

BAB II

DASAR TEORI

2.1 KAJIAN PUSTAKA

Penelitian kesatu oleh Nur Rahmani et al., yang dilakukan pada tahun 2019 membahas mengenai sistem pemantau air limbah dengan alat filtrasi. Penelitian ini menggunakan mikrokontroler Arduino sebagai kendali dari sistem dan beberapa parameter yang diukur diantaranya adalah sensor kekeruhan, sensor pH, sensor gas MQ-135 untuk aroma yang dihasilkan oleh limbah, sensor LDR (*Light Dependent Resistor*) untuk pemantauan tingkat kekeruhan air dan sensor jarak HC-SR04. Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimen dengan menggunakan sampel air limbah sungai dari hasil proses hidroponik. Air limbah tersebut akan melewati sebuah alat filtrasi dengan komponen penyusunnya adalah kerikil, serabut kelapa, pasir, arang batok kelapa dan spons. Sistem pemantauan yang dirancang telah berhasil berfungsi dengan baik dalam memonitor kualitas air limbah sebelum dan sesudah proses filtrasi. Namun, hasil dari penelitian menunjukkan bahwa air limbah yang diambil sebagai sampel penelitian belum dapat dimanfaatkan secara optimal karena masih dalam bentuk kental. Oleh karena itu, penelitian lebih lanjut diperlukan untuk menghasilkan air yang lebih berkualitas [1].

Penelitian kedua oleh P. Paryanto et al., yang dilakukan pada tahun 2022 membahas mengenai monitoring air limbah yang dipantau secara *real-time* dengan basis Arduino Nano yang selanjutnya akan dievaluasi lebih lanjut. Pada penelitian ini, parameter yang diamati ada empat buah, yaitu pH, suhu, kekeruhan (*turbidity*) dan oksigen terlarut (DO). Selain menggunakan Arduino Nano, penelitian ini juga menggunakan *cloud* berupa *software* Blynk. Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimen, dengan cara menguji lima macam sampel yaitu limbah cair farmasi, limbah cair tekstil, limbah minuman, limbah pengalengan ikan dan limbah minyak goreng. Lima macam sampel tersebut diletakkan di lab dengan suhu 23°C selama 1 jam. Hasil dari pengujian alat ini adalah kondisi air sungai memiliki pH sebesar 5,62 dan DO sebesar 4,69 dimana nilai tersebut merupakan berada dibawah standar nilai baku mutu air limbah.

Sedangkan untuk nilai TSS air adalah 475,99, dimana nilai ini berada di atas standar nilai baku mutu air. Kondisi sungai pada penelitian ini dapat digolongkan sebagai sungai yang tercemar[8].

Penelitian ketiga oleh Dwi Adhe Ayu Novitasari et al., yang dilakukan pada tahun 2018 membahas mengenai monitoring limbah cair yang dipantau melalui sebuah website. Penelitian ini menggunakan Arduino Mega R3 sebagai kendali dan parameter-parameter pendukung lainnya seperti sensor pH, sensor suhu, dan sensor kekeruhan (*turbidity*). Arduino Mega R3 yang telah terhubung dengan website akan menampilkan hasil dari pembacaan ketiga sensor tersebut dalam bentuk data grafik dan angka pada tabel. Penelitian ini dilakukan dengan melakukan pengujian terhadap beberapa sampel air limbah, yaitu limbah tahu, air detergen, air sungai dan air kran. Dengan pengujian yang telah dilakukan, penelitian ini mendapatkan presentase keberhasilan 100% untuk sistem monitoring ini. Dalam rancang bangun sistem ini, dilakukan pengiriman data yang dibaca oleh sensor melalui Arduino Mega 2560 untuk mengukur nilai parameter pH, suhu, dan kekeruhan pada limbah cair. Dalam penelitian ini, rata-rata selisih pembacaan nilai parameter pH adalah sebesar 2,14% dan suhu adalah sebesar 0,37%. Selisih pembacaan parameter pH dihitung berdasarkan perbedaan antara pengukuran sensor pH Meter Kit dengan pengukuran di Laboratorium, sedangkan untuk selisih pembacaan parameter suhu dihitung berdasarkan perbedaan antara pengukuran sensor DS18B20 dengan TDS Meter [9].

Penelitian keempat oleh Imam Pratama Setiady et al., yang dilakukan pada tahun 2022 membahas mengenai monitoring air limbah dengan metode *Fuzzy Logic Mamdani*. Penelitian ini menggunakan tiga buah parameter yang diamati sebagai data, yaitu sensor suhu DS18B20, sensor pH dan sensor kekeruhan (*Turbidity*) yang dikontrol dengan mikrokontroler Arduino Mega 2560. Selain monitoring air limbah, penelitian ini juga terdapat otomatisasi motor DC R385 sebagai penampungan dan pembuangan air limbah. Hasil dari sistem dapat dipantau dan dimonitoring pada sebuah *software* LabVIEW yang ditampilkan secara *realtime*. Parameter suhu, pH dan kekeruhan berperan sebagai variabel *input* monitoring untuk proses kasifikasi status air, yaitu rawan, cukup dan baik. Lalu untuk variabel *output* ada pada otomatisasi motor DC R385, yang digunakan

sebagai pengatur kecepatan proses penyaluran air limbah ke tempat pembuangan jika sudah sesuai dengan baku mutu dan mengalir ke penampungan ketika tidak sesuai dengan baku mutu yang berlaku dan akan melalui proses filtrasi terlebih dahulu. Hasil dari pengujian sistem ini adalah akurasi sistem didapatkan, input sensor didapat MAPE 7.33% untuk suhu, 4.79% untuk pH dan 7.48% untuk kekeruhan. Ketiga sensor menunjukkan hasil yang sangat baik. Perbandingan nilai output sistem dengan output MATLAB. Didapatkan MAPE status air sebesar 0.49%, pembuangan sebesar 0.49% dan penyaluran sebesar 0.50%. Hasil menunjukkan akurasi output sistem sangat baik[5].

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu

Nama Peneliti	Parameter Yang Diamati	Hasil	Penelitian Yang Akan Dikerjakan
Nur Rahmani et al., [1].	Limbah Hidroponik	Sistem pemantauan yang dirancang	Limbah Cair Industri Tekstil
	pH	berhasil berfungsi	PH
	Gas (MQ-135)	dengan baik dalam	Warna
	Jarak (HC-SR04)	memantau kualitas air	Kekeruhan
	Kekeruhan (LDR)	limbah sebelum dan setelah proses filtrasi. Namun, air limbah yang dijadikan sampel dalam penelitian ini masih sangat kental. Oleh karena itu, diperlukan pengujian lanjutan agar air limbah tersebut dapat diolah menjadi air yang lebih berkualitas. Atau dengan dua kali proses filterisasi	

Nama Peneliti	Parameter Yang Diamati	Hasil	Penelitian Yang Akan Dikerjakan
P. Paryanto et al., [8]	Limbah Industri, Limbah Farmasi, Limbah Minuman dan Limbah Minyak Goreng.	pH perairan sungai yang diukur adalah 5,62 dan nilai DO adalah 4,69, kedua nilai tersebut di bawah standar baku mutu air limbah. Selain itu, nilai TSS air mencapai 475,99, nilai ini melebihi standar baku mutu air. Oleh karena itu, kondisi sungai tersebut dapat dikategorikan sebagai tercemar.	Limbah Cair Industri Tekstil
	Suhu		PH
	pH		Warna
	Oksigen Terlarut		Kekeruhan
Kekeruhan			
Dwi Adhe Ayu Novitasari et al., [9]	Limbah Cair Industri	Rata-rata selisih pembacaan nilai parameter pH dan suhu adalah masing-masing sebesar 2,14% dan 0,37%, berdasarkan data pembacaan sensor. Selisih pembacaan parameter pH dihitung dengan membandingkan pengukuran sensor pH Meter Kit dengan pengukuran di	Limbah Cair Industri Tekstil
	pH		PH
	Suhu		Warna
	Kekeruhan		Kekeruhan

Nama Peneliti	Parameter Yang Diamati	Hasil	Penelitian Yang Akan Dikerjakan
		Laboratorium, sedangkan untuk selisih pembacaan parameter suhu dihitung dengan membandingkan pengukuran sensor DS18B20 dengan TDS Meter.	
Imam Pratama Setiady et al. [5]	Limbah Industri Tekstil	Akurasi sistem didapatkan, input	Limbah Cair Industri Tekstil
	pH	sensor didapat MAPE	PH
	Kekeruhan	7.33% untuk suhu,	Warna
	Suhu	4.79% untuk pH dan	Kekeruhan
		7.48% untuk kekeruhan. Ketiga sensor menunjukkan hasil yang sangat baik. Perbandingan nilai output sistem dengan output MATLAB. Didapatkan MAPE status air sebesar 0.49%, pembuangan sebesar 0.49% dan penyaluran sebesar 0.50%. Hasil menunjukkan akurasi output sistem sangat baik.	

2.2 DASAR TEORI

2.2.1 IoT (*Internet of Things*)

Internet of Things merupakan sebuah konsep yang memiliki tujuan untuk memperluas manfaat dari sebuah konektivitas internet yang terhubung secara terus menerus. IoT juga dapat diartikan sebagai sebuah perangkat yang mempunyai kemampuan yang saling terkoneksi dan berbagi data dengan memanfaatkan teknologi internet. IoT memiliki kemampuan untuk mengendalikan sebuah perangkat atau *remote control* dari jarak jauh dengan menggunakan jaringan internet. Pemanfaatan teknologi IoT sudah banyak diterapkan dalam berbagai bidang, baik bidang industri, kesehatan, pendidikan maupun transportasi [10].



Gambar 2.1 Ilustrasi IoT [10]

Internet of Things (IoT) dapat dikembangkan dengan sebuah perangkat elektronika seperti Arduino dan ESP untuk keperluan tertentu. IoT juga dapat dikembangkan aplikasi terpadu dengan sistem operasi Android. Adapun cara kerja dari IoT adalah berjalan sesuai dengan instruksi pada suatu program, dimana masing-masing dari perintah program mampu memberikan hasil suatu interaksi antara perangkat yang saling terhubung. Cara kerja tersebut tidak harus ada unsur campur tangan manusia didalamnya. Internet berfungsi sebagai penghubung untuk memungkinkan interaksi antara dua perangkat yang berjauhan. Manusia hanya bertindak sebagai pengawas dan pengelola saat sistem atau perangkat sedang menjalankan tugasnya [11].

2.2.2 Limbah Cair Industri Tekstil

Industri tekstil merupakan salah satu industri utama yang turut berkontribusi dalam proses kemajuan perekonomian Indonesia. Industri tekstil berada di posisi kedua yang ikut berkontribusi dalam hal PDB (Produk Domestik Bruto) dan ekspor. Menurut API (Asosiasi Pertekstilan Indonesia), industri tekstil nasional terdiri dari 300 industri pemintalan, 1.400 perusahaan jahit dan 22 industri benang [2]. Sepanjang tahun 2019 industri tekstil menunjukkan kemajuan yang gemilang dengan mengalami pertumbuhan sebesar 15,35%. Nilai tersebut merupakan indikator nilai yang dapat dikatakan baik di tengah tekanan era ekonomi global yang semakin maju [3].

Berdasarkan data tersebut, semakin tingginya proses produksi industri tekstil di Indonesia dapat menyebabkan semakin tinggi juga tingkat kerusakan lingkungan yang ada disekitarnya salah satunya adalah sumber mata air. Produksi limbah tekstil menghasilkan air limbah yang memiliki tujuan akhir pembuangan. Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.16/Menlhk/Setjen/Kum.1/4/2019 Tentang Perubahan Kedua Atas Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah memiliki beberapa parameter yang dipantau diantaranya untuk limbah industri tekstil adalah Ph (*potential Hydrogen*), BOD (*Biological Oxygen Demand*), COD (*Chemical Oxygen Demand*), TSS (*Total Suspended Solid*), Fenol Total, Krom Total (Cr), Amonia Total (NH₃- N), Sulfida (S), Minyak dan Lemak dan Debit [4]

Limbah cair industri tekstil adalah sisa buangan yang dihasilkan dari proses produksi industri tekstil dalam bentuk cairan. Limbah yang dihasilkan oleh proses produksi dari suatu industri memiliki jumlah skala yang lebih besar jika dibandingkan dengan limbah domestik yang dihasilkan oleh rumah tangga. Selain itu, limbah yang dihasilkan oleh proses industri memiliki dampak yang lebih besar jika dibandingkan dengan limbah yang dihasilkan oleh rumah tangga.

Limbah cair yang akan dibuang harus memiliki batasan atau kadar unsur pencemar yang dikenal dengan baku mutu air limbah. Pada baku mutu air limbah industri tekstil terdapat tiga parameter yaitu parameter organik, parameter fisik, dan kontaminan spesifik. Adapun untuk parameter organik terdiri dari BOD

(*Biochemical Oxygen Demand*), TOC (*Total Organic Carbon*), COD (*Chemical Oxygen Demand*) dan minyak. Lalu untuk karakter fisik air limbah bisa ditinjau dengan menggunakan TSS (*Total Suspended Solids*), pH, bau, *turbidity*, suhu, dan potensial produksi [9].

Limbah cair yang dihasilkan oleh industri tekstil memiliki karakteristik kimia, fisika dan biologi. Karakter fisika terdiri dari suhu, bau, densitas, warna, *Total Suspended Solid* (TSS), Total Solid (TS), konduktivitas dan kekeruhan. Karakteristik kimianya terdiri dari COD (*Chemical Oxygen Demand*), BOD (*Biochemical Oxygen Demand*), protein, karbohidrat, minyak dan lemak serta tingkat keasaman (pH). Dan untuk karakteristik biologinya terdiri atas bakteri dan mikroorganisme.

TSS (*Total Suspended Solids*) atau total padatan tersuspensi merupakan segala macam dan bentuk zat padat dari sebuah padatan total yang tertahan pada saringan dengan ukuran maksimum partikel adalah 2,0 μm dan bisa mengendap. Tingkat kekeruhan air memiliki hubungan yang erat terhadap nilai TSS, karena kekeruhan memang pada dasarnya disebabkan oleh adanya kandungan zat yang tersuspensi. Contoh dari zat tersuspensi yang ada pada air adalah pasir halus, tanah liat dan lumpur alami.

Bau yang timbul dari limbah yang berasal dari dalam air dapat disebabkan oleh limbah industri atau hasil degradasi bahan limbah oleh mikroorganisme yang hidup di dalam air. Mikroorganisme tersebut mampu mengubah bahan limbah organik menjadi bahan yang mudah menguap dan berbau, seperti protein yang terdegradasi oleh mikroorganisme. Air yang biasa digunakan untuk kebutuhan sehari-hari seharusnya tidak memiliki bau, tidak berwarna, dan tidak berasa, namun dapat terjadi perubahan pH pada air..

Warna dari suatu air limbah pada umumnya berwarna coklat keabuan. Namun warna tersebut dapat berubah seiring dengan bertambahnya waktu dalam sistem pengumpulan. Warna air dapat berubah dari abu-abu lalu menjadi abu-abu gelap dan pada akhirnya akan berubah warna menjadi hitam. Ketika suatu air berwarna hitam, maka air tersebut dapat dikatakan tercemar. Warna hitam pada air disebabkan adanya senyawa organik yang mulai membelah yang disebabkan oleh aktivitas bakteri dan adanya oksigen yang terlarut direduksi menjadi nol. Standar

warna sebagai perbandingan untuk contoh air adalah standar Pt – Co dan satuan warna yang digunakan adalah Hazen. Standar untuk air minum memiliki nilai yang tidak boleh melebihi 50 hazen.

Suhu pada air merupakan salah satu parameter penting, karena suhu memiliki pengaruh terhadap reaksi kimia dan laju reaksi, kehidupan didalam air, dan keberlangsungan air untuk hal-hal yang bermanfaat. Suhu memiliki pengaruh terhadap konsentrasi oksigen terlarut didalam air. Air yang baik dan normal memiliki suhu 8°C dari suhu suatu kamar 27°C. semakin tinggi temperatur suatu air maka kandungan oksigen yang ada pada air akan semakin sedikit, begitupun berlaku untuk sebaliknya[12].

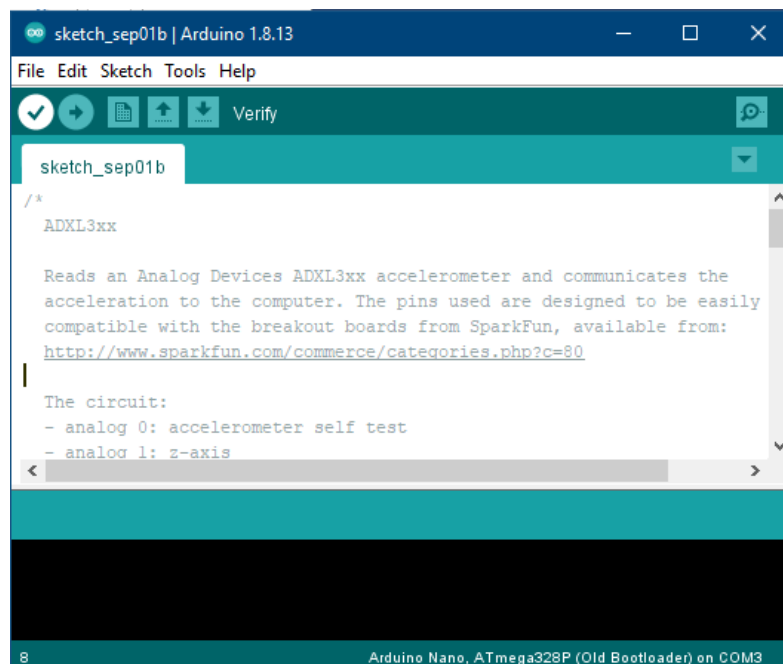
Tabel 2.2 Baku Mutu Limbah Tekstil [4]

Amonia Total (mg/L)	8	8	8
COD (mg/L)	150	125	115
Suhu (°C)	Deviasi 2	Deviasi 2	Deviasi 2
TSS (mg/L)	50	40	30
Fenol Total (mg/L)	0,5	0,5	0,5
BOD (mg/L)	60	45	35
Krom Total (mg/L)	1	1	1
Debit Maksimum m^3 /ton produk	100	100	100
Sulfida (mg/L)	0,3	0,3	0,3
Minyak Lemak (mg/L)	3	3	3
pH	6 – 9	6 – 9	6 – 9
Debit (m^3 /hari)	≤ 100	$100 < x < 1000$	≥ 1.000

Tabel 2.2 merupakan parameter-parameter baku mutu untuk limbah industri tekstil yang telah ditentukan oleh pemerintah pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia NOMOR P.16/MENLHK/SETJEN/KUM.1/4/2019 [4]. Maksud dari deviasi pada parameter suhu adalah selisih antara suhu air dan suhu udara dalam satuan celcius.

2.2.3 Arduino IDE

Untuk memprogram sebuah Arduino UNO diperlukan sebuah software yang bernama *Integrated Development Environment (IDE)*. Arduino juga memerlukan sebuah instalasi sebuah driver untuk menghubungkan ke sebuah computer. Arduino IDE merupakan *software* yang disediakan oleh sebuah situs arduino.cc yang digunakan untuk memprogram atau *sketch* sebuah *board* Arduino. Dengan Arduino IDE, pemrogram mampu mengetahui bila terjadi sebuah *error* atau kesalahan program [13].



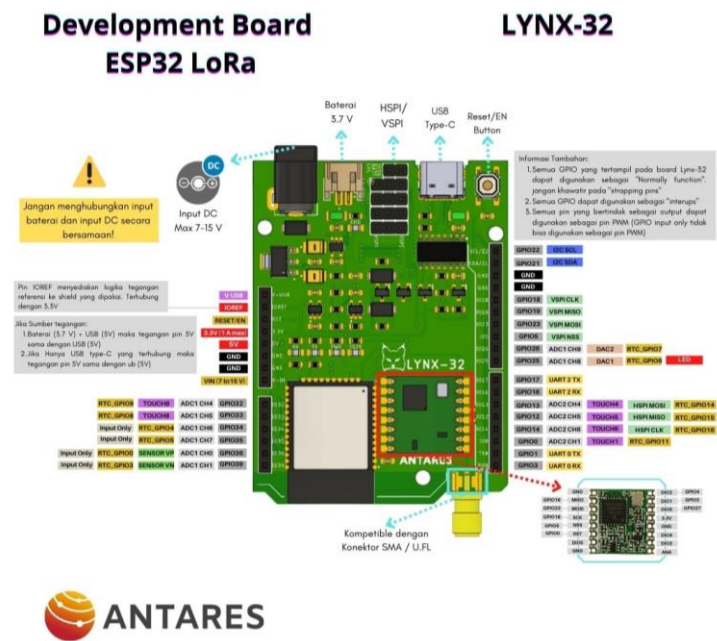
Gambar 2.2 Tampilan *Software* Arduino IDE

Gambar 2.2 merupakan tampilan awal pada saat pertama kali membuka software Arduino IDE. Pada tampilan diatas terdapat beberapa menu atau *toolbar* diantaranya ada menu file, edit, *sketch*, *tools* dan *help*.

2.2.4 Lynx-32

ESP32 merupakan salah satu keluarga mikrokontroler yang dikembangkan oleh Espressif Systems, sebuah perusahaan dari Cina. ESP32 merupakan pengembangan dari versi mikrokontroler ESP8266. Jenis mikrokontroler ini sudah disertai dengan fitur modul Wi-Fi dan BLE (*Bluetooth Low Energy*) yang memiliki frekuensi 2,4 GHz di dalam chipnya sehingga sangat mendukung untuk membangun sebuah proyek IoT. Mikrokontroler ini kompatibel dengan *software*

Arduino IDE, sehingga proses pemrograman dapat dilakukan pada *software* tersebut. ESP32 dalam melakukan tugasnya akan mengonsumsi sedikit daya, karena ESP32 sudah disertai fitur hemat daya[14]. Lynx-32 sendiri merupakan sebuah mikrokontroler yang menggunakan produk ESP32 yang dibuat di Indonesia dan di keluarkan oleh perusahaan Telkom Indonesia. Antares merupakan sebuah *platform* IoT milik Telkom, sehingga Lynx-32 ini bisa disebut produk dari *platform* Antares.



Gambar 2.3 Spesifikasi Lynx-32 [14]

Gambar 2.3 merupakan spesifikasi dari mikrokontroler Lynx-32 dengan daya input DC 7 – 15 V. Lynx-32 memiliki total pin berjumlah 32 dengan 12 pin ADC dengan tegangan yang tersedia ada 3,3 V dan 5 V. Lynx-32 support dengan kabel USB type C sehingga memudahkan pengguna untuk melakukan proses pemrograman.

2.2.5 Sensor pH (*Potential Hydrogen*)

pH atau *Potential Hydrogen* merupakan salah satu istilah kimia yang digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau basa yang terdapat pada suatu larutan atau didefinisikan sebagai kologaritma aktivitas ion hidrogen (H+) yang terlarut. Pada dasarnya sensor pH dibangun dari sebuah elektroda pH yang memiliki fungsi untuk mendeteksi banyaknya ion H+ yang terkandung dalam

suatu cairan. Pendeteksian tersebut didasarkan pada potensial elektro kimia yang terjadi antara larutan yang terdapat di dalam elektroda gelas (membran gelas) yang sudah diketahui dengan larutan yang berada di luar elektroda gelas yang tidak diketahui. Elektroda pH yang paling modern tersusun atas kombinasi dari tunggal elektroda referensi (*reference electrode*) dan elektroda sensor (*sensing electrode*). Sensor pH ini bekerja dengan memonitoring perubahan voltase yang dihasilkan oleh perubahan aktivitas ion hidrogen (H^+) yang terdapat dalam larutan sehingga pH larutan dapat diketahui kadarnya [15].



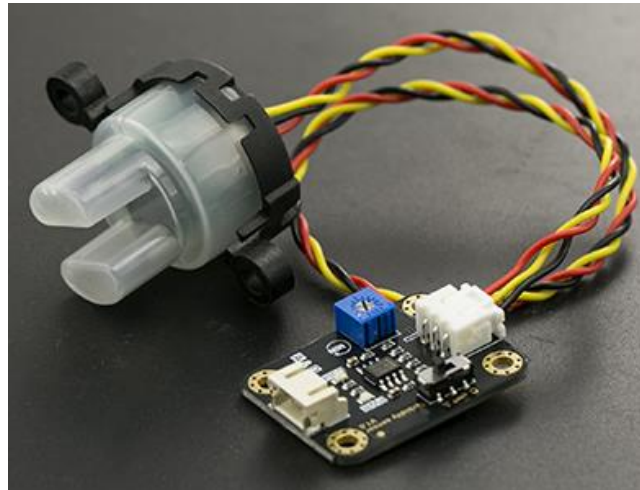
Gambar 2.4 Sensor pH [15]

Gambar 2.4 merupakan bentuk fisik dari sensor pH. Sensor pH yang akan digunakan pada penelitian ini merupakan jenis sensor pH dari industri DFROBOT dengan tipe SEN0169-V2 atau biasa disebut dengan pH *Development Kit V2*.

2.2.6 Sensor Turbidity

Kekeruhan (*Turbidity*) merupakan salah satu karakteristik mengenai kondisi atau kualitas air yang dilihat pertama kali. Kekeruhan ini dapat dijadikan salah satu indikator untuk mutu air [16]. Kekeruhan (*turbidity*) adalah jumlah partikel atau zat yang tergenang dan terkandung di dalam air. Kekeruhan ini menggambarkan sifat optik air yang ditentukan oleh banyak cahaya yang diserap dan dipancarkan oleh zat-zat didalam air. TDS (*Total dissolved solid*) yaitu satuan zat yang terkandung di dalam air. Kekeruhan air juga dapat menunjukkan adanya indikasi TDS yang tinggi di dalam air. Semakin keruh suatu perairan maka nilai TDS yang dihasilkan akan semakin tinggi yang mengakibatkan kadar oksigen di

dalam air bernilai rendah karena cahaya matahari yang masuk ke dalam perairan terhalang oleh adanya za-zat tersebut [17]. Turbiditas suatu perairan disebabkan oleh zat atau partikel yang tersuspensi di dalam air seperti *plankton*, *fitoplankton*, lumpur, zat organik dan zat halus lainnya yang menyerupai koloid [12].



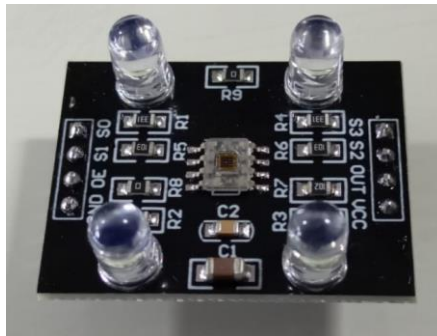
Gambar 2.5 Sensor Turbidity [18]

Gambar 2.5 merupakan bentuk fisik dari sensor turbidity dengan tipe SEN0189. Sensor turbidity ini mampu mendeteksi tingkat kualitas air dengan menggunakan cahaya untuk mendeteksi kadar suatu partikel yang terkandung didalam air. Sensor kekeruhan ini mengukur tingkat transmisi cahaya yang menghasilkan nilai keluaran berupa jumlah total padatan tersuspensi (TSS) yang terkandung didalam air. Tingkat kekeruhan suatu perairan meningkat berbanding lurus dengan meningkatnya TSS. Sensor kekeruhan ini tersedia dengan dua mode yaitu mode keluaran sinyal analog dan digital [18].

2.2.7 Sensor Warna

Sensor warna merupakan jenis sensor yang digunakan untuk mendeteksi warna dan mengenali tanda suatu warna. Skala RGB merupakan warna yang terdeteksi ada sensor ini. Interaksi antara sumber cahaya, objek dan penerima diukur dengan menggunakan sensor warna [18]. Perinsip kerja dari sensor warna adalah berdasar pada level cahaya yang diterima yang kemudian akan dipantulkan kembali. Cahaya merupakan radiasi elektromagnetik dari sebuah gelombang yang

dapat terlihat oleh mata manusia (400 nm – 700 nm) [19].



Gambar 2.6 Sensor Warna TCS3200

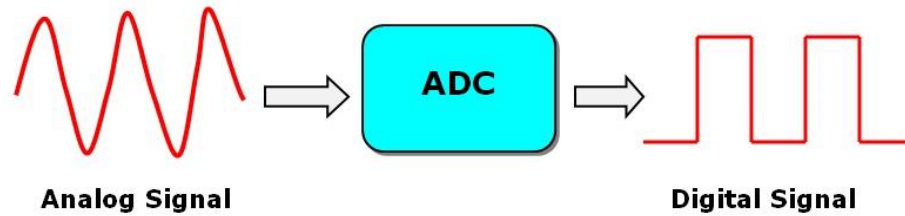
Gambar 2.6 merupakan bentuk fisik dari sensor warna TCS3200 jika dari dekat. Pada sensor warna TCS3200 terdapat 8 buah pin yaitu pin S0, S1, S2, S3, OE, OUT, VCC dan GND. Sensor warna jenis TCS3200 merupakan sensor yang digunakan untuk mendeteksi warna dengan chip Taos TCS3200 yang berperan untuk mengontrol 4 buah RGB dan LED berwarna putih. Sensor TCS3200 ini memiliki kemampuan mendeteksi dan mengukur warna yang bisa dibilang tidak terbatas. Aplikasi dari sensor TCS3200 membaca strip tes, melakukan sortir warna, mendeteksi dan mengkalibrasikan cahaya sekitar dengan warna yang sesuai. Sensor warna TCS3200 memiliki sebuah IC yang berperan sebagai konverter warna terang pada nilai frekuensi. Komponen yang membentuk IC tersebut ada dua macam, yaitu fotodiode dan konverternya. *Output* dari sensor jenis ini adalah *output* digital sebagai pulsa dengan pulsa baca warna RGB [16].

2.2.8 ADC (Analog Digital Converter)

Alat bantu digital yang sangat penting dalam teknologi kontrol proses adalah perangkat yang dapat mengubah informasi digital menjadi bentuk analog, dan sebaliknya. Agar dapat menghubungkan sinyal-sinyal ini dengan komputer atau rangkaian logika digital, langkah pertama yang perlu dilakukan adalah melakukan konversi dari analog ke digital (A/D).

Pengubah analog ke digital, yang juga dikenal sebagai *Analog to Digital Converter* (ADC), berfungsi mengubah sinyal input analog menjadi kode-kode digital. ADC banyak digunakan dalam berbagai bidang seperti pengaturan proses industri, komunikasi digital, dan rangkaian pengukuran/pengujian. Penerapan

umum ADC adalah sebagai perantara antara sensor-sensor yang mayoritasnya analog dengan sistem komputer, seperti sensor suhu, cahaya, tekanan/berat, aliran, dan sejenisnya. Informasi yang diterima dari sensor-sensor ini kemudian diukur menggunakan sistem digital (komputer) [20].

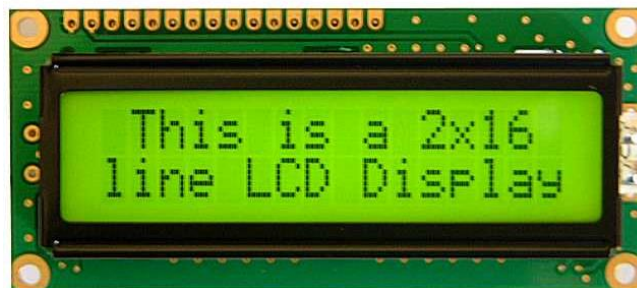


Gambar 2.7 Proses Konversi Sinyal [20]

Gambar 2.7 merupakan ilustrasi dari konversi sinyal dari analog ke digital. Input berupa sinyal analog yang berbentuk gelombang lalu akan masuk ke fitur konversi lalu akan menghasilkan output berupa sinyal digital yaitu sinyal yang dipecah menjadi *bit-bit* kode.

2.2.9 LCD (*Liquid Crystal Display*) 16x2

LCD merupakan alat yang memiliki fungsi untuk menampilkan suatu karakter baik berupa huruf maupun angka melalui tampilan pada layar kristalnya. LCD ini memiliki 16 kolom dan 2 baris. LCD memiliki 16 pin yang dipersingkat dengan menggunakan modul I2C. I2C (*Inter Integrated Circuit*) merupakan sebuah modul yang berperan untuk meringkas pin-pin pada LCD, sehingga penggunaan pin pada mikrokontroler bisa lebih hemat dan bisa digunakan untuk komponen-komponen lainnya. LCD ini berjalan dengan *supply* tegangan sebesar 5V [21].



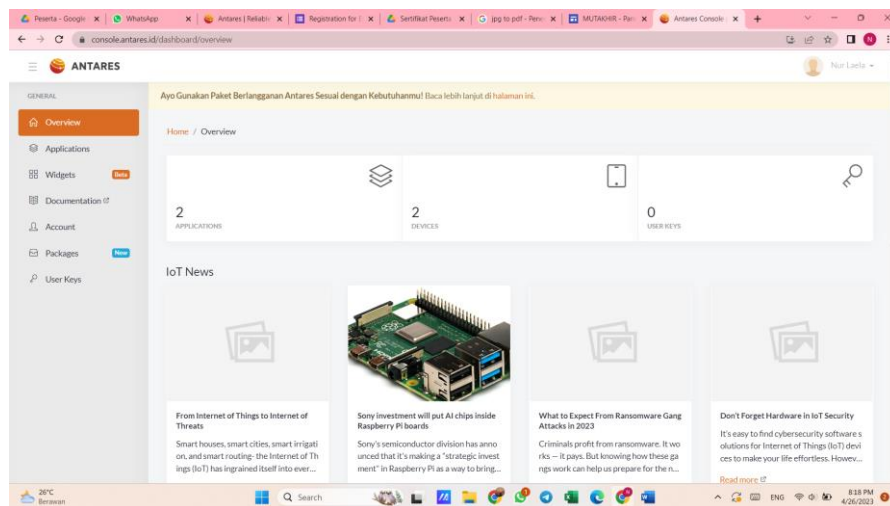
Gambar 2.8 LCD 16x2 [21]

Gambar 2.8 merupakan tampilan fisik dari LCD 16x2. LCD 16x2 memiliki pin sebanyak 16 pin, namun dapat dipersingkat dengan menggunakan

fitur I2C (*Inter-Integrated Circuit*) sehingga penggunaan pin pada mikrokontroler dapat di minimalisir.

2.2.10 Platform IoT Antares

Antares merupakan sebuah *platform* IoT yang umum digunakan untuk sebuah teknologi IoT. Antares mampu menyajikan sebuah data secara realtime dari sebuah perangkat. Proses monitoring secara *realtime* ini menggunakan protokol yang mendukung untuk komunikasi pada Antares yaitu seperti HTTP dan MQTT. Protokol HTTP memiliki peran untuk menampilkan sebuah data berupa waktu, sedangkan untuk protokol MQTT berperan sebagai penampil data secara *realtime* sehingga proses monitoring dapat dilakukan dan berjalan [22].



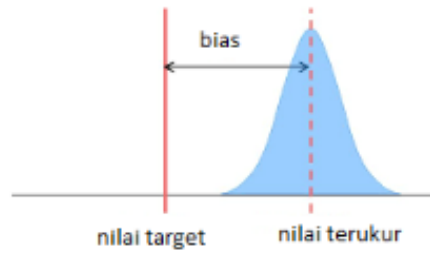
Gambar 2.9 Tampilan Antares

Gambar 2.9 merupakan tampilan beranda platform Antares. Sebelum menggunakan Antares untuk menerima data, user terlebih dahulu membuat folder baru pada *application* dan *devices* sebagai tempat untuk menerima data yang dikirimkan oleh sensor.

2.2.11 Validasi Sensor

Akurasi merupakan sebuah nilai yang menunjukkan derajat kedekatan atau keakuratan antara nilai pengukuran dengan nilai sebenarnya. Akurasi dapat juga dikatakan sebagai nilai persen perolehan kembali (% *recovery*) dari sebuah nilai pengukuran terhadap nilai yang sebenarnya. Jika nilai dari hasil pengukuran memiliki selisih terhadap nilai sebenarnya, maka hal tersebut dinamakan bias (d) atau *error* [23]. Berikut adalah persamaan untuk menghitung nilai bias dan

akurasi dari suatu sistem.



Gambar 2.10 Grafik Kondisi Bias [24]

$$Error = \left| \frac{Nilai\ Acuan - Nilai\ Terbaca}{Nilai\ Acuan} \right| \times 100 \quad (2.1)$$

$$Akurasi = 100 - Error \quad (2.2)$$

Gambar 2.10 merupakan ilustrasi dari grafik kondisi bias. Kondisi bias atau bisa disebut *error* adalah selisih antara nilai target dengan nilai yang terukur. Adapun rumus untuk menghitung *error* ada pada persamaan (2.1) dan rumus untuk menghitung Akurasi ada di persamaan (2.2)