

## **BAB 2**

### **DASAR TEORI**

#### **2.1 KAJIAN PUSTAKA**

Penelitian dengan judul Pengolahan Limbah Cair Batik Menggunakan Teknologi Membran Nanofiltrasi Di Kota Pekalongan diterbitkan pada Jurnal Litbang Kota Pekalongan yang diteliti pada tahun 2019 membahas mengenai Membran NF270 yang terbukti dapat memisahkan zat warna, COD, BOD, TSS dan logam Pb [13]. Penelitian ini diawali dengan uji fluks umpan dengan 4 kali percobaan hasil rejeksi dari zat warna, COD, BOD, TSS dan Pb. Percobaan pertama yakni tanpa pengenceran, percobaan kedua 10 kali pengenceran, percobaan ketiga 20 kali pengenceran, dan percobaan keempat 30 kali pengenceran diperoleh hasil berurutan sebagai berikut (98,29%-99,87%), (92,10-100%), (100%), (99,25-100%), (95,25-100%). Hasil dari penelitian ini membuktikan bahwa penyisihan warna, COD, BOD, TSS dan logam Pb telah sesuai dengan baku mutu yang telah ditetapkan pemerintah. Pengolahan limbah cair batik sebelumnya harus melalui *pretreatment* untuk menggunakan teknologi membran nanofiltrasi ini. Maksud dari *pretreatment* yaitu agar kemampuan dari membran dapat melarutkan polutan serta padatan pada limbah cair batik.

Penelitian dengan judul Sistem *Monitoring* Tingkat Ph, Kekeruhan Dan Suhu Air Limbah Batik Pada Instalasi Pengolahan Air Limbah Berbasis Lora diterbitkan pada *Journal of Telecommunication, Electronics, And Control Engineering* (JTECE) yang diteliti pada tahun 2021 membahas mengenai bagaimana upaya untuk merancang sistem *monitoring* tingkat pH, kekeruhan dan suhu air limbah batik berbasis Lora [14]. Penelitian diawali dengan merancang *end device*, mengontrol Lora *gateway* dan menyambungkan ke *platform thingspeak*. Pengukuran sebelum pengolahan limbah batik dihasilkan yakni parameter pH dengan nilai 6,42, parameter *Turbidity* atau kekeruhan dengan nilai 20,39 NTU serta parameter suhu dengan nilai 24,79°C. Kemudian setelah dilakukan pengolahan air limbah batik dihasilkan untuk parameter pH dengan nilai 7,13, parameter *Turbidity* atau kekeruhan dengan nilai 3,16 NTU serta parameter suhu dengan nilai 26,13°C.

Penelitian dengan judul Pengolahan Limbah Tekstil Dengan Metode Hibrid Menggunakan Sistem Filtrasi *Bottom Ash* Dan *Constructed Wetland* membahas mengenai penerapan cara hibrid yang terbukti mampu diaplikasikan guna memproses limbah tekstil karena mempunyai

kemampuan yang sangat ideal, tampak pada *bottom ash* yang dipakai pada saat menyaring atau menyerap dan adanya kontribusi *constructed wetland* menyerap senyawa pencemar lewat tanaman atau perantara [15]. Mengenai keahlian dalam menguraikan zat berbahaya terlebih zat warna yang ada pada limbah tekstil oleh mikroorganisme. Cara hibrid dipandang dapat mengecilkan nilai parameter uji berupa TDS, TSS, COD, maupun kromium melalui penyaringan *bottom ash* secara berturut dengan nilai sebanyak 16,47%; 97,09%; 72,14%; dan 94,78%. Lalu pada hasil akhir melewati *constructed wetland* yang mempunyai persentase keahlian dalam menurunkan parameter uji secara berturut yakni dengan nilai 13,12%; 57,53%; 7,52%; dan 0,35%.

Penelitian dengan judul *Monitoring Level Nilai pH Hasil Olahan Air Limbah Secara Cepat Menggunakan SMS Berbasis Arduino* membahas mengenai sensor pH yang mempunyai hasil rata – rata 0.03 mV persatuan pH serta rangkaian pengkondisi sinyal menampilkan tegangan rata-rata 0.98 V pada pH = 7 dan tegangan berganti naik sebesar 0.14 V persatuan pH apabila kondisi pH turun (asam) [16]. Sedangkan tegangan turun 0.14 V per satuan pH apabila kondisi pH naik (basa). Perangkat secara langsung akan mengirim informasi sms nilai pH apabila pH air memiliki nilai diatas 8.0 yakni basa, serta akan mengirim informasi sms jika pH air memiliki nilai dibawah 4.0 yakni asam. Tercantum nilai rata-rata penyimpangan pembacaan pH air di dalam perangkat ini yaitu 2.67 %, nilai penyimpangan ini dihasilkan dari hasil uji pengukuran rata – rata perbandingan antara sensor analog pH meter v1.0 dengan pH meter yang diakibatkan karena adanya kelabilan nilai pembacaan pH terhadap sensor tersebut.

Penelitian dengan judul *Analisa Perubahan BOD, COD, Dan TSS Limbah Cair Industri Tekstil Menggunakan Metode Elektrooksidasi Elektrokoagulasi Elektroda Fe-C Dengan Sistem Semi Kontinyu* diterbitkan pada *Jurnal Teknologi Ramah Lingkungan* membahas mengenai tata cara pengolahan limbah dengan menggunakan metode elektrooksidasi-elektrokoagulasi telah dilakukan memakai elektroda besi sebagai anoda serta karbon sebagai katoda [17]. Lalu mampu disimpulkan cara elektrooksidasi-elektrokoagulasi yang efektif digunakan guna memperkecil nilai kandungan organik pada air hasil limbah batik. Hasil maksimal penurunan kandungan BOD diperoleh di saat waktu elektrooksidasi-elektrokoagulasi menunjukkan angka 45 menit dengan besar tegangan yakni 20 volt, adapun konsentrasi BOD yang diperoleh yakni 104,91mg/l dari 1479,9 mg/l. Kandungan COD diperoleh di saat waktu 15 menit dengan besar tegangan 12 volt, konsentrasi COD dari 829,2 mg/l menjadi 212,29 mg/l. Sementara itu saat penurunan TSS belum

diperoleh hasil yang paling tinggi akibat kandungan TSS lebih besar ketimbang kandungan TSS sebelum dilakukan cara pengolahan limbah.

Penelitian dengan judul Perancangan *Prototype* Dan Evaluasi Alat Pemantauan Air Limbah Industri Berbasis IoT membahas mengenai media pemantauan air limbah industri telah sukses diciptakan serta di atur dengan menggunakan *software* arduino ide [18]. Sistem pemantauan secara langsung yang dibuat mampu mempermudah dalam proses pengukuran hasil air limbah karena bisa diakses kapanpun dan dari manapun. Selain itu, media mampu digunakan dengan cukup baik guna melakukan kegiatan pemantauan di perairan sekitar kawasan industri berdasarkan sistem kalibrasi sensor. Pada hasil pemeriksaan, dapat terlihat bahwa kadar pada air limbah farmasi berada cukup jauh dibawah dari nilai standar baku mutu air limbah yang sudah ditetapkan. Untuk hasil pengukuran nilai pH dari limbah minyak goreng, limbah minuman ringan, limbah pengalengan ikan, serta air limbah tekstil berada diatas batas yang ditetapkan. Untuk hasil pengukuran nilai kekeruhan, setelah di konversikan ke nilai TSS, air limbah minyak goreng dan air limbah farmasi berada diatas batas air limbah yang sudah ditetapkan. Berdasarkan hasil pemeriksaan pada perairan di sekitar daerah industri sayung, mampu diputuskan bahwa kondisi sungai memiliki pH bernilai 5,62 dan DO bernilai 4,69 yang berada dibawah rata rata nilai baku mutu air limbah. Sedangkan untuk hasil nilai TSS air yakni 475,99, nilai ini berada di atas rata rata nilai baku mutu air. Kondisi sungai ini mampu digolongkan sebagai daerah tercemar.

**Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu**

No	Peneliti	Judul	Keterangan	Perbedaan penelitian
1.	Kiswanto, et al.,	Pengolahan Limbah Cair Batik Menggunakan Teknologi	Dalam <i>paper</i> ini dilakukan pengujian menggunakan parameter COD, BOD, TSS dan	Perbedaan penelitian yaitu parameter yang diukur yaitu COD, BOD, TSS dan logam Pb. Sedangkan penelitian yang diusulkan, mengukur parameter pH, TDS dan <i>Turbidity</i> .
No	Peneliti	Judul	Keterangan	Perbedaan penelitian
		Membran Nanofiltrasi di Kota	logam Pb. Untuk metode yang	Metode yang digunakan adalah membran nanofiltrasi. Pengiriman

		Pekalongan [13]	digunakan yaitu membran nanofiltrasi (NF)	data pada penelitian tersebut tidak dilakukan sedangkan penelitian yang diusulkan menggunakan <i>Cloud IoT</i> yang terhubung ke jaringan internet.
2	Faza, et al.,	Sistem <i>Monitoring</i> Tingkat Ph, Kekeruhan Dan Suhu Air Limbah Batik Pada Instalasi Pengolahan Air Limbah Berbasis Lora [14]	Dalam paper ini dilakukan pengujian menggunakan parameter pH, <i>Turbidity</i> serta suhu. Untuk komunikasi yang digunakan yaitu berbasis LoRa dengan menggunakan <i>platform IoT</i> yaitu <i>ThingsSpeak</i> .	Perbedaan penelitian antara lain : parameter yang diukur yaitu pH, <i>Turbidity</i> serta suhu sedangkan pada penelitian ini akan mengukur parameter pH, TDS dan <i>Turbidity</i> . Sedangkan penelitian yang diusulkan, mengukur parameter pH, TDS dan <i>Turbidity</i> . Pengiriman data pada penelitian tersebut menggunakan LoRa dengan menggunakan <i>platform IoT</i> yaitu <i>ThingsSpeak</i> . sedangkan penelitian yang diusulkan menggunakan <i>Cloud IoT</i> yang terhubung ke jaringan internet.
3	Daris, et al.,	Pengolahan Limbah		Perbedaan penelitian antara lain : parameter yang diukur yaitu TDS,
No	Peneliti	Judul	Keterangan	Perbedaan penelitian

		<p>Tekstil Dengan Metode Hibrid Menggunakan Sistem Filtrasi <i>Bottom Ash</i> Dan <i>Constructed Wetland</i> [15]</p>	<p>Dalam paper ini dilakukan pengujian menggunakan parameter TDS, TSS, dan COD. Untuk metode yang digunakan yaitu hibrid untuk menyisihkan zat pencemar limbah cair tekstil, lalu dilakukan penyaringan menggunakan bahan sisa dari pembakaran batu bara.</p>	<p>TSS, dan COD sedangkan pada penelitian ini akan mengukur parameter pH, TDS dan <i>Turbidity</i>. Sedangkan penelitian yang diusulkan, mengukur parameter pH, TDS dan <i>Turbidity</i>. Metode yang digunakan yakni metode hibrid yaitu Sistem Filtrasi <i>Bottom Ash</i> Dan <i>Constructed Wetland</i> untuk menyisihkan zat pencemar limbah cair tekstil, lalu dilakukan penyaringan menggunakan bahan sisa dari pembakaran batu bara. Pengiriman data pada penelitian tersebut tidak dilakukan sedangkan penelitian yang diusulkan menggunakan <i>Cloud IoT</i> yang terhubung ke jaringan internet.</p>
4	Junaidi, et al.,	<p><i>Monitoring Level</i> Nilai pH Hasil Olahan Air Limbah Secara Cepat Menggunakan</p>	<p>Dalam paper ini dilakukan pengujian menggunakan parameter pH. Untuk</p>	<p>Perbedaan penelitian antara lain : parameter yang diukur yaitu pH saja, sedangkan pada penelitian ini akan mengukur parameter pH, TDS dan</p>

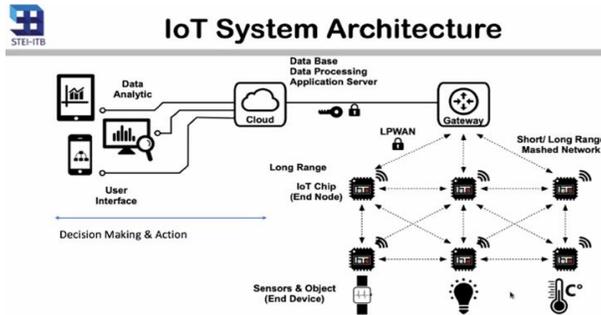
		Sms Berbasis Arduino [16]	rangkaian yang	<i>Turbidity</i> . Pengiriman data pada penelitian tersebut,
No	Peneliti	Judul	Keterangan	Perbedaan penelitian
			digunakan yakni modem GSM, Catu daya, LCD, Sensor pH dan Mikrokontroler	menggunakan Sms Berbasis Arduino sedangkan penelitian yang diusulkan menggunakan <i>Cloud IoT</i> yang terhubung ke jaringan internet.
5	Yuniarti, et al.,	Analisa Perubahan BOD, COD, Dan TSS Limbah Cair Industri Tekstil Menggunakan Metode Elektrooksidasi Elektrokoagulasi Elektroda Fe-C Dengan Sistem Semi Kontinyu [17]	Dalam paper ini dilakukan pengujian menggunakan parameter BOD, COD, dan TSS. Untuk metode yang digunakan yaitu elektrooksidasi dan elektrokoagulasi.	Perbedaan penelitian antara lain : parameter yang akan diukur yaitu BOD, COD, dan TSS sedangkan pada penelitian ini akan mengukur parameter pH, TDS dan <i>Turbidity</i> . Sedangkan penelitian yang diusulkan, mengukur parameter pH, TDS dan <i>Turbidity</i> . Metode yang digunakan adalah metode elektrooksidasi dan elektrokoagulasi. Pengiriman data pada penelitian tersebut tidak dilakukan sedangkan penelitian yang diusulkan menggunakan <i>Cloud IoT</i>

				yang terhubung ke jaringan internet.
6	Paryanto, et al.,	Perancangan <i>Prototype</i> Dan Evaluasi	Dalam paper ini dilakukan pengujian	Perbedaan penelitian antara lain : parameter yang diukur yakni pH,
No	Peneliti	Judul	Keterangan	Perbedaan penelitian
		Alat Pemantauan Air Limbah Industri Berbasis IOT [18]	menggunakan parameter Suhu, pH, <i>Dissolved Oxygen</i> (DO) dan <i>Turbidity</i> . Untuk sistem yang digunakan yaitu sistem <i>real-time monitoring</i> berbasis <i>cloud</i> berupa <i>blynk</i> dan Arduino nano.	Suhu, <i>Turbidity</i> dan <i>Dissolved Oxygen</i> (DO). Sedangkan penelitian yang diusulkan, mengukur parameter pH, TDS dan <i>Turbidity</i> . Metode yang digunakan adalah membran nanofiltrasi. Pengiriman data pada penelitian tersebut menggunakan sistem <i>real-time monitoring</i> berbasis <i>cloud</i> berupa <i>blynk</i> dan Arduino nano, sedangkan penelitian yang diusulkan menggunakan <i>Cloud IoT</i> yang terhubung ke jaringan internet.

## 2.2 DASAR TEORI

### 2.2.1 *Internet of Things* (IoT)

IoT atau yang dikenal sebagai *Internet of Things* adalah sebuah teknologi yang memungkinkan benda terhubung dengan internet [20]. Keterhubungan tersebut dilakukan agar data dapat dipantau dimanapun dan kapanpun seperti di ilustrasikan pada Gambar 2.1.



**Gambar 2.1** Arsitektur *Internet of Things* [19]

Proses berbagi data dapat terjadi karena teknologi IoT terhubung menggunakan jaringan internet. Teknologi ini merupakan gabungan dari mikrokontroler, sensor, jaringan internet, mikroprosesor serta aktuator. Prinsip dari IoT ini yakni untuk mempermudah pekerjaan manusia karena proses pengiriman datanya bisa kapanpun dan dimanapun dapat diilustrasikan pada gambar 2.1 [21].

### 2.2.2 Baku Mutu Limbah

Baku mutu air limbah merupakan skala batas atau kadar unsur pencemar maupun jumlah unsur pencemar yang diperbolehkan kesediaannya berada di dalam cairan limbah yang akan dibuang ke sungai ataupun tanah yang berasal dari suatu usaha atau industri tertentu.



**Gambar 2.2** Tahapan Pengolahan Limbah [22]

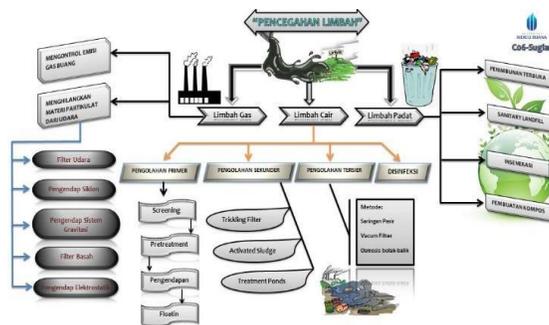
Baku mutu air limbah diatur pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan (LHK) Republik Indonesia Nomor P.68/Menlhk/Setjen/Kum.1/8/2016 didalam peraturan tersebut dicantumkan bahwa terdapat beberapa parameter yang sering digunakan sebagai indikator kualitas air limbah diantaranya pH (*Power of Hydrogen*), COD (*Chemical Oxygen Demand*), TSS (*Total Suspended Solid*), TDS (*Total Dissolved Solids*), BOD (*Biological Oxygen Demand*), lemak & minyak, dan amoniak, Total *coliform* dan Debit. Pengolahan air limbah diilustrasikan pada Gambar 2.2 dan indikator indikator baku mutu limbah terdapat pada Tabel 2.2 [9].

**Tabel 2.2 Indikator Baku Mutu Air Limbah**

Parameter	Kadar maksimum	Satuan
pH	6 - 9	-
BOD	20 - 30	mg/L
COD	250 - 500	mg/L
TSS	30 - 100	mg/L
TDS	500 - 2000	mg/L
Lemak & Minyak	10 - 50	mg/L

**2.2.3 Limbah Cair Industri Tekstil**

Limbah Cair Industri merupakan sisa hasil buangan yang diperoleh dari suatu aktivitas produksi di sebuah industri dalam bentuk cair. Kuantitas dari limbah cair industri dengan skalanya yang lebih besar dibandingkan dengan limbah dengan skala domestik maupun rumah tangga dan juga mempunyai pengaruh bagi lingkungan yang memiliki jumlah lebih besar daripada hasil limbah domestik.

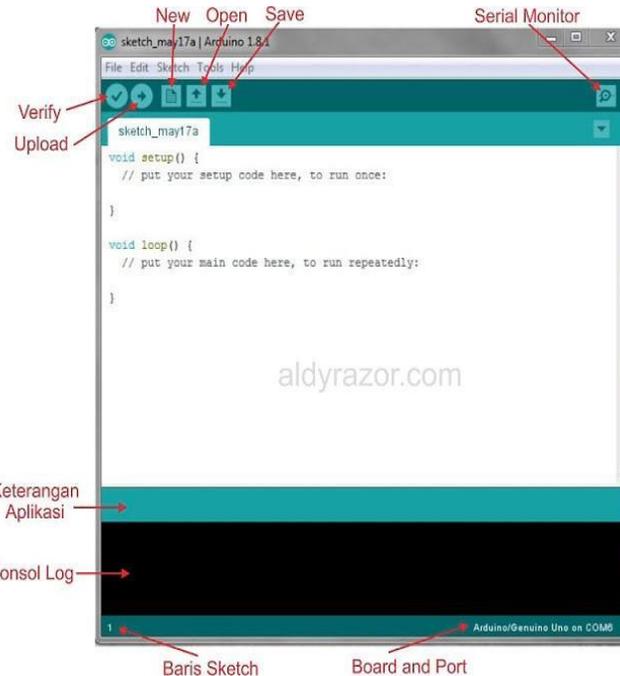


**Gambar 2.3 Cara Mengolah Limbah [23]**

Limbah cair harus mempunyai baku mutu yakni batasan hasil pengolahan limbah. Dalam baku mutu termuat parameter-parameter untuk mengukur kualitas air limbah. Parameter tersebut di golongan menjadi tiga, antara lain parameter organik, karakteristik fisik, dan kontaminan spesifik. Parameter organik terdiri dari total *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Biochemical Oxygen Demand* (BOD), *Organic Carbon* (TOC), serta minyak. Kemudian pada karakteristik fisik pada air limbah terdapat : parameter pH (Derajat Keasaman), *Total Suspended Solids* (TSS), kekeruhan (*Turbidity*), Temperatur (Celcius), potensial reduksi dan bau. Baku mutu yang nilainya tinggi mengakibatkan pendangkalan, kekeruhan pada air sehingga sinar matahari terhalang masuk ke dalam dasar air, lalu proses dalam ekosistem sungai tidak dapat berlangsung. Tidak hanya itu, penyebab adanya bau busuk pada air dan kematian pada biota air. Baku mutu limbah diatur oleh Peraturan Pemerintah nomor 68/Menlhk/Setjen/Kum.1/8/2016 tentang baku mutu air limbah. Cara pengolahan limbah diilustrasikan pada gambar 2.3 [24].

## 2.2.4 Arduino IDE

Arduino IDE (*Integrated Development Environment*) merupakan perangkat lunak atau *software* untuk memfasilitasi pengguna mikrokontroler dalam penulisan dan *compiler* program mikrokontroler.

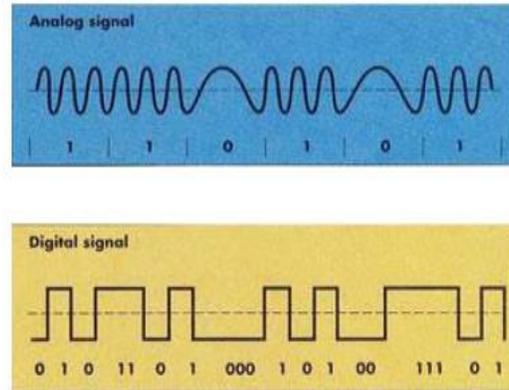


**Gambar 2.4** Bagian bagian dari Arduino Ide [25]

Arduino IDE dapat digunakan pada OS Windows, Mac OS, dan Linux. Aplikasi ini terkoneksi dengan perangkat keras Arduino guna mengirimkan program dan komunikasi dengan Arduino. Bagian – bagian dari Arduino Ide diilustrasikan pada gambar 2.4 [25].

## 2.2.5 Analog to Digital Converter (ADC)

ADC (*Analog to Digital Converter*) merupakan suatu metode untuk mengkonversi sinyal analog ke sinyal digital. Sinyal analog yang dikonversi adalah tegangan (Volt) kemudian dirubah menjadi sinyal digital yakni berupa kode biner 1 dan 0. Konversi sinyal analog menjadi digital ini dapat menggunakan berbagai macam device seperti modul khusus seperti IC, ADC, Mikrokontroler, rangkaian elektronika dan lain lain.



**Gambar 2.5 Gelombang Sinyal Analog & Digital [26]**

Sinyal analog merupakan sinyal data berbentuk gelombang kontinyu, yang mempunyai parameter amplitudo dan juga frekuensi. Sinyal digital yaitu sinyal data berbentuk pulsa yang bisa mengalami perubahan secara tiba-tiba serta memiliki besaran 1 dan 0 seperti di ilustrasikan pada Gambar 2.5 [26].

### 2.2.6 Sensor pH

Sensor pH merupakan alat elektronik yang dipakai guna mengukur nilai pH ataupun keasaman cairan. Sensor pH meter umumnya terdiri dari *probe* pengukur khusus maupun elektroda yang terkoneksi ke meter elektronik yang dapat mengukur serta menampilkan nilai pembacaan pH. *Probe* maupun elektroda merupakan elemen penting dari sensor pH meter, dan juga elektroda merupakan susunan berupa batang yang umumnya terbuat dari kaca. Terdapat bohlam di bagian bawah elektroda, bohlam yaitu bagian sensitif dari sebuah *probe* yang berisi sensor. Sensor pH diilustrasikan pada gambar 2.6.

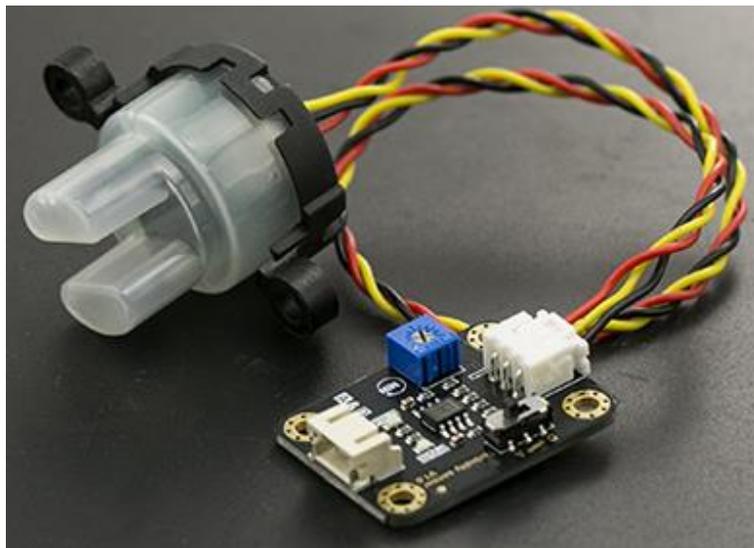


**Gambar 2.6 Sensor pH [27]**

Prinsip kerja dari pH meter yaitu terletak pada sensor probe berupa elektroda kaca (*glass electrode*) dengan jalan mengukur banyaknya ion  $H_3O^+$  di dalam larutan. Ujung elektrodakaca yaitu lapisan kaca setebal 0,1 mm yang berwujud bulat (*bulb*). *Bulb* dipasang dengan silinder kaca nonkonduktor berbentuk plastik yang memanjang. Inti dari sensor pH terdapat di permukaan *bulb* kaca yang berguna untuk menukar ion positif ( $H^+$ ) dengan larutan terukur. Sensor pH yang dipakai untuk mengukur nilai pH terdiri atas elektroda yang dihubungkan dengan alat elektronik untuk mempresentasikan nilai pH. [28].

### 2.2.7 Sensor *Turbidity*

Sensor *Turbidity* adalah sensor yang berguna untuk mengukur kualitas air dengan cara mendeteksi tingkat kekeruhannya. Sensor ini mendeteksi partikel tersuspensi di dalam air dengan mengukur hamburan cahaya dan transmitansi. Sensor *Turbidity* merupakan sensor yang bisa mendeteksi kekeruhan air dengan cara membaca sifat optik air akibat adanya sinar dan sebagai perbandingan cahaya untuk dipantulkan dengan cahaya yang datang. Bentuk dari sensor *Turbidity* seperti di ilustrasikan pada Gambar 2.7

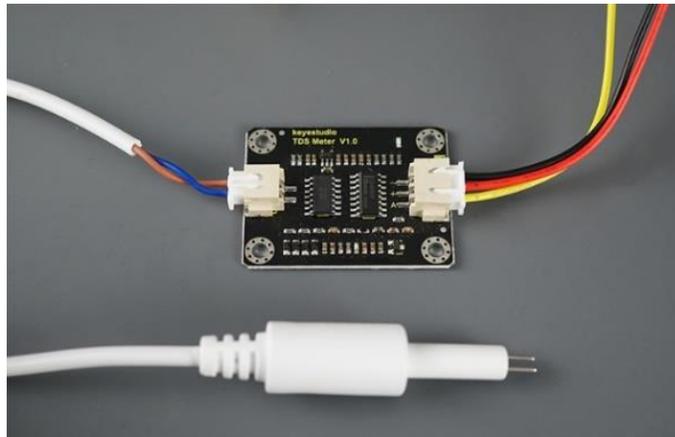


**Gambar 2.7 Sensor *Turbidity* [29]**

Kekeruhan pada air adalah kondisi dimana air dalam keadaan tidak jernih yang diakibatkan oleh adanya partikel individu (*suspended solids*) yang biasanya tidak bisa dilihat oleh mata telanjang karena wujudnya yang menyerupai asap di udara. Skala yang dapat diukur sensor *turbidity* adalah 0-3500 NTU (*Nephelometric Turbidity Unit*). NTU merupakan satuan yang digunakan untuk menggambarkan tingkat kekeruhan. Semakin kecil nilai NTU, semakin jernih cairannya [30].

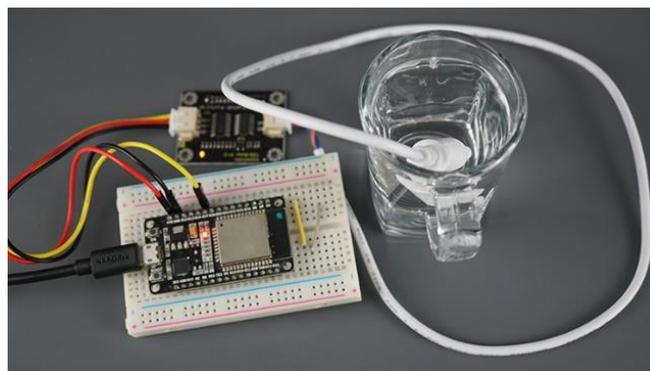
### 2.2.8 Sensor *Total Dissolved Solid* (TDS)

TDS (*Total Dissolved Solid*) adalah sensor yang digunakan untuk mengukur jumlah padatan yang terlarut dalam suatu larutan, terutama pada air. Contoh dari TDS meliputi garam, logam terlarut dan senyawa kimia lainnya yang terlarut dalam air. Kadar TDS meliputi semua padatan yang terlarut dalam air, baik yang berukuran dapat dilihat oleh kasat mata maupun yang berukuran sangat kecil yang tidak dapat dilihat secara kasat mata, sehingga ketika air terlihat jernih bukan berarti memiliki kadar TDS rendah.



**Gambar 2.8** Sensor *Total Dissolved Solid* [31]

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Farly Tumimomor, Septiany Palilingan, dan Meity Pungus (2020) dilaporkan bahwa terdapat hubungan antara TDS atau jumlah padatan yang terlarut dengan nilai konduktivitas listrik, ketika jumlah padatan yang terlarut dalam larutan semakin besar maka jumlah ion dalam larutan juga semakin besar sehingga nilai konduktivitas listrik akan semakin besar. Satuan umum yang digunakan untuk mengukur TDS adalah ppm (*parts per milion*) atau mg/L (*milligram per liter*) [30]. Bentuk dari sensor TDS seperti di ilustrasikan pada Gambar 2.8.

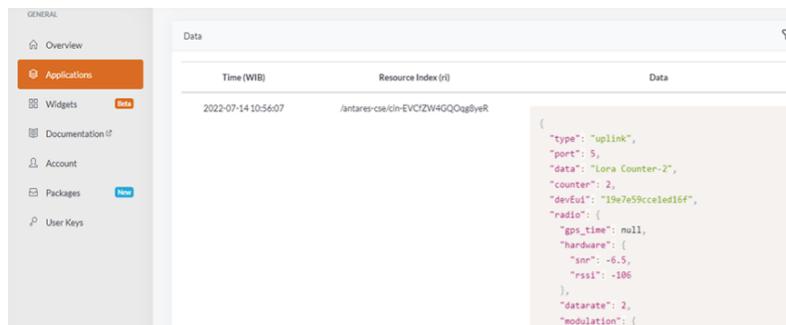


**Gambar 2.9** Sensor *Total Dissolved Solid* yang di celupkan ke air bersih [31]

Pada seperangkat sensor TDS terdapat *probe* yang dimasukkan kedalam cairan untuk mengetahui jumlah zat padat yang terlarut dari cairan tersebut [31]. Ilustrasi dari pengambilan hasil data dari sensor TDS terdapat pada gambar 2.9.

### 2.2.9 Antares

Antares adalah salah satu platform untuk project *Internet of Things*. Antares ini diciptakan oleh PT. Telekomunikasi (Telkom) dengan mempunyai berbagai fitur, mulai dari manajemen perangkat hingga penyimpanan data untuk memudahkan pengembang aplikasi mengembangkan idenya pada sistem *Internet of Things* [33]. Beberapa keunggulan *platform* IoT Antares yaitu memudahkan bekerja dengan berbagai jenis koneksi dari 4G, 5G dan bermacam macam protokol seperti HTTP, MQTT atau lainnya. Tampilan menu dan hasil data pada Antares terdapat pada gambar 2.10.



**Gambar 2.10 Tampilan Platform Antares [32]**

Keunggulan Antares adalah aman karena semua komunikasi telah dienkripsi menggunakan STL (*Secure Transport Layer*) sebagai fondasi sistem yang dirancang untuk keandalan, keamanan, daya tahan tinggi dan dapat digunakan setiap saat. Antares juga kompatibel dengan bahasa pemrograman dan perangkat – perangkat lain seperti ESP, Arduino, Raspberry Pi, Android dan lainnya. [33].

### 2.2.10 LCD (*Liquid Crystal Display*)

LCD (*Liquid Crystal Display*) 16x2 adalah salah satu perangkat elektronik yang berfungsi sebagai tampilan untuk menampilkan data berupa karakter, baik huruf maupun angka, dari hasil pembacaan sensor. Karakteristiknya adalah memiliki 16 karakter dalam 2 baris. Bentuk dari LCD di ilustrasikan pada gambar 2.11.

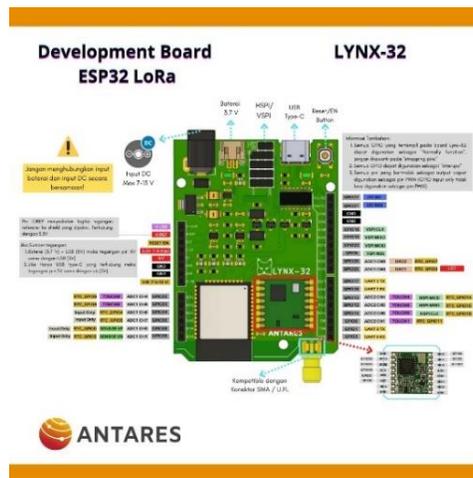


**Gambar 2.11 LCD dan modul I2C [34]**

LCD ini telah dilengkapi dengan modul yang menggunakan protokol I2C, yang berfungsi untuk mengurangi penggunaan jumlah pin yang digunakan pada mikrokontroler. Penggunaan modul I2C pada LCD memberikan keuntungan dalam hal efisiensi dan efektivitas penggunaan pin pada mikrokontroler, sehingga memungkinkan integrasi yang lebih sederhana dan lebih hemat ruang [35].

### 2.2.11 LYNX-32 LoRa Development Board

Lynx-32 merupakan mikrokontroler yang dirancang dengan tujuan diandalkan dalam pengiriman data jarak jauh pada perangkat IoT. Lynx-32 ini diciptakan oleh PT. Telekomunikasi Indonesia untuk *platform* Antares. Pin pada Lynx-32 terdiri dari pin analog dan digital yang memiliki fitur *Analog-to-Digital Converter* serta *Digital-to-Analog* [36]. Gambar 2.12 merupakan *datasheet* dari mikrokontroler Lynx-32 dengan 12 pin yang berfungsi sebagai ADC.



**Gambar 2.12 Datasheet Lynx-32 [36]**

Sama halnya seperti mikrokontroler ESP32 buatan lainnya, Lynx-32 memiliki fitur lengkap untuk mendukung dalam perancangan sistem *internet of things* seperti prosesor, penyimpanan, dan akses GPIO (*General Purpose Input Output*). [36].



**Gambar 2.13 Mikrokontroler Lynx-32**

Pada gambar 2.13 merupakan mikrokontroler Lynx-32 yang telah dilengkapi dengan modul LoRa pada frekuensi yang sesuai dengan regulasi penggunaan frekuensi jaringan LoRa di Indonesia. Lynx-32 memiliki banyak pin yaitu sebanyak 12 pin I/O, hal tersebut dapat memudahkan *user* untuk mengembangkan Lynx-32 menjadi sebuah aplikasi *monitoring* maupun kontrol. Lynx-32 mempunyai modul LoRa yang frekuensinya sudah sesuai dengan regulasi di Indonesia. Spesifikasi Lynx-32 ini mulai dari *Dual Core 32-bit* sebagai prosesor, PCB (*Printed Circuit Board*) sebanyak 4 layer berguna untuk mengurangi EMI (*Electromagnetic Interference*) serta USB Type C untuk meningkatkan kecepatan pengiriman data [37].

### 2.2.12 Validasi Sensor

#### 1. Akurasi

Akurasi menunjukkan kedekatan antara hasil pengukuran dengan nilai sebenarnya. Akurasi atau presisi adalah parameter yang menunjukkan kedekatan antara hasil analisis (nilai terukur) dan konsentrasi sebenarnya dari analit (nilai sebenarnya yang diterima). Keakuratan metode tersebut masih dianggap baik jika tingkat pemulihannya masih dalam kisaran yang dipersyaratkan. Hasil % *recovery* dikatakan bisa memenuhi syarat apabila nilai persentase menunjukkan antara 80 – 110%. Akurasi dapat digambarkan dengan cara menghitung nilai galat (*error*) dan persen galat. Semakin kecil nilai error dan error rate yang diperoleh maka akan semakin baik akurasinya. Galat adalah angka perbedaan antara nilai pengukuran dengan nilai sesungguhnya [38].

$$\text{Akurasi (\%)} = 100 - \text{galat}(\text{error}) \quad (3.1)$$

$$\text{galat (\%)} = \left| \frac{s-s'}{s} \right| \times 100 \quad (3.2)$$

Dimana :

Akurasi nilai ketepatan pembacaan (%)

Galat = nilai kesalahan pembacaan (%)

s = nilai acuan / nilai dari alat ukur

s' = nilai hasil dari eksperimen / pembacaan sensor