

Alat Ukur Kualitas Air (Suhu, pH, TDS, Kadar Garam, dan Kekeruhan)

Bobi Khoerun¹, Indra Fitriyanto², dan Icha Fatwasauri³

^{1,2,3} Politeknik Negeri Indramayu

Jalan Lohbener Lama No.08 Legok Kec.Lohbener Kabupaten Indramayu 45252

e-mail: bobikhoerun@polindra.ac.id

Abstrak— Air merupakan kebutuhan primer manusia, sehingga kualitas air yang digunakan harus diperhatikan. Khususnya pada pengolahan air PDAM, setiap proses harus diukur kualitas airnya. Saat ini proses pengukuran kualitas air masih menggunakan alat ukur yang terpisah, sehingga membutuhkan waktu yang lebih lama untuk mendapatkan hasilnya. Selain itu, data hasil pengukuran masih dicatat dan diolah secara manual. Oleh karena itu, untuk mempersingkat waktu, PDAM dapat menggunakan alat ukur kualitas air yang sudah terintegrasi menjadi satu yaitu sekaligus untuk pengukuran TDS, kekeruhan, suhu, pH, dan kadar garam. Tujuan dari penelitian ini adalah membuat rancang bangun alat ukur kualitas air dengan beberapa parameter. Sistem kerja alat ini adalah sensor akan dimasukkan ke dalam sample air kemudian hasil data air yang diukur akan muncul. Data tersebut dikirim ke mikrokontroler dan ditampilkan sehingga mempermudah pembacaan hasil. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semua sensor yaitu sensor suhu, sensor pH, sensor TDS, sensor Kadar Garam, dan sensor Turbidity bekerja dengan baik.

Kata kunci : PDAM, TDS, Kekeruhan, Suhu, pH

Abstract— Water is a primary human need, so the quality of the water used must be considered. Especially in PDAM water processing, each process must have its water quality measured. Currently, the process of measuring water quality still uses separate measuring instruments, so it takes longer to get the results. Apart from that, measurement data is still recorded and processed manually. Therefore, to shorten time, PDAMs can use water quality measuring instruments that are integrated into one, namely simultaneously measuring TDS, turbidity, temperature, pH and salt content. The aim of this research is to design a water quality measuring instrument with several parameters. The working system of this tool is that the sensor will be inserted into the water sample and then the results of the measured water data will appear. The data is sent to the microcontroller and displayed, making it easier to read the results. The research results show that all sensors, namely temperature sensors, pH sensors, TDS sensors, salt content sensors and turbidity sensors work well.

Keywords : PDAM, TDS, Turbidity, Temperature, pH

I. PENDAHULUAN

Proses pengolahan air PDAM terdiri dari berbagai tahapan yaitu proses pengadukan cepat, proses pengadukan lambat, proses sedimentasi, proses filter, dan proses disinfektan. Apabila proses pengambilan air baku tidak diukur parameter kualitas airnya, maka hasil pengolahan air PDAM tidak dapat sesuai dengan standar kesehatan yang sudah ditentukan. Saat ini proses pengukuran kualitas air masih dilakukan dengan alat ukur yang terpisah sehingga membutuhkan waktu yang lebih banyak. Disamping itu, hasil data pengukuran yang didapatkan, dicatat dan diolah secara manual. Hal ini akan membuat waktu yang dibutuhkan bertambah banyak.

Berdasarkan data tersebut, maka rumusan

masalah yang perlu dipecahkan adalah bagaimana cara untuk membuat alat ukur beberapa parameter kualitas air PDAM menjadi satu alat ukur yang terintegrasi, sehingga proses pengukuran dapat berjalan lebih cepat. Selain itu rumusan masalah yang lain yaitu bagaimana caranya agar data pengukuran yang dihasilkan dapat diketahui dan diproses secara otomatis sehingga data dapat ditinjau lebih cepat.

Untuk memecahkan masalah tersebut, peneliti akan membuat sebuah alat ukur kualitas air dengan beberapa parameter yang terintegrasi menjadi satu sehingga proses pengukuran dapat dilakukan dengan lebih cepat, sehingga data hasil pengukuran dapat diketahui secara lebih cepat.

Penelitian terkait rancang bangun pengukuran kualitas air sudah beberapa kali dilakukan peneliti lain.

Salah satunya adalah peneliti tersebut melakukan pengukuran satu parameter yaitu pengukuran suhu air menggunakan sensor suhu DS18B20. Penggunaan sensor DS18B20 dikolaborasikan dengan mikrokontroler Arduino uno [1]. Pada penelitian lain, penulis mengukur keasaman air menggunakan sensor pH. Air baku yang diambil dari sumur bor STT Migas, sedangkan air pembandingnya adalah air dari PDAM [2]. Peneliti lain mengukur kekeruhan air menggunakan sensor LDR. Prinsip kerjanya yaitu jika ada Cahaya yang mengenai LDR maka resistansi akan semakin mengecil [3].

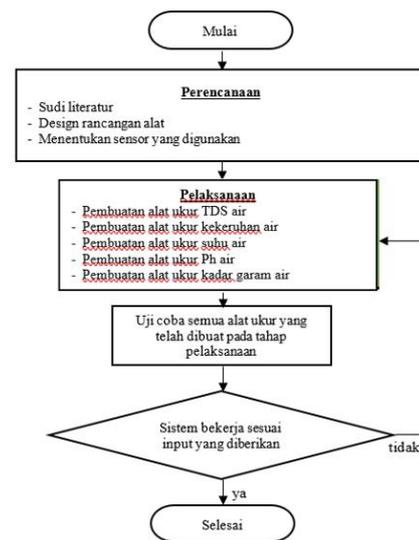
Peneliti lain mengukur beberapa parameter kualitas air secara bersamaan dengan menggunakan alat ukur yang terpisah. Untuk pengukuran kekeruhan air, penulis tersebut menggunakan langkah-langkah manual yaitu dengan cara memasukkan sampel air kedalam botol, lalu sampel air yang ada di dalam botol di tuangkan dari atas ke bawah secara beraturan selama 10 Menit. Sampel air di diamkan selama 25 setelah itu baru diamati kekeruhan di dalam sampel. Pengukuran suhu air menggunakan thermometer yang dimasukkan ke dalam air. Pengukuran TDS air menggunakan alat ukur TDS. Sedangkan pengukuran pH air menggunakan pH Analyzer. Semua data yang diambil tersebut, dilakukan secara manual dan tidak menggunakan mikrokontroler [4]. Pada penelitian lain, penulis menekankan pada akurasi sensor untuk mengukur TDS dan kekeruhan air [5]. Pada penelitian lain, Alat ukurnya digunakan untuk mengukur kualitas air dengan parameter pH, suhu, tingkat kekeruhan, dan jumlah padatan terlarut. Sistem tersebut menggunakan mikrokontroler arduino uno [6].

Berdasarkan studi literatur tersebut menunjukkan bahwa alat ukur yang dibuat belum terintegrasi dengan lima parameter, sehingga penulis membuat rancang bangun alat ukur kualitas air dengan lima parameter. Selain itu alat ukur dari beberapa parameter kualitas air dijadikan satu dan terintegrasi dalam satu alat ukur. Hal ini untuk mengatasi lamanya pengukuran karena alat ukur yang terpisah. Oleh karena itu, dibuatlah sebuah rancang bangun alat ukur kualitas air dengan parameter TDS, kekeruhan, suhu, pH, dan kadar garam.

II. METODE

A. Alur Penelitian

Secara umum, tahapan penelitian ini dapat digambarkan melalui diagram alir berikut.



Gambar 1. Flowchart Alur Penelitian

• Tahap Perencanaan

Tahap awal dari penelitian ini adalah tahap perencanaan. Tahap ini dilakukan dengan cara studi literatur baik dari buku, jurnal, maupun internet. Studi literatur sudah dilakukan penulis karena untuk mengumpulkan teori teori yang dibutuhkan. Studi literatur ditujukan untuk mengetahui perkembangan penelitian terkait kualitas air yang sudah dikerjakan oleh peneliti lain. Disamping itu, studi literatur dilakukan untuk mengetahui penerapan sensor sensor yang ada untuk mengukur kualitas air PDAM. Selanjutnya, dilakukan *design* rancangan alat agar saat pembuatan alat dapat berjalan dengan baik.

• Tahap Pelaksanaan

Secara umum sistem kerja alat ukur kualitas air PDAM dibuat dapat dijelaskan sebagai berikut: Pengukuran TDS air menggunakan sensor TDS. Sensor TDS merupakan sensor yang bekerja dengan cara mendeteksi konduktifitas suatu larutan. Semakin konduk suatu larutan, maka nilainya akan berubah, jadi jika cairan mengandung banyak mineral maka konduktivitasnya semakin tinggi dan outputnya akan semakin besar [7].

Pengukuran kekeruhan air menggunakan sensor turbidity. Sensor turbidity merupakan sensor yang dapat mendeteksi partikel partikel yang terkandung dalam air. Semakin banyak partikel yang terkandung dalam air, maka semakin tinggi tingkat kekeruhan air yang diikuti oleh perubahan hasil yang ukur oleh sensor. Hasil pengukuran akan ditransfer menjadi tegangan maupun arus listrik yang dapat mengukur tingkat kekeruhan air [8].

Pengukuran suhu air dilakukan dengan sensor DS18B20. Sensor DS18B20 merupakan

sensor yang dapat mengukur perubahan suhu yang dikonversikan menjadi besaran listrik [9].

Pengukuran pH air menggunakan sensor pH. Modul sensor pH merupakan salah satu sensor yang umumnya digunakan untuk membaca nilai pH yang terkandung pada larutan atau cairan [10].

Pengukuran kadar garam air menggunakan sensor salinitas air. Sensor tersebut akan mengukur seberapa banyak garam yang terkandung dalam air. Output dari sensor ini akan menjadi input Arduino uno.

Sensor sensor di atas akan dihubungkan ke pin ADC pada Arduino Uno sebagai mikrokontroler untuk membaca perubahan besaran listrik yang ada. Sumber tegangan listrik menggunakan DC.

• Tahap Uji Coba

Setelah semua perancangan alat sudah selesai, langkah selanjutnya yaitu uji coba alat. Pertama yang diujicobakan adalah sensor yang sudah terpasang. Agar hasil pembacaan sensor sesuai dengan hasil yang diinginkan, perlu dilakukan kalibrasi dengan cara membandingkan hasil pembacaan sensor dengan alat pengukuran yang sudah ada dan memenuhi standar. Uji coba sensor dilakukan satu persatu dari sensor yang sudah terpasang. Jika ada salah satu atau beberapa sensor yang tidak berfungsi maka dilakukan pengecekan terhadap sumber tegangan yang tersupply. Berikutnya pengecekan kinerja dari masing masing sensor tersebut.

Mikrokontroler yang dipakai yaitu ESP32. Jika pembacaan hasil sensor di serial monitor tidak sesuai, maka akan dilakukan pengecekan terhadap program mikrokontroler yang sudah dibuat ketika pengecekan sumber tegangan dan kinerja masing masing sensor sudah dilakukan. Program yang salah akan diubah dan diujicobakan kembali sampai hasil di penampil sesuai dengan yang diharapkan.

Setelah semua dilakukan pengecekan baik program maupun alat, maka alat ukur kualitas air akan diujicobakan di proses pengolahan air PDAM secara langsung. Jika terdapat *error*, maka akan dilakukan *troubleshooting* kembali. Hal tersebut dilakukan terus menerus sampai hasil pengukuran kualitas air sesuai dengan yang diharapkan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

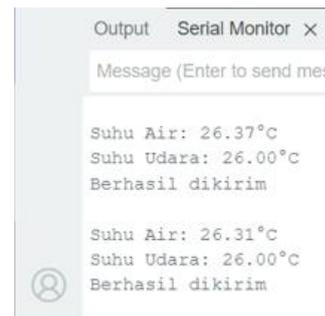
A. Ujicoba Sensor Suhu

Sensor suhu yang digunakan adalah dua sensor suhu DS18B20. Salah satu digunakan untuk mengukur suhu air, sedangkan satunya digunakan untuk mengukur suhu udara. Berikut adalah gambar rangkaian pengambilan data sensor suhu:



Gambar 2 Rangkaian Ujicoba Sensor Suhu

Berikut adalah hasil yang ditampilkan pada serial monitor. Hasil tersebut menunjukkan bahwa hasil serial monitor sudah baik.



Gambar 3 Hasil Serial Monitor

Berikut adalah perbandingan hasil serial monitor dan alat ukur di pasaran:

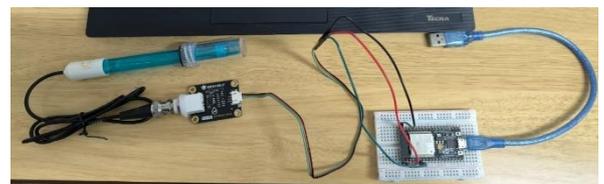
Tabel 1. Perbandingan Hasil Pengukuran Suhu

Jenis	Serial Monitor	Alat Ukur di Pasaran	Error	%Error
Air	24,37	24	0,37	0,015
Air Hangat	35,13	35	0,13	0,004
Udara	26,75	25	1,75	0,070

Tabel tersebut menunjukkan bahwa hasil sensor di serial monitor dengan alat ukur suhu (menggunakan multimeter yang dapat mengukur suhu) tidak jauh berbeda. Error paling besar yaitu 0,070 %.

B. Ujicoba Sensor pH

Sensor yang digunakan adalah sensor pH. Berikut adalah gambar rangkaian pengambilan data sensor pH:



Gambar 4 Rangkaian Ujicoba Sensor pH

Sebelum diujicoba, sensor PH dikalibrasi terlebih dahulu. Cara kalibrasi adalah sebagai berikut:

a. Memasukkan kata “enterph” kemudian enter

```

Output Serial Monitor X
Message (Enter to send message to 'ESP32 Dev Module' on 'COM7')

[readPH]... pHValue 8.53
Berhasil dikirim

[readPH]... pHValue 8.14

>>>Enter PH Calibration Mode<<<
>>>Please put the probe into the 4.0 or 7.0 standard buffer solution<<<

Berhasil dikirim
    
```

Gambar 5 Hasil setelah Pengetikan enterph

b. Memasukkan sensor pH pada cairan kalibrasi pH 4. Kemudian memasukkan kata "calph" untuk kalibrasi sensor.



Gambar 6 Sensor dimasukkan ke Cairan pH

```

Output Serial Monitor X
Message (Enter to send message to 'ESP32 Dev Module' on 'COM7')

[readPH]... pHValue 4.80

>>>Buffer Solution:4.0,Send EXITPH to Save and Exit<<<

Berhasil dikirim

[readPH]... pHValue 3.47
Berhasil dikirim
    
```

Gambar 7. Hasil setelah Pengetikan calph

c. Ketik kata “exitph” untuk menyimpan dan keluar

```

Output Serial Monitor X
Message (Enter to send message to 'ESP32 Dev Module' on 'COM7')

[readPH]... pHValue 3.86

>>>Calibration Successful,Exit PH Calibration Mode<<<

Berhasil dikirim

[readPH]... pHValue 3.88
Berhasil dikirim
    
```

Gambar 8. Hasil setelah Pengetikan exitph

Berikut adalah hasil pengukuran pH pada serial monitor sama dengan *buffer solution*.

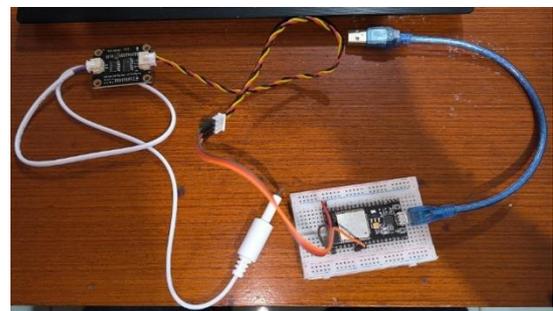
Tabel 2. Perbandingan Hasil Pengukuran pH

Jenis Air	Serial Monitor	Buffer Solution	Error	%Error
Air pH Kalibrasi 4	3,86	4	0,14	0,04
Air pH Kalibrasi 7	7,13	7	0,13	0,02

Tabel tersebut menunjukkan bahwa perbandingan hasil sensor di serial monitor dengan cairan pH tidak jauh berbeda. Error paling besar yaitu 0,04 %.

C. Ujicoba Sensor TDS

Sensor yang digunakan adalah sensor TDS. Berikut adalah gambar rangkaian pengambilan data sensor TDS:



Gambar 9 Rangkaian Ujicoba Sensor TDS

Sebelum diujicoba, sensor TDS dikalibrasi terlebih dahulu. Cara kalibrasi adalah sebagai berikut:

a. Memasukkan kata “enter” kemudian enter

```

sketch_nov16n Arduino IDE 2.3.3
File Edit Sketch Tools Help
ESP32 Dev Module

sketch_nov16n
19 void loop()
20 {
21 // led.on();
22 gravitytds.setTemperature(temp); // set the temperature and execute temperature compensation
23 gravitytds.update(); //sample and calculate
24 tds = gravitytds.getTdsValue(); // then get the value
25 Serial.println("");
26 Serial.println("TDS(ppm)= " + String(tds));
27 }

Output Serial Monitor X
Message (Enter to send message to 'ESP32 Dev Module' on 'COM7')

Berhasil dikirim
TDS (ppm)= 0.00
Berhasil dikirim
>>>Enter Calibration Mode<<<
>>>Please put the probe into the standard buffer solution<<<

TDS (ppm)= 0.00
Berhasil dikirim
TDS (ppm)= 0.00
Berhasil dikirim
    
```

Gambar 10. Hasil setelah Pengetikan enter

b. Memasukkan "cal:tds value" untuk kalibrasi sensor. Karena air kalibrasi TDS memiliki nilai 1000 ppm, maka input kata “cal:1000”



```

sketch_nov7a.ino
19 void bacaSensor()
20 {
21   // lcd.clear();
22   gravityTds.setTemperature(temp); // set the temperature and execute temperature compensation
23   gravityTds.update(); //sample and calculate
24   tds = gravityTds.getTdsValue(); // then get the value
25   Serial.println("");
26   Serial.println("TDS(ppm)= " + String(tds));
27 }
    
```

Output Serial Monitor x

Message (Enter to send message to 'ESP32 Dev Module' on 'COM7')

```

>>>Confirm Successful,R10,T3, Read EEPROM to Save and Restore
TDS (ppm) = 0.00
Berhasil dikirim
TDS (ppm) = 998.04
Berhasil dikirim
TDS (ppm) = 998.04
Berhasil dikirim
TDS (ppm) = 1000.00
Berhasil dikirim
TDS (ppm) = 998.04
Berhasil dikirim
TDS (ppm) = 999.02
Berhasil dikirim
    
```

Gambar 11. Hasil setelah Pengetikan cal:1000

c. Ketik kata “exit” untuk menyimpan dan keluar

```

sketch_nov7a.ino
19 void bacaSensor()
20 {
21   // lcd.clear();
22   gravityTds.setTemperature(temp); // set the temperature and execute temperature compensation
23   gravityTds.update(); //sample and calculate
24   tds = gravityTds.getTdsValue(); // then get the value
25   Serial.println("");
26   Serial.println("TDS(ppm)= " + String(tds));
27 }
    
```

Output Serial Monitor x

Message (Enter to send message to 'ESP32 Dev Module' on 'COM7')

```

TDS (ppm) = 1003.63
Berhasil dikirim
>>>Calibration Successful,R Value Saved,Exit Calibration Mode<<<
TDS (ppm) = 1004.92
Berhasil dikirim
TDS (ppm) = 1001.66
Berhasil dikirim
TDS (ppm) = 1000.00
Berhasil dikirim
TDS (ppm) = 1000.98
Berhasil dikirim
TDS (ppm) = 999.02
Berhasil dikirim
    
```

Gambar 12. Hasil setelah Pengetikan exit

Berikut adalah perbandingan hasil serial monitor dan cairan kalibrasi TDS.

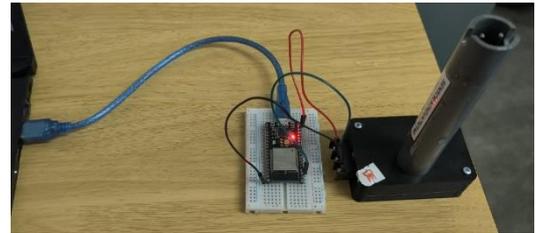
Tabel 3. Perbandingan Hasil Pengukuran TDS

Jenis Air	Serial Monitor	Alat di Pasaran	Error	%Error
Air Bening	154,27	168	13,73	0,08
Air TDS Kalibrasi 1000 ppm	995,11	990	5,11	0,01
Air TDS Kalibrasi 1382 ppm	998,04	1385	386,96	0,28

Tabel tersebut menunjukkan bahwa hasil sensor di serial monitor dengan cairan TDS tidak jauh berbeda. Error paling besar yaitu 0,28 %.

D. Ujicoba Sensor Garam

Sensor yang digunakan adalah sensor konduktivitas. Berikut adalah gambar rangkaian pengambilan data sensor garam:



Gambar 13 Rangkaian Ujicoba Sensor Garam

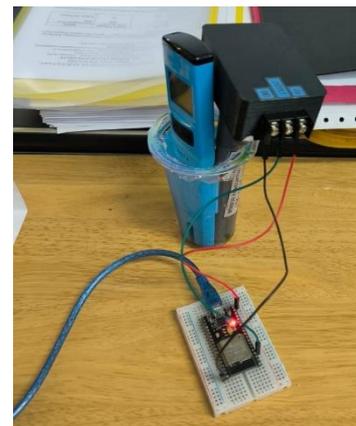
Sebelum diujicoba, hasil sensor garam (tegangan) diubah ke satuan mS/cm terlebih dahulu. Caranya adalah sebagai berikut:

a. Pengambilan Data ADC dan mS/cm

Data ADC adalah data dari sensor, sedangkan mS/cm adalah data dari alat ukur konduktivitas yang ada dipasaran. Data ADC diambil sebanyak 25 kali agar proses perubahan dari ADC ke mS/cm lebih akurat. Ukuran satu sendok garam dapat dilihat pada gambar 14.



Gambar 14 Ukuran Satu Sendok Garam



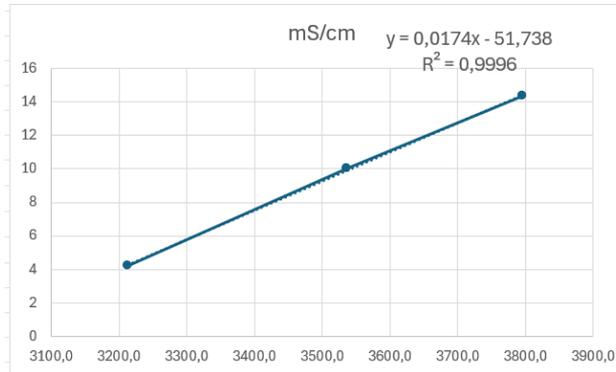
Gambar 15 Proses Pengambilan data ADC dan mS/cm

b. Pembuatan Grafik

Berikut adalah hasil data ADC dan mS/cm yang sudah diambil kemudian dibuat grafik hubungan antara ADC dan mS/cm.

Tabel 4. Data ADC dan mS/cm

ADC	mS/cm
3212,6	4,21
3537,0	10,03
3796,2	14,37



Gambar 16 Hubungan antara data ADC dan mS/cm

c. Rumus Regresi Linier

Berdasarkan grafik di atas, dibuatlah rumus regresi linier yang akan dimasukkan dalam program ESP32 sehingga hasil dari sensor sudah dalam satuan mS/cm.

$$y = 0,0174x - 51,738$$

Berikut adalah perbandingan hasil serial monitor dan alat ukur konduktivitas di pasaran.

Tabel 5. Perbandingan Hasil Pengukuran Sensor Garam

Jenis Air	Serial Monitor (mSiemens)	Alat di Pasaran (mS/cm)	Error	%Error
1 Sendok	7,21	5,62	1,59	0,28
2 Sendok	12,05	10,73	1,32	0,12
3 Sendok	18,26	15,99	2,27	0,14

Tabel tersebut menunjukkan bahwa hasil sensor di serial monitor dengan alat ukur konduktivitas di pasaran tidak jauh berbeda. Error paling besar yaitu 0,28 %.

E. Ujicoba Sensor Turbidity

Sensor yang digunakan adalah sensor turbidity. Berikut adalah gambar rangkaian pengambilan data sensor turbidity:



Gambar 17 Rangkaian Ujicoba Sensor Turbidity

Sebelum diujicoba, hasil sensor turbidity (ADC) diubah ke satuan NTU terlebih dahulu. Caranya adalah sebagai berikut:

a. Pengambilan Data ADC dan NTU

Data ADC adalah data dari sensor, sedangkan NTU adalah data dari alat ukur turbidity yang ada dipasaran. Data ADC diambil sebanyak 25 kali agar proses perubahan dari ADC ke NTU lebih akurat.



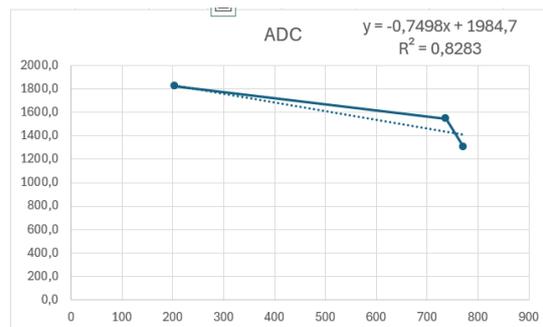
Gambar 18. Proses Pengambilan Data Kekeruhan menggunakan 3 Jenis Air

b. Pembuatan Grafik

Berikut adalah hasil data ADC dan NTU yang sudah diambil kemudian dibuat grafik hubungan antara ADC dan NTU.

Tabel 6. Data ADC dan NTU

NTU	ADC
203,7	1825,2
737,5	1543,6
771,6	1300,9



Gambar 19 Hubungan antara data ADC dan NTU

c. Rumus Regresi Linier

Berdasarkan grafik di atas, dibuatlah rumus regresi linier yang akan dimasukkan dalam program ESP32 sehingga hasil dari sensor sudah dalam satuan NTU.

$$y = -0,7498x + 1984,7$$

Berikut adalah perbandingan hasil serial monitor, dan alat ukur NTU di pasaran. Tabel tersebut menunjukkan bahwa hasil sensor di serial monitor dengan alat ukur NTU di pasaran tidak jauh berbeda. Error paling besar yaitu 1,86 %.

Tabel 7. Perbandingan Hasil Pengukuran Sensor Turbidity

Jenis Air	Serial Monitor (NTU)	Alat di Pasaran (NTU)	Error	%Error
Teh	601,32	210	391,32	1,86
Krimmer	839,76	664,4	175,36	0,26
Susu Coklat	1170,42	732,3	438,12	0,60

IV. KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa semua sensor yaitu sensor suhu, sensor pH, sensor TDS, sensor Kadar Garam, dan sensor Turbidity bekerja dengan baik

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Rozaq IA, Yulita N. Uji karakterisasi sensor suhu DS18B20 waterproof berbasis arduino

- uno sebagai salah satu parameter kualitas air. Prosiding SNATIF Ke-4. 303-309, 2017.
- [2] Karang J, Sugeng B, Sulardi. Uji keasaman air dengan alat sensor pH di STT Migas Balikpapan. *Jurnal Kacapuri*. Volume 2 Nomor 1. 65-72, 2019. doi : <http://dx.doi.org/10.31602/jk.v2i1.2065>
- [3] Cahyono BE, Utami ID, Lestari NP, Oktaviany NS. Karakterisasi sensor LDR dan aplikasinya pada alat ukur tingkat kekeruhan air berbasis arduino uno. *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika*. Vol.7 No.2. 179-186, 2019. doi : <http://dx.doi.org/10.23960%2Fjtaf.v7i2.2247>
- [4] Gusril H. Studi kualitas air minum PDAM di Kota Duri Riau. *Jurnal Geografi*. Vol 8 No 2, 2016.
- [5] Wirman RP, Wardhana I, Isnaini VA. Kajian tingkat akurasi sensor pada rancang bangun alat ukur *total dissolved solids* (TDS) dan tingkat kekeruhan air. *Jurnal Fisika*. Vol.9 No.1. 37-46, 2019. doi: <https://doi.org/10.15294/jf.v9i1.17056>
- [6] Amani F, Prawiroredjo K. Alat ukur kualitas air minum dengan parameter pH, suhu, tingkat kekeruhan, dan jumlah padatan terlarut. *JETri*. Vol.14 No.1. 49-62, 2016.
- [7] Aulia NP. Sistem kontrol PPM (parts per milion) larutan nutrisi hidroponik pada tanaman selada menggunakan sensor TDS. Tugas Akhir. Indramayu:Politeknik Negeri Indramayu; 2023
- [8] Toni N, Widiarsari IR. Perancangan sistem kontrol kekeruhan air berbasis website internet of things. *Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi*. Vol.8 No.3. 1515-1528, 2021. doi: <https://doi.org/10.35957/jatisi.v8i3.1102>
- [9] Kammalfasha AR. Sistem kontrol pendingin dan monitoring pH larutan nutrisi pada tanaman hidroponik selada berbasis thermoelectric. Tugas Akhir. Indramayu:Politeknik Negeri Indramayu; 2023.
- [10] Wibisono KA, Cahyono ED. Rancang bangun monitoring pH meter digital berbasis interface delphi 7. *Jurnal Nucleus*. Vol.1 No.1. 12-20, 2022.