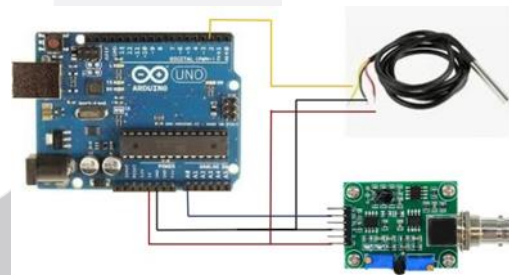
Sensor suhu yang di gunakan pada proyek ini yaitu sensor DS18B20, Sensor DS18B20 merupakan sensor digital yang memiliki 12-bit ADC internal. Sangat presisi, sebab jika tegangan referensi sebesar 5Volt, maka akibat perubahan suhu, ia dapat merasakan perubahan terkecil sebesar  $5/(2^{12}-1) = 0.0012$  Volt ! Pada rentang suhu -10 sampai +85 derajat Celcius, sensor ini memiliki akurasi +/-0.5 derajat. Sensor ini bekerja menggunakan protokol komunikasi *1-wire (one-wire)*[8].

## III. METODE

Pada Penelitian ini Membahas tentang sensor pH dan sensor Suhu pada ASV. penggunaan sensor pH dan sensor suhu pada ASV untuk mengukur nilai pH dan Suhu pada titik pengujian yang telah di tentukan agar bisa di lakukan nya monitoring dari jarak yang jekup jauh atau di tepi sungai tanpa harus melibatkan user untu terjun langsung ke dalam air, dengan demikian, sistem sensor pH dan sensor suhu ini tidak memiliki perbedaan nilai yang sangat signifikan dengan nilai aktual nya.

### A. Sistem

perancangan sistem sensor pH dan Sensor suhu pada arduino digambarkan seperti di bawah:



Kaki pada sensor Suhu berada pada pin D2, kaki Pada Sensor pH Berada di Pin A0.

### B. Kalibrasi Sensor pH

```
const int ph_Pin = A0;
float Po = 0;
float PH_step;
int nilai_analog_PH;
double TeganganPh;

// Untuk kalibrasi
float PH4 = 3.1; // Add the value of PH4
float PH7 = 2.6; // Add the value of PH7

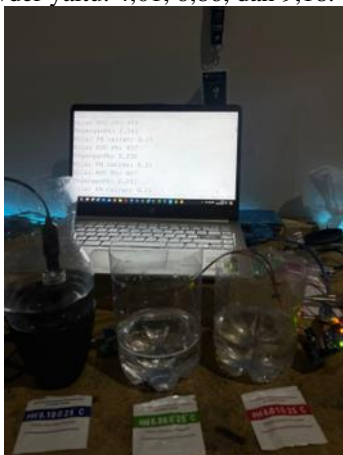
void setup() {
  pinMode(ph_Pin, INPUT);
  Serial.begin(9600);
}

void loop() {
  nilai_analog_PH = analogRead(ph_Pin);
  Serial.print("Nilai ADC Ph: ");
  Serial.println(nilai_analog_PH);
  TeganganPh = 5.0 / 1024.0 * nilai_analog_PH;
  Serial.print("TeganganPh: ");
  Serial.println(TeganganPh, 3);

  PH_step = (PH4 - PH7) / 3;
  Po = 7.00 + ((PH7 - TeganganPh) / PH_step);
  Serial.print("Nilai PH cairan: ");
  Serial.println(Po, 2);
  delay(3000);
}
```

GAMBAR 4 codingan untuk kalibrasi sensor pH

Untuk mengkalibrasi sensor pH diharuskan untuk menginput codingann kalibrasi pada arduino ide, lalu penulis menyiapkan 3 buah gelas berisi air dengan 3 macam larutan pH buffer powder yaitu: 4,01, 6,86, dan 9,18.



GAMBAR 5 Kalibrasi Dengan 3 jenis pH Buffer Powder

Maka output yang keluar pada serial monitor akan Seperti ini.

```
COM3
TeganganPh: 3.105
Nilai PH cairan: 3.97
Nilai ADC Ph: 634
TeganganPh: 3.096
Nilai PH cairan: 4.03
Nilai ADC Ph: 627
TeganganPh: 3.062
Nilai PH cairan: 4.23
Nilai ADC Ph: 628
TeganganPh: 3.066
Nilai PH cairan: 4.20
Nilai ADC Ph: 630
TeganganPh: 3.076
Nilai PH cairan: 4.14
Nilai ADC Ph: 630
TeganganPh: 3.076
Nilai PH cairan: 4.14
Nilai ADC Ph: 632
TeganganPh: 3.086
Nilai PH cairan: 4.08
Nilai ADC Ph: 636
TeganganPh: 3.105
Nilai PH cairan: 3.97
Nilai ADC Ph: 632
TeganganPh: 3.096
Nilai PH cairan: 4.08
Nilai ADC Ph: 629
TeganganPh: 3.071
```

GAMBAR 6 Output dari sensor pH

Setelah muncul pada serial monitor lalu penulis mencatat nilai perbandingan antara sensor pH dengan nilai larutan pH Buffer Powder, tahap terakhir yaitu memverifikasi dari hasil pengujian apakah nilai pH yang muncul Sesuai dengan nilai pada pH buffer powder atau tidak.

TABEL 1

Hasil kalibrasi Sensor pH			
pengujian ke-	Nilai PH powder	nilai pada sensor pH	Error
1	4,01	3,11	0,90
2	4,01	3,11	0,90
3	4,01	3,09	0,91
4	4,01	3,10	0,90
5	4,01	3,09	0,91
6	6,86	6,61	0,29
7	6,86	6,62	0,28
8	6,86	6,62	0,28
9	6,86	6,62	0,28
10	6,90	6,61	0,29
11	9,18	9,24	0,03
12	9,18	9,23	0,02
13	9,18	9,23	0,02
14	9,18	9,23	0,01
15	9,18	9,23	0,01
16	4,01	4,06	0,05
17	4,01	4,08	0,07
18	4,01	4,11	0,10
19	4,01	4,10	0,09
20	4,01	4,08	0,07
21	6,90	6,72	0,18
22	6,90	6,71	0,19
23	6,90	6,71	0,19
24	6,90	6,72	0,18
25	6,90	6,73	0,17
26	9,18	9,23	0,02
27	9,18	9,23	0,02
28	9,18	9,23	0,02
29	9,18	9,23	0,01
30	9,18	9,23	0,01
		<b>Rata Rata Error</b>	<b>0,21</b>
		<b>Jumlah Total Error</b>	<b>6,33</b>

Berdasarkan hasil pengujian didapatkan nilai rata-rata error 0,21 dan jumlah total errornya sebanyak 6,33 dari 30 kali pengujian. dari hasil tersebut maka dapat dikatakan sensor telah terkalibrasi cukup baik.

C. Kalibrasi Sensor Suhu

```
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>

#define ONE_WIRE_BUS 2

// Persamaan kalibrasi
float m = 1.0378; // Koefisien m
float c = -0.4489; // Nilai offset

OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
DallasTemperature sensors(&oneWire);

void setup(void) {
  Serial.begin(9600);
  sensors.begin();
}

void loop(void) {
  sensors.requestTemperatures(); // Kirim perintah untuk mendapatkan suhu
  float tempC_raw = sensors.getTempCByIndex(0); // Baca suhu mentah

  // Kalibrasi suhu menggunakan persamaan y = mx + c
  float tempC_calibrated = m * tempC_raw + c;

  Serial.print("NILAI TEMPERATURE (SETELAH KALIBRASI) = ");
  Serial.println(tempC_raw);
  Serial.print("NILAI TEMPERATURE (SEBELUM KALIBRASI) = ");
  Serial.println(tempC_calibrated);

  delay(1000);
}
```

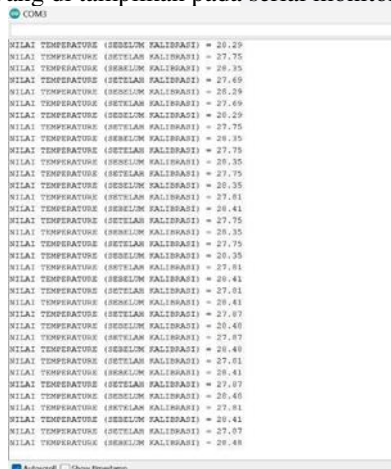
GAMBAR 7  
Coding kalibrasi sensor suhu

Tahap awal untuk mengkalibrasi sensor suhu dengan memasukan coding kalibrasi pada Arduino ide setelah memasukan codingan penulis menyiapkan beberapa air dengan perbedaan suhu dan termometer digital sebagai acuan kalibrasi.



GAMBAR 8.  
Pengujian sensor suhu dan Termometer

Setelah melakukan pengujian maka langkah berikutnya yaitu mencatat hasil perbandingan nilai pada termometer dengan sensor suhu yang di tampilkan pada serial monitor



Gambar 9.  
output dari nilai Sensor Suhu

Setelah tercatat maka hal yang harus di lakukan adalah verifikasi hasil kalibrasi, pastikan nilai pada sensor suhu dengan termometer tidak ada perubahan yg signifikan.

TABEL 2.  
Hasil Kalibrasi Sensor Suhu

pengujian ke-	Nilai sensor (Setelah Kalibrasi)	Nilai Termometer	Error
1	27,80	27,80	0,00
2	20,81	20,60	0,21
3	43,50	43,30	0,20
4	43,00	42,80	0,20
5	40,56	39,70	0,86
6	35,00	34,30	0,70
7	34,30	33,80	0,50
8	31,31	31,20	0,11
9	27,81	27,60	0,21
10	27,25	27,10	0,15
11	60,69	60,5	0,19
12	61,5	61,3	0,2
13	62,06	61,98	0,08
14	62,50	61,98	0,52
15	62,81	62,72	0,09
16	63,06	63,13	0,07
17	63,13	63,13	0,00
18	63,06	63,13	0,07
19	62,88	62,70	0,18
20	62,63	62,60	0,03
21	40,75	40,60	0,15
22	39,69	39,50	0,19
23	39,00	38,98	0,02
24	38,63	38,50	0,13
25	38,31	38,27	0,04
26	38,06	37,98	0,08
27	37,88	37,78	0,10
28	37,69	37,58	0,11
29	37,44	37,38	0,06
30	37,44	37,38	0,06
		<b>Rata - Rata error</b>	<b>0,18</b>
		<b>Jumlah Total Error</b>	<b>5,51</b>

Dari hasil tabel di atas dapat di katakan kalibrasi pada sensor suhu berhasil karena nilai perbandingan yang tidak terlalu signifikan.

D. Pengujian

Setelah melakukan kalibrasi pada sensor pH dan sensor Suhu maka alat siap di letakan pada badan kapal atau ASV untuk melakukan pengujian pada air sungai.



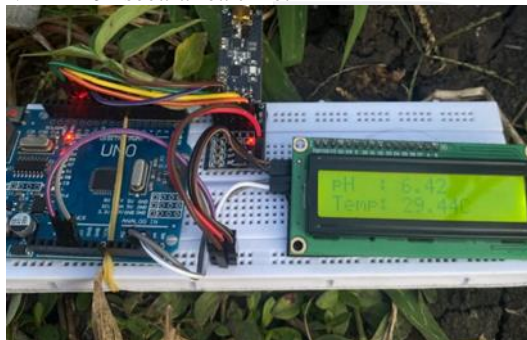
GAMBAR 10.  
Sensor pH dan Suhu Di letakan pada ASV

Setelah Sensor pH dan Suhu di letakan pada kapal, kapal di letakan ke daerah perairan untuk melakukan pengujian kualitas air.



GAMBAR 11.  
Kapal menuju titik pengujian

Setelah kapal mencapai ke titik pengujian maka sensor pH dan sensor Suhu pun juga menyala dan mengukur nilai pH dan Suhu air di daerah tersebut namun untuk di pengujian ini data di kirimkan ke LCD yang ada pada user melalui sinyal radio dengan modul NRF24L01 secara realtime.



GAMBAR 12.  
Output Hasil pengukuran nilai pH dan Suhu di titik pengujian

Pengujian pada daerah peraian ini dilakukan secara Berulang Kali Sebanyak 25 kali hingga menghasilkan Data seperti di bawah ini

TABEL 3.

Hasil Pengujian Pada Titik Pengujian yang telah di tentukan

NO	Jarak (meter)		nilai pH		nilai suhu	
	Start	Finish	Start	Finish	Start	Finish
1	1	20	7,67	6,43	30,62	29,44
2	1	20	7,63	6,43	30,58	29,45
3	1	20	7,65	6,45	30,6	29,46
4	1	20	7,67	6,44	30,63	29,42
5	1	20	7,67	6,44	30,63	29,44
6	2	15	7,36	6,72	30,5	29,02
7	2	15	7,38	6,77	30,58	29,86
8	2	15	7,38	6,74	30,49	29,87
9	2	15	7,37	6,73	30,53	29,90
10	2	15	7,41	6,72	30,53	29,88
11	10	10	6,96	6,95	30,38	30,34
12	10	10	7	7	30,34	30,35
13	10	10	6,98	6,88	30,36	30,36
14	10	10	6,98	6,89	30,35	30,34
15	10	10	6,98	6,90	30,34	30,38
16	15	2	6,74	7,43	29,88	30,53

17	15	2	6,78	7,38	29,89	30,49
18	15	2	6,74	7,39	29,88	30,55
19	15	2	6,74	7,35	29,88	30,51
20	15	2	6,74	7,37	29	30,64
21	20	1	6,42	7,65	29,44	30,6
22	20	1	6,42	7,68	29,44	30,58
23	20	1	6,42	7,63	29,42	30,63
23	20	1	6,42	7,69	29,43	30,64
25	20	1	6,43	7,68	29,43	30,62
<b>RATA-RATA</b>			<b>7,04</b>	<b>7,02</b>	<b>30,13</b>	<b>30,17</b>

pada pengujian ini diperoleh rata rata nilai pH di berbagai titik yaitu 7,04 dan nilai rata rata suhu yaitu 30,13 derajat celcius.

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini akan membahas mengenai pengujian Sensor pH dan Sensor suhu pada alat *Autonomus Surface Vehicle (ASV)* yang dirancang untuk memantu masyarakat dalam memonitoring kualitas air sungai.

##### A. Implementasi Sistem

*Autonomus Surface Vehicle* merupakan sebuah kapal tanpa awak yang dapat bergerak secara otomatis sesuai titik koordinat yang di tentukan dimana ada proyek kali ini sisitem ini digunakan untuk memonitoring kualitas air sungai berdasarkan nilai kadar ph nya dan nilai Suhu air, proyek ini berfungsi untuk mempermudah masyarakat dalam memonitoring kualitas air di sekitarnya tanpa harus turun langsung ke daerah perairan.

##### B. Pengujian Sensor pH dan Sensor Suhu

Pada pengujian ini Sensor pH dan Suhu yang telah di kalibrasi dengan baik mampu melakukan pengukuran kualitas pH dan Suhu pada tempat pengujian yang telah di tentukan dengan baik dengan hasil yang cukup baik yaitu rata rata nilai pH di 7,04 dan rata rata nilai suhu di 30,13 derajat celcius.

##### C. Analisis Hasil Pengujian

Berdasarkan Hasil pengujian data yang di dapat mulai dari kalibrasi hingga pengujian di titik sungai yang di tentukan perubahan nilai pH dan Suhu dengan kondisi real nya tidak signifikan maka dapat di simpulkan bahwa sistem sensor pengukuran kualitas air ini sudah berfungsi cukup baikdan ketika di letakan pada ASV sistem sensor pun langsung bekerja dan mengirimkan pembacaan nilai pH dan Suhu secara real time.

#### V. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan dan menguji Sistem sensor pH dan sensor Suhu untuk mengukur kualitas air sungai yang dapat di pantau atau di monitoring dari jauh secara real time bersamaan dengan *Autonomus Surface Vehicle* yang dapat bergerak secara otomatis sesuai titik koordinat, dengan akurasi 90% meskipun terdapat perbedaan nilai pH dan Suhu yang sangat sedikit dan tidak signifikan, sistem initetap mampu memenuhi kriteria yang di tetapkan, menunjukan bahwa solusi yang di kembangkan efektif dan dapat diimplementasikan dalam kehidupan masyarakat untuk menjaga kualitas air di sekitar masyarakat.

## REFERENSI

- [1] Presiden Republik Indonesia. (2001). *Penjelasan Atas Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air*
- [2] Naila Salsabila, 2023. Pengaruh Suhu Pada Hasil Pengukuran pH Air. Hanna Instruments. Jawa Tengah. <https://hannainst.id/pengaruh-suhu-pada-hasil-pengukuran-ph-air/>
- [3] Widia Rahmawati Pahilda, S.T. 2018 Pemantauan Kualitas Air Sungai <https://gesi.co.id/pemantauan-kualitas-air-sungai/>
- [4] D3 teknologi telekomunikasi, Telkom University, Allright reserved, 2024 <https://dte.telkomuniversity.ac.id/apa-itu-arduino-uno-dan-kegunaannya/>
- [5] moh. rasyid ridho, "panduan lengkap: apa itu arduino uno dan manfaatnya?", 2024 <https://bee.telkomuniversity.ac.id/panduan-lengkap-apa-itu-arduino-uno-dan-manfaatnya/>
- [6] Erintafifah, 2021. mengenal perangkat lunak arduino ide <https://www.kmtech.id/post/mengenal-perangkat-lunak-arduino-ide>
- [7] Murni, 2022. apa itu sensor pH dan bagaimana cara kerjanya? <https://apureinstrument.com/blogs/about-ph-sensor/>
- [8] Fakultas Teknik universitas Medan Area, 2021. menggunakan sensor suhu DS18B20 pada arduino <https://elektro.uma.ac.id/2021/03/10/10780/>