

BAB II

DASAR TEORI

2.1 KAJIAN PUSTAKA

Penelitian Wen-Chi Lin *et al.* membahas mengenai pembuatan sensor untuk melakukan pemantauan pH, ORP, dan Konduktivitas yang nantinya dapat digunakan pada beberapa jenis air seperti air di perumahan dan air kolam renang. Pada penelitian ini dapat menggunakan beberapa sensor namun untuk dapat meminimalkan ukuran dan biaya maka penelitian ini menggunakan sensor tunggal yang nantinya dibuat hanya dengan elektroda platina telanjang yang diendapkan pada substrat kaca. Hasil dari penelitian ini adalah sensor yang digunakan dapat mengukur pH dan ORP secara bersamaan dalam sampel air yang berbeda [3].

Penelitian J. M. Marais *et al.* membahas mengenai sistem informasi kolam renang berbasis web yang nantinya akan mampu untuk melakukan berbagai pengukuran sensor dengan aktuator serta antarmuka untuk mengotomatisasi berbagai elemen dalam pemeliharaan kolam renang. Sistem ini mampu membantu pemilik kolam renang dalam mengelola kualitas air dan pembersihan otomatis yang dapat dipantau dan dikonfigurasi dari jarak jauh melalui *Wi-Fi* yang terhubung dengan *Web*. Pada penelitian ini digunakan untuk mengukur pH dan klorin dengan 2 metode utama untuk mengetahui kualitas air secara akurat (dalam pH dan tingkat kuman/bakteri), yaitu dengan rasio sisa klorin bebas atau *Oxidation Reduction Potential* (ORP). Sensor yang menyusun sistem penelitian ini yaitu Sensor pH dan ORP, sensor suhu, sensor ketinggian air [4].

Penelitian U. A. Pilipus *et al.* membahas mengenai kondisi kualitas air yang baik pada Budidaya Ikan di Desa Toulimembet Danau Tondano yang nantinya dapat digunakan untuk mengetahui kualitas ikan pada lokasi budidaya tersebut. Pada penelitian ini terdiri dari pengukuran sampel langsung di lapangan (*in situ*) dan menganalisis hasil pengukuran itu secara deskriptif, parameter kualitas air yang diukur adalah suhu, derajat keasaman (pH), DO (*Dissolve oxygen*/ oksigen terlarut), ORP (*Oxidation Reduction Potential*), konduktivitas, kekeruhan dan TDS (*Total*

Dissolved Solid/ total padatan terlarut). Penentuan pengukuran parameter kualitas air ini disesuaikan dengan fasilitas alat HORIBA U-536 yang digunakan. Hasil dari setiap parameter pengukuran tersebut akan dibandingkan dengan Baku Mutu Kualitas Air pada PP Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran [5].

Penelitian Z. B. Muhammad *et al.* membahas mengenai perancangan alat ukur untuk memantau kualitas air pada aliran air pada pipa distribusi PDAM yaitu meliputi tingkat kekeruhan pada air menggunakan sensor *Turbidity*, kadar konsentrasi objek solid yang terlarut dalam air menggunakan sensor TDS (*Total Dissolve Solid*), mengukur asam atau basa menggunakan sensor pH, mengukur temperatur menggunakan sensor suhu, dan mengukur zat pengoksidasi atau reduksi pada air menggunakan sensor ORP (*Oxidation Reduction Potensial*) yang nantinya alat ini dapat dibawa kemana saja atau portabel untuk memudahkan pegawai PDAM dalam memantau kualitas air pada aliran air pipa distribusi PDAM khususnya yang berada di Madiun. Air dari PDAM Kabupaten Madiun harus dilihat terlebih dahulu kelayakan dari kualitas air tersebut, sebelum didistribusikan ke masyarakat luas. Pada penelitian ini akan menggunakan Arduino UNO R3 sebagai mikrokontroler untuk mengendalikan dan mengontrol sensor-sensor yang digunakan, data yang didapat dari sensor-sensor tersebut dikirim ke NodeMCU ESP8266. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa alat tersebut dapat bekerja dan berfungsi dengan baik serta *output* yang dikeluarkan oleh tiap-tiap sensor sesuai standar nilai kualitas mutu air bersih yang tertera pada Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017, yang berarti air yang mengalir pada pipa distribusi PDAM tersebut layak dikonsumsi dan dipakai untuk kebutuhan sehari-hari [6].

Penelitian S. N. Rosi *et al.* membahas mengenai kualitas air di kawasan budidaya ikan Waduk Cengklik dan hubungannya dengan kesehatan ikan dengan menggunakan teknik *purposive sampling* yang nantinya sampel air dari seluruh titik pengamatan diukur menggunakan *Horiba Water Quality Checker* berdasarkan parameter suhu, konduktivitas, total padatan terlarut, pH, oksigen terlarut, dan potensi reduksi oksidasi. Hasil dari penelitian ini adalah perbandingan dari setiap parameter dengan Baku Mutu Kualitas Air Danau dan sejenisnya pada lampiran VI

PP Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup dan dianalisis secara deskriptif dengan pengukuran parameter kualitas air di kawasan budidaya ikan di Waduk Cengklik seperti suhu air, konduktivitas, TDS, DO, dan ORP masih berada pada kisaran optimum untuk kegiatan budidaya ikan. Namun, nilai pH perairan yang terukur masih berada pada di bawah standar baku mutu air untuk kegiatan budidaya [7].

Penelitian A. Apriandy *et al.* membahas mengenai pemantauan dan prediksi kualitas air di kolam renang umum menggunakan Arduino Uno, modul Wi-Fi ESP8266, sensor suhu DS18B20, sensor pH, dan sensor kekeruhan yang berbasis *Internet of Things*. Untuk memprediksi kualitas air nya, menggunakan model prediksi *data mining* yaitu algoritma *decision tree iterative dichotomiser 3*. Hasil dari penelitian ini berupa evaluasi perangkat keras dan evaluasi sistem yang akhirnya didapatkan bahwa alat dan sensor yang digunakan dapat mendeteksi kualitas air kolam renang dengan baik dan mampu untuk menangkap data keasaman, kekeruhan serta suhu dari kolam renang [8].

Penelitian N. S. Adriani *et al.* membahas mengenai lingkungan perairan pada Waduk Cirata yang berkaitan dengan kematian massal ikan budidaya di waduk tersebut. Pada penelitian ini menggunakan metode observasi cepat *in situ*, wawancara dan studi pustaka dengan parameter yang diamati meliputi Suhu air / udara, Kedalaman perairan, Warna air, Kecerahan, Kekeruhan, TDS, TSS, DHL, Oksigen terlarut, ORP, bebas CO₂, Alkalinitas, pH, Nitrat, Nitrit, Amonium, Fosfat, Sulfat, BOT, dan Kronologi kematian massal ikan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa, ORP memiliki nilai negatif sehingga perairan tidak mampu menguraikan akumulasi limbah dengan semestinya, kondisi tersebut mengindikasikan bahwa perairan mengalami degradasi [9].

Tabel 2.1 Perbandingan Dengan Penelitian Terdahulu

No	Nama Peneliti	Objek Penelitian	Parameter yang diukur	Hasil	Gap penelitian
1.	Wen-Chi Lin <i>et al.</i> (2017)	Memantau kondisi dan kualitas air	Parameter yang diukur yaitu pH, ORP,	Peneliti dapat mengetahui kondisi dan kualitas air	Menggunakan sensor tunggal dengan elektroda platina

No	Nama Peneliti	Objek Penelitian	Parameter yang diukur	Hasil	Gap penelitian
			Konduktivitas	yang digunakan	telanjang yang diendapkan pada substrat kaca.
2.	J.M. Marais <i>et al.</i> (2016)	Sistem otomasi pemeliharaan kolam renang	Parameter yang diukur yaitu pH, ORP, suhu, dan ketinggian air	Peneliti dapat membantu pemilik kolam renang dalam mengelola kualitas air dan pembersihan otomatis kolam renang jarak jauh	Penelitian ini menggunakan sensor yang dapat mengontrol kolam renang secara jarak jauh
3.	U.A. Pilipus <i>et al.</i> (2015)	Mengetahui kondisi kualitas air	Parameter yang diukur yaitu suhu, pH, DO (<i>Dissolve Oxygen</i>), ORP, konduktivitas, kekeruhan, dan TDS	Peneliti dapat mengetahui bahwa kualitas air berdasarkan parameter yang diukur masih memenuhi baku mutu air, berada dalam kondisi alami dan layak untuk usaha budi daya ikan.	Penelitian ini dilakukan di lokasi budidaya ikan dan menggunakan alat HORIBA

No	Nama Peneliti	Objek Penelitian	Parameter yang diukur	Hasil	Gap penelitian
4.	Z. B. Muhammad <i>et al.</i> (2022)	Pemantauan kualitas air	Parameter yang diukur yaitu Kekeruhan, TDS, pH, suhu, dan ORP	Alat yang digunakan bersifat portabel dan akan memudahkan pemantauan kualitas air yang digunakan	Penelitian ini dilakukan pada air PDAM
5.	S. N. Rosi <i>et al.</i> (2022)	Pemantauan kualitas air dan keterkaitannya dengan kesehatan ikan	Parameter yang diukur yaitu Suhu air, pH, konduktivitas, TDS, DO, dan ORP	Peneliti dapat mengetahui bahwa kualitas air tersebut masih memenuhi baku mutu air dan dapat dikatakan masih layak untuk usaha budidaya ikan.	Penelitian ini dilakukan pada budidaya ikan tawar dan menggunakan teknik <i>purposive sampling</i> serta alat <i>Horiba Water Quality Checker</i>
6.	A. Apriandy <i>et al.</i> (2020)	Memantau dan memprediksi kualitas air	Parameter yang diukur yaitu suhu, pH, dan kekeruhan	Peneliti dapat mengetahui kondisi air untuk dilakukan pergantian air kolam renang	Parameter yang digunakan bukan parameter ORP

No	Nama Peneliti	Objek Penelitian	Parameter yang diukur	Hasil	Gap penelitian
7.	N.S. Adriani <i>et al.</i> (2018)	Mengidentifikasi kesehatan lingkungan perairan dan masalah kematian ikan secara massal	Parameter yang diukur yaitu Suhu air / udara, Kedalaman perairan, Warna air, Kecerahan, Kekeruhan, TDS, TSS, DHL, Oksigen terlarut, ORP, bebas CO ₂ , Alkalinitas, pH, Nitrat, Nitrit, Amonium, Fosfat, Sulfat, BOT, dan Kronologi kematian massal ikan.	Pengelola dapat mengetahui bahwa terjadi degradasi dalam perairan	Penelitian ini dilakukan pada budidaya ikan Waduk Cirata

2.2 DASAR TEORI

2.2.1 Kolam Renang

Kolam renang adalah tempat yang menjadi salah satu sarana umum yang terdiri dari konstruksi berbentuk kolam yang berisi air bersih dan lengkap dengan fasilitas yang tentu memastikan kenyamanan dan keamanan yang baik bagi penggunaannya. Kolam renang tersedia dengan terletak di dalam maupun di luar. Serta menyediakan kesempatan bagi pengguna untuk berenang, rekreasi atau

olahraga lainnya. Kolam renang biasanya dilengkapi dengan sistem filtrasi dan sirkulasi air untuk menjaga kebersihan dan kualitas air. Selain itu, beberapa kolam renang dapat diberi perlengkapan tambahan seperti pelampung, papan seluncur, peralatan renang, dan area berjemur [10].



Gambar 2.1 Kolam Renang *Outdoor* [10].

Gambar 2.1 merupakan contoh kolam renang *outdoor* dengan menurut Permenkes Nomor 32 Tahun 2017 yang dimaksud dengan kolam renang adalah air di dalam kolam yang digunakan untuk olahraga dan kualitasnya memenuhi syarat kesehatan. Pengawasan kolam renang harus dilakukan secara rutin untuk menjaga kualitas air yang digunakan karena air dapat menimbulkan berbagai macam penyakit dan gangguan kesehatan lainnya terhadap pemakai. Sehingga pada kolam renang tentu memiliki Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan meliputi parameter fisik, biologi, dan kimia. Berdasarkan Tabel Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan meliputi parameter fisik, biologi, dan kimia di atas dapat diketahui bahwa setiap parameter tersebut memiliki korelasi karena untuk menentukan kualitas air kolam renang yang baik perlu dilakukan pemeriksaan secara fisik, biologi, dan kimia yang mana salah satu parameter penting dalam Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan adalah ORP.

Tabel 2.2 Paramater Fisik Baku Mutu

No.	Parameter	Unit	Standar Baku Mutu (kadar maksimum)	Keterangan
1.	Bau		Tidak berbau	
2.	Kekeruhan	NTU	0,5	
3.	Suhu	°C	16-40	
4.	Kejernihan	piringan terlihat jelas		piringan merah hitam (<i>Secchi</i>) berdiameter 20 cm terlihat jelas dari kedalaman 4,572 m
5.	Kepadatan perenang	m2/ perenang	2,2	kedalaman <1 meter
			2,7	kedalaman 1-1,5 meter
			4	kedalaman > 1,5 meter

Tabel 2.2 merupakan tabel yang berisikan Parameter fisik dalam Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan untuk media air kolam renang meliputi bau, kekeruhan, suhu, kejernihan dan kepadatan. Untuk kepadatan, semakin dalam Kolam Renang maka semakin luas ruang yang diperlukan untuk setiap perenang.

Tabel 2.3 Parameter Biologi Baku Mutu.

No.	Parameter	Unit	Standar Baku Mutu (kadar maksimum)	Keterangan
1.	<i>E. coli</i>	CFU/100ml	< 1	diperiksa setiap bulan
2.	<i>Heterotrophic Plate Count</i> (HPC)	CFU/100ml	100	diperiksa setiap bulan
3.	<i>Pseudomonas</i>	CFU/100ml	<1	diperiksa bila

No.	Parameter	Unit	Standar Baku Mutu (kadar maksimum)	Keterangan
	<i>aeruginosa</i>			diperlukan
4.	<i>Staphylococcus aureus</i>	CFU/100ml	<100	diperiksa sewaktu-waktu
5.	<i>Legionella spp</i>	CFU/100ml	<1	diperiksa setiap 3 bulan untuk air yang diolah dan setiap bulan untuk SPA alami dan panas

Tabel 2.3 merupakan tabel berisikan parameter biologi dalam Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan untuk media air Kolam Renang terdiri dari 5 (lima) parameter. Empat parameter tersebut terdiri dari indikator pencemaran oleh tinja (*E. coli*), bakteri yang tidak berasal dari tinja (*Pseudomonasaeruginosa*, *Staphylococcus aureus* dan *Legionella spp*). Sedangkan parameter *Heterotrophic Plate Count* (HPC) bukan merupakan indikator keberadaan jenis bakteri tertentu tetapi parameter ini hanya mengindikasikan perubahan kualitas air baku atau terjadinya pertumbuhan kembali koloni bakteri *heterotrophic*. Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan meliputi parameter fisik, biologi, dan kimia. Berdasarkan Tabel Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan meliputi parameter fisik, biologi, dan kimia di atas dapat diketahui bahwa setiap parameter tersebut memiliki korelasi karena untuk menentukan kualitas air kolam renang yang baik perlu dilakukan pemeriksaan secara fisik, biologi, dan kimia yang mana salah satu parameter penting dalam Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan adalah ORP.

Tabel 2.4 Parameter Kimia Baku Mutu

No.	Parameter	Unit	Standar Baku Mutu (kadar minimum/ kisaran)	Keterangan
1.	pH		7 – 7,8	apabila menggunakan khlorin dan diperiksa minimum 3 kali sehari
			7 - 8	apabila menggunakan bromine dan diperiksa minimum 3 kali sehari
2.	Alkalinitas	mg/l	80-200	semua jenis Kolam Renang
3.	Sisa Khlor bebas	mg/l	1-1,5	Kolam beratap/ tidak beratap
		mg/l	2-3	Kolam panas dalam ruangan
4.	Sisa khlor terikat	mg/l	3	semua jenis Kolam Renang
5.	Total bromine	mg/l	2-2,5	kolam biasa
		mg/l	4-5	heated pool
	Sisa bromine	mg/l	3-4	Kolam beratap/tidak

No.	Parameter	Unit	Standar Baku Mutu (kadar minimum/kisaran)	Keterangan
				beratap/kolam panas dalam ruangan
6.	<i>Oxidation-Reduction Potential</i> (ORP)	mV	720	semua jenis Kolam Renang Sisa Klor/Bromine diperiksa 3 kali

Tabel 2.4 merupakan tabel parameter kimia dalam Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan untuk media air Kolam Renang meliputi 6 parameter yaitu pH, alkalinitas, sisa klor bebas, sisa klor terikat, total bromine/sisa bromine, dan potensial reduksi oksidasi (*oxidation reduction potential*). Konsentrasi minimum untuk setiap parameter bergantung pada jenis Kolam Renang. Jika Kolam Renang menggunakan disinfektan bromine, maka konsentrasi minimum juga, berbeda dibandingkan dengan konsentrasi klorin [1].

2.2.2 ORP Meter

Oxidation Reduction Potential (ORP) adalah alat pengukuran yang digunakan untuk mengukur potensi oksidasi reduksi dan konsentrasi pada suatu bahan kimia yang biasanya berada pada kolam renang. Bahan kimia akan bereaksi karena adanya pengaruh dari oksigen dan bahan kimia tersebut yang nantinya akan mengoksidasi. Maka dari itu ORP meter akan digunakan untuk mengukur potensi reaksi tersebut dengan satuannya adalah mV. ORP meter perlu digunakan pada kolam renang karena dalam air kolam renang terdapat kandungan kimia yang sehingga perlu dilakukan pengecekan secara teratur. ORP meter membantu

mengukur tingkat oksidasi dalam air dan membantu mengendalikan penambahan klorin atau senyawa oksidator lainnya. Ini penting untuk menjaga kebersihan dan keamanan air kolam renang. ORP meter ini perlu dikalibrasi secara teratur untuk memastikan akurasi pengukuran. Ini melibatkan mengukur potensial di dalam larutan standar dengan nilai ORP yang diketahui dan mengatur ulang ORP meter jika perlu. Waktu untuk pengecekan menggunakan ORP meter ini tergantung dari kebijakan masing masing industri kolam renang, namun lebih baik dilakukan saat pagi hari agar hasil dari pengecekan lebih akurat [11].



Gambar 2.2 ORP Meter [11].

Gambar 2.2 terlihat pada layar kecil di ORP meter tertampil nilai ORP senilai 254 dengan tegangan mV dan suhu senilai 253°C. Kedua nilai tersebut akan muncul ketika dilakukan pengukuran dengan mencelupkan ke dalam air dan nilainya pun akan berubah-ubah sehingga agar nilai yang dikeluarkan lebih stabil, perlu ditunggu nilai tersebut berhenti.

2.2.3 Sensor ORP

Sensor ORP menggunakan elektroda indikator platinum dan elektroda referensi perak-perak klorida, yang menjadikan pemantauan ORP dapat dilakukan secara *online* selama 24 jam dengan konverter sinyal baru yang menambahkan referensi tegangan lebih stabil sehingga pembacaan sensor tidak lagi terpengaruh oleh fluktuasi tegangan suplai [12].



Gambar 2.3 Sensor ORP [12].

Gambar 2.3 merupakan sensor ORP yang memiliki prinsip kerja sensor ORP sen0464 DFRobot yang digunakan ini melibatkan interaksi elektrokimia antara elektroda indikator, elektroda referensi, dan larutan yang akan diukur. Dimana elektroda indikator sensor ORP berinteraksi dengan zat dalam larutan yang akan diukur sehingga reaksi redoks terjadi antara elektroda indikator dan zat tersebut yang kemudian elektroda referensi akan membentuk titik referensi tetap untuk pengukuran potensial untuk mencerminkan tingkat oksidasi-reduksi dalam larutan. Pengukuran potensial ini akan diubah menjadi tegangan yang dapat diolah oleh mikrokontroler dan akan diinterpretasikan menjadi suatu nilai ORP.

Tabel 2.5 Spesifikasi Konverter Sinyal ORP [12].

Tegangan Masukan	5V
Sinyal <i>Input</i>	0,5V - 4,5V
Antarmuka <i>input</i>	Konektor 5.08mm / 0.20
Rentang pengukuran	-2000mV + 2000mV
Antarmuka <i>output</i>	PH2.0 – 3Pin
Ukuran kamera	42mm x 32 mm / 32 mm / 1.65 x 1.26

Tabel 2.5 merupakan tabel spesifikasi dari konverter sinyal ORP dengan tegangan masukan yang digunakan yaitu 5V, sinyal *input* sensor ORP berkisar antara 0,5V – 4,5 V. Antarmuka *input* menggunakan konektor 5.08mm / 0.20 dengan rentang pengukuran senilai -2000mV + 2000mV. Lalu untuk antarmuka *output* yaitu PH2.0 – 3Pin dan ukuran kamera yang digunakan adalah 42mm x 32 mm / 32 mm / 1.65 x 1.26.

Tabel 2.6 Spesifikasi Probe ORP [12].

Elektroda Indikator	Platinum
Elektroda Referensi	Perak-Perak Klorida
Suhu yang cocok	5-7°C
Potensi Elektroda	245 mV – 270 mV
Resistansi Internal Elektroda Referensi	$\leq 10 \text{ K}\Omega$
Stabilitas Elektroda	$\pm 8 \text{ mV} / 24 \text{ jam}$

Tabel 2.6 merupakan spesifikasi yang digunakan pada *probe* ORP dengan elektroda indikator menggunakan platinum, sedangkan elektroda referensi menggunakan perak-perak klorida. Suhu yang cocok untuk digunakan adalah ketika 5-7°C dengan potensi elektroda senilai 245 mV – 270 mV. Resistansi *internal* elektroda referensi yang digunakan adalah $\leq 10 \text{ K}\Omega$ dengan stabilitas elektroda berkisar $\pm 8 \text{ mV} / 24 \text{ jam}$.

Tabel 2.7 Spesifikasi Analog ORP Sensor [12].

<i>Input</i> Elektroda	
S+	Elektroda +
S-	Elektroda -
<i>Output</i> Sinyal	
A	Analog <i>Output</i>
+	Sumber Daya Listrik +
-	Sumber Daya Listrik -

Tabel 2.7 merupakan tabel spesifikasi analog dari ORP sensor yang digunakan dengan *input* elektroda terdapat elektroda + dan elektroda -. Lalu untuk *output* sinyal terdapat analog *output* dengan sumber daya listrik + dan sumber daya listrik -.

2.2.4 Klorin

Klorin merupakan unsur kimia dalam bentuk gas yang memiliki simbol kimia Cl dan nomor atom 17. Klorin adalah unsur halogen yang berada dalam kelompok 17 (VIIA) tabel periodik. Unsur ini memiliki beberapa bentuk dan senyawa yang penting dalam berbagai aspek kehidupan manusia, termasuk dalam

pengolahan air, industri kimia, dan pemeliharaan kebersihan. Klorin biasanya digunakan pada pemutih pakaian untuk membantu menghilangkan noda dan memutihkan kain, lalu juga di beberapa kasus klorin dapat digunakan dalam industri makanan dan minuman untuk membantu membersihkan permukaan dan alat-alat yang berhubungan dengan produksi makanan dan minuman. Selain itu fungsi klorin juga sangat penting digunakan dalam kolam renang yaitu untuk menjernihkan dan mendesinfeksi kuman serta mencegah pembentukan mikroorganisme yang memicu masalah kesehatan dari air. Klorin dapat dikatakan sangat berperan penting untuk membasmi bakteri yang menyebar dari air kolam renang. Namun penggunaan klorin secara berlebihan akan memberikan dampak yang tidak baik, seperti iritasi, kulit menjadi kering, gatal bahkan mengelupas. Sehingga klorin perlu digunakan secukupnya sesuai kebutuhan dari kolam renang tersebut [13].

2.2.5 *Internet of Things*

Internet of Things atau yang lebih dikenal dengan istilah IoT adalah sistem *embedded* yang bertujuan untuk mengoptimalkan pemanfaatan dari konektivitas internet yang terus-menerus tersambung. Sistem ini memungkinkan berbagai perangkat dan objek fisik di dunia nyata, seperti bahan pangan, perangkat elektronik, dan peralatan lainnya, untuk terhubung dengan sensor dan saling terkoneksi melalui jaringan. *Internet of Things* bekerja dengan memanfaatkan pemrograman di setiap perintah untuk sebuah instruksi kepada mesin tanpa bantuan manusia. Dengan menggunakan sambungan atau koneksi internet. Seperti bagaimana mengolah data yang diperoleh dari peralatan elektronik melalui sebuah *interface* antara pengguna dan peralatan itu [14].



Gambar 2.4 *Internet of Things* [14].

Gambar 2.4 merupakan gambar dari konsep IoT yang bekerja melalui pemrograman yang mengatur perintah dan instruksi bagi perangkat melalui koneksi internet. Data yang diperoleh dari perangkat elektronik diolah dan diakses melalui antarmuka yang memungkinkan interaksi antara pengguna dan perangkat tersebut. Melalui IoT, perangkat-perangkat ini dapat diatur, dimonitor, dan berkomunikasi secara efisien untuk meningkatkan efisiensi dan kenyamanan dalam kehidupan sehari-hari [15].

2.2.6 Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah jenis *chip* berupa IC (*Integrated Circuit*) yang berfungsi menerima sinyal *input*, mengolahnya dan menghasilkan sinyal *output* berdasarkan program yang sudah diisikan didalamnya. Sinyal *input* mikrokontroler ini biasanya diperoleh dari sensor yang mengumpulkan informasi dari lingkungan sekitarnya sedangkan sinyal *output* ditujukan untuk mengendalikan aktuator yang akan memberikan efek pada lingkungan. Jadi untuk mudahnya, mikrokontroler dapat dianggap sebagai otak dari suatu perangkat atau produk karena kemampuannya berinteraksi dengan lingkungan sekitarnya. Mikrokontroler pada dasarnya adalah komputer dalam satu *chip*, yang di dalamnya terdapat mikroprosesor, memori. Meskipun ukurannya relatif kecil, namun dalam satu *chip* mikrokontroler terdapat komponen seperti mikroprosesor dan memori yang berperan sebagai komputer mini. Walaupun kecepatan pemrosesan data dan kapasitas memori pada mikrokontroler lebih rendah dibandingkan dengan komputer pribadi (*personal computer*), namun kemampuannya sudah cukup untuk banyak aplikasi, terutama karena ukurannya yang kompak. Mikrokontroler umumnya digunakan pada sistem yang tidak terlalu kompleks dan tidak membutuhkan kemampuan komputasi yang tinggi. Kelebihannya yang ringkas dan hemat daya menjadikannya pilihan populer untuk berbagai perangkat elektronik, kendali otomatis, dan sistem yang memerlukan kontrol dan monitoring sederhana [16].

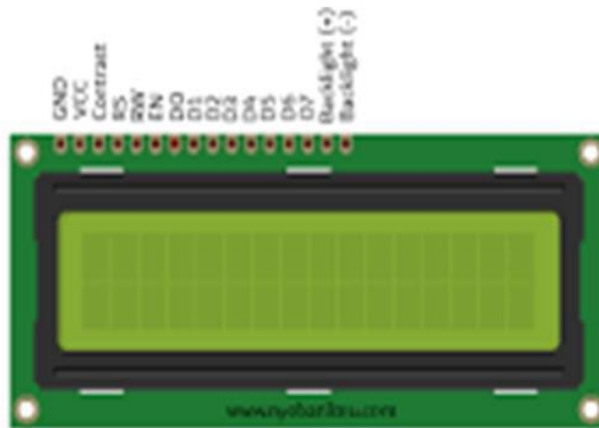


Gambar 2.5 Mikrokontroler Lynx-32 [17].

Gambar 2.5 merupakan gambar dari Mikrokontroler *Lynx-32 LoRa Development Board* yang berupa buatan Indonesia dengan berbasis ESP (Espressif) sehingga memiliki berbagai fleksibilitas kegunaan. Mikrokontroler Lynx-32 merupakan *board* yang sudah dibekali modul LoRa sebagai media untuk berkomunikasi tetapi Lynx-32 juga dapat digunakan untuk komunikasi berbasis WiFi.

2.2.7 LCD 16x2

LCD (*Liquid Cristal Display*) adalah jenis tampilan elektronik yang menggunakan teknologi CMOS *logic* yang bekerja dengan cara memantulkan cahaya dari sekitarnya (*front-lit*) atau mentransmisikan cahaya dari belakang (*back-lit*) tanpa menghasilkan cahaya sendiri. Tampilan ini dapat menampilkan data dalam bentuk karakter, huruf, angka, atau grafik. Struktur LCD terdiri dari campuran organik yang berada di antara lapisan kaca bening dengan elektroda transparan indium oksida dalam bentuk tampilan *seven-segment*, serta lapisan elektroda di kaca belakang. Saat elektroda diaktifkan oleh medan listrik (tegangan), molekul organik yang panjang dan silindris dalam campuran tersebut akan menyesuaikan diri dengan elektroda dari segmen tertentu. LCD yang digunakan dalam contoh ini adalah tipe 16x2, yang artinya memiliki 16 karakter per baris dan total 2 baris. LCD 16x2 ini memiliki 16 nomor pin, setiap pin memiliki tanda simbol dan fungsi-fungsinya yang khusus. Biasanya, LCD 16x2 beroperasi pada *power supply* +5V, tetapi juga dapat beroperasi pada *power supply* +3V untuk keperluan tertentu [18].



Gambar 2.6 LCD 16x2 [19].

Gambar 2.6 merupakan gambar dari LCD 16x2 dengan memiliki fitur yang terdapat dalam LCD yaitu memiliki 16 karakter dan 2 baris atau biasa disebut LCD 16x2, memiliki 192 karakter dan karakter generator yang terprogram, dapat digunakan melalui mode 4-bit dan 8-bit, dapat digunakan secara *back light* [19].

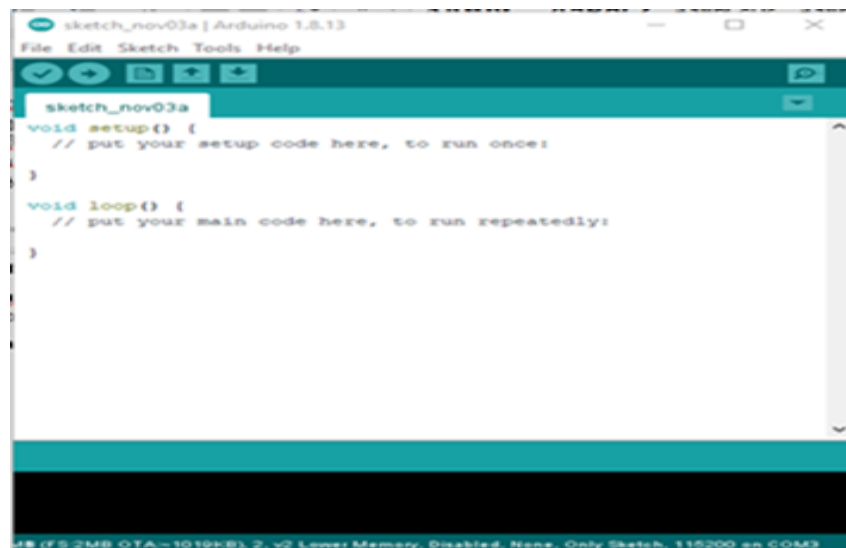
Tabel 2.8 Spesifikasi LCD 16x2 [19].

Pin	Deskripsi
1	Ground (-)
2	Vcc (+)
3	Mengatur kontras atau pencahayaan
4	Register select
5	Read / Write LCD Register
6	Enable
7-14	Data I/O (Input/Output)
15	VCC (+) LED
16	Ground (-) LED

Tabel 2.8 merupakan spesifikasi dari LCD 16x2 dimana pada pin 1 yaitu sebagai *Ground (-)*, pin adalah *Vcc (+)*, pin 3 untuk mengatur kontras atau pencahayaan, pin 4 merupakan *register select* lalu pin 5 digunakan untuk *read / write LCD register*, pin 6 yaitu *enable*, pin 7-14 data I/O (*Input/Output*), pin 15 *VCC (+) LED*, pin 16 yaitu untuk *Ground (-) LED*.

2.2.8 Arduino IDE

Arduino IDE (*Integrated Development Environment*) adalah perangkat lunak yang biasanya digunakan untuk membuat, mengompilasi, dan mengunggah program ke papan mikrokontroler, seperti ESP8266. Arduino IDE menyediakan kemampuan yang ditulis dalam bahasa pemrograman Java. Selain itu, Arduino IDE juga dilengkapi dengan kompiler untuk bahasa pemrograman C atau C++. Tujuan utama dari Arduino IDE adalah membantu pengguna dalam membuat skrip atau kode untuk berbagai jenis papan atau mikrokontroler. Dengan menggunakan Arduino IDE, pengguna dapat mengatur dan memprogram Arduino sesuai dengan kebutuhan mereka [20].

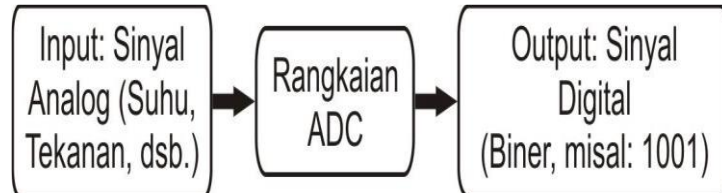


Gambar 2.7 Tampilan Utama Arduino IDE [20].

Gambar 2.7 merupakan tampilan utama arduino IDE yang dapat dilihat bahwa tampilannya sederhana dan mudah dipahami, Arduino IDE menjadi pilihan yang populer, terutama bagi pemula yang ingin belajar pemrograman. Dengan adanya Arduino IDE, proses pembuatan program untuk papan mikrokontroler menjadi lebih efisien dan aksesibel bagi orang-orang dengan berbagai tingkat keahlian. Fitur-fiturnya yang intuitif memungkinkan pengguna untuk dengan cepat memulai menulis dan mengunggah kode program. Arduino IDE menjadi pilihan yang tepat untuk memulai memahami dan menguasai pemrograman mikrokontroler [20].

2.2.9 Analog to Digital Converter

Analog to Digital Converter (ADC) berfungsi untuk mengubah nilai masukan berupa arus, tegangan listrik, atau sinyal analog lainnya menjadi bentuk sinyal digital dalam bentuk angka. ADC banyak digunakan dalam berbagai aplikasi seperti pengaturan proses industri, komunikasi digital, dan pengukuran/pengujian. Sebagian besar data atau sinyal yang ada di dunia ini bersifat analog, namun banyak sistem elektronik dan komputer beroperasi menggunakan sinyal digital. Oleh karena itu, konversi dari sinyal analog ke sinyal digital perlu dilakukan agar data dapat diolah, dimodifikasi, dan memiliki karakteristik yang dapat dipahami oleh perangkat elektronik. Dengan menggunakan ADC, data analog yang bervariasi secara kontinu diubah menjadi angka-angka diskrit (bilangan biner) yang merepresentasikan nilai tegangan atau arus pada titik-titik waktu tertentu. Proses ini memungkinkan sistem elektronik untuk bekerja dengan data analog dan mengolahnya secara digital, sehingga memudahkan analisis, pengolahan, dan interaksi dengan perangkat digital lainnya [21].



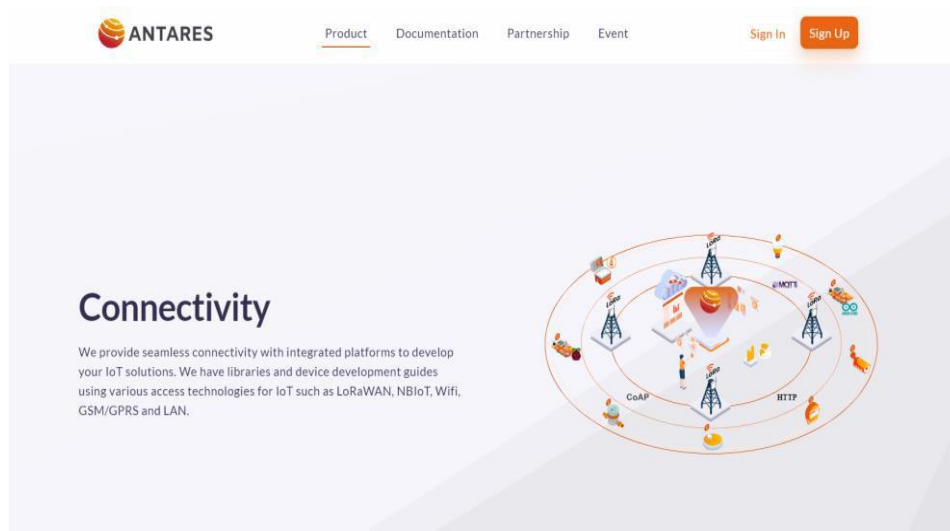
Gambar 2.8 Proses Konversi Sinyal Analog Menjadi Sinyal Digital [21].

Gambar 2.8 merupakan gambar dari proses konversi sinyal analog menjadi sinyal digital. Seperti yang telah diketahui bahwa komputer dan perangkat digital lainnya hanya dapat membaca dan memproses sinyal digital atau biner. Di sisi lain, sinyal analog mencakup berbagai besaran fisik seperti suhu, tekanan, kecepatan, kelembaban, dan banyak lagi. Untuk mengintegrasikan informasi dari sinyal analog ke dalam perangkat digital, diperlukan komponen khusus yang disebut *Analog to Digital Converter* (ADC). Pada tahap konversi, kuantitas analog seperti suhu, tekanan, atau tegangan, diubah menjadi besaran listrik yang mewakili nilai dari besaran fisik tersebut. Proses ini melibatkan ADC untuk mengonversi sinyal analog menjadi sinyal digital dalam bentuk angka biner. Sinyal digital ini yang akan dibaca dan diproses oleh perangkat elektronik, termasuk komputer. Melalui konversi yang

dilakukan oleh ADC, data analog dapat direpresentasikan secara diskrit sebagai angka-angka biner yang dapat dipahami dan diolah oleh perangkat digital. Dengan demikian, informasi dari berbagai besaran fisik yang semula bersifat analog dapat diintegrasikan ke dalam dunia digital, memungkinkan pengolahan data, analisis, dan interaksi dengan perangkat digital secara efisien [22].

2.2.10 Antares

Antares adalah *platform* IoT yang dikembangkan oleh PT. Telkom Indonesia pada tahun 2016. Platform ini berfungsi sebagai *gateway* untuk pengembangan teknologi berbasis IoT dan mendukung beberapa protokol seperti HTTP, MQTT, dan COAP. Antares digunakan sebagai media penyimpanan data sementara yang dikirimkan dari perangkat mikrokontroler. Data tersebut dapat diakses melalui halaman *web* Antares dan dikirimkan ke aplikasi seluler dalam bentuk notifikasi. Penggunaan Antares sebagai *platform* IoT sangat bermanfaat dalam berbagai kasus-kasus IoT [23].



Gambar 2.9 Tampilan Awal Antares IoT Platform [23].

Gambar 2.9 merupakan gambar tampilan awal dari antares IoT Platform yang akan muncul ketika sudah masuk ke web Antares. Platform antares tentu memiliki keunggulan dibanding platform IoT lainnya, diantaranya yaitu karena Antares lebih fleksibel sehingga memungkinkan pengguna untuk menyesuaikan dan mengintegrasikannya dengan berbagai solusi dan sistem lainnya sesuai

kebutuhan mereka, *platform* Antares pun dapat dikatakan ramah pengguna dan mudah dioperasikan serta memiliki kemampuan untuk berintegrasi dengan sistem atau aplikasi lain dapat membantu dalam pengelolaan data dan informasi yang lebih baik. Selain itu *platform* Antares memberikan tingkat keamanan yang baik melalui enkripsi, manajemen akses, serta perlindungan data dan yang terpenting *platform* ini terus mengalami inovasi dan peningkatan fitur sehingga dapat memberikan nilai tambah jangka panjang bagi pengguna. Beberapa contoh penggunaan *platform* Antares yang termasuk dalam pengembangan sistem adalah *smart home*, *smart metering*, pelacakan aset (*asset tracking*), *smart building*, dan banyak lagi dengan memudahkan penggunaan dan kontrol perangkat-perangkat yang terhubung ke internet [23].

2.2.11 Persentase Galat

Persentase galat digunakan untuk mengetahui keakurasian pembacaan sensor dari selisih antara sensor yang digunakan dengan ORP meter. Berikut adalah persamaan untuk menghitung nilai persentase galat:

$$error = \left| \frac{AV-TV}{AV} \right| \times 100\% \quad (2.1)$$

Dimana :

AV = *actual value*

TV = *test value* [24].

2.2.12 Akurasi

Akurasi yaitu ukuran kedekatan suatu hasil pengukuran dengan nilai yang sebenarnya. Penentuan akurasi sangat penting dilakukan untuk meningkatkan kepercayaan atas hasil pengukuran dan mengetahui kinerja dari suatu metode. Berikut adalah persamaan untuk menghitung nilai akurasi: [25].

$$\%akurasi = 100\% - \%error \quad (2.2)$$

2.2.13 Quality of Service (QoS) Delay

Quality of Service (QoS) suatu pengukuran tentang seberapa baik jaringan dan merupakan suatu usaha untuk mendefinisikan karakteristik dan sifat dari suatu layanan. QoS mengacu pada kemampuan jaringan untuk menyediakan layanan yang lebih baik pada trafik jaringan tertentu melalui teknologi yang berbeda-beda. Salah satu parameter yang digunakan untuk performansi dari kualitas jaringan yaitu *delay*. *Delay* adalah waktu yang dibutuhkan data untuk menempuh jarak dari asal ke tujuan. *Delay* dapat dipengaruhi oleh jarak media fisik, kongesti atau juga waktu proses yang lama. Berikut adalah persamaan untuk menghitung nilai *delay* transmisi:

$$Delay\ rata - rata = \frac{Total\ Delay}{Total\ Packet\ yang\ Diterima} \quad (2.3)$$

Tabel 2.9 Standarisasi ITU-T.G Delay [26].

<i>Delay (ms)</i>	<i>Quality</i>
< 150 ms	<i>Very Good</i>
150 ms s/d 300 ms	<i>Good</i>
300 ms s/d 450 ms	<i>Enough</i>

Tabel 2.9 merupakan tabel yang berisikan standarisasi ITU-T.G *Delay* yang terdapat 3 kategori, yaitu jika *delay* (ms) dengan nilai < 150 ms maka akan masuk ke kategori kualitas yang *Very Good* atau sangat bagus. Lalu untuk *delay* (ms) dengan nilai 150 ms s/d 300 ms akan masuk ke kategori kualitas *Good* atau baik, untuk *delay* (ms) dengan nilai 300 ms s/d 450 ms akan masuk ke kategori kualitas *Enough* atau cukup.