

BAB II

DASAR TEORI

2.1 KAJIAN PUSTAKA

Sebuah Rancang bangun alat monitoring *volume* dan isi air menggunakan sensor ultrasonik berbasis mikrokontroler AVR atmega8 . Pada sistem ini perlu dilakukan serangkaian tindakan yang memberikan stimulus pada perangkat. Hal ini bertujuan untuk mengamati kondisi sistem saat beroperasi. Langkah awal melibatkan pemeriksaan manual terhadap program dan pengecekan fisik perangkat menggunakan ponsel *android*, termasuk mengukur jarak pancar *bluetooth*, serta menguji fungsi tombol dan panel. *Error* pada saat pengujian mencapai 0,26%, jarak pancar *bluetooth* sensor HC-06 memiliki jarak maksimum sejauh 25 meter. Hasil pengujian kompatibilitas aplikasi *android* menunjukkan bahwa aplikasi dapat beroperasi dengan baik pada layar 480×800 pixel dan dapat berjalan pada semua versi sistem android. dapat disimpulkan kinerja sistem ini beroperasi dengan baik dan dapat menjaga kestabilan persediaan air [6].

Penelitian Sistem kekeruhan air berbasis IoT pada penampungan air warga. Sistem ini bekerja untuk mengidentifikasi terkait adanya air keruh yang mengalir dari tandon ke rumah warga. Pengiriman data informasi dapat dilakukan dengan menggunakan sensor *turbidity* yang dikirim arduino melalui SIM900a ke *firebase*. Sensor *ultrasonic* juga mengamati ketersediaan air pada tandon. Sistem ini berhasil memeberikan informasi keadaan air dalam tandon kepada masyarakat secara *real time* [7].

Penelitian sistem monitoring kekeruhan air secara *realtime* menggunakan sensor TDS-10. Sistem ini dibuat untuk mengukur kekeruhan yang *realtime* dan dapat menampilkan bentuk angka, serta dalam bentuk database. Hasil pengukuran yang didapat tegangan hasil sensor berkurang ketika kenaikan kekeruhan air mempunyai sensitivitas 2mV/NTU. Nilai sensor sebesar 0,99 dan presentase rata-rata pengukuran adalah 93,49% [8].

Pada penelitian Rancang Bangun sistem filterisasi untuk monitoring kualitas air minum rumah ini menggunakan tiga parameter utama, yaitu pH, kekeruhan dan

suhu yang beroperasi secara efisien. Sensor pH memiliki tingkat akurasi 97,28%, sensor kekeruhan mencapai tingkat akurasi 98,875%, sedangkan sensor suhu memiliki akurasi 98,7%. Data dari pembacaan yang diperoleh dari pembacaan sensor kualitas air minum dikirimkan secara nirkabel ke *database* melalui perangkat *NodeMCU* ESP8266, kemudian dapat ditampilkan dengan aplikasi [9].

Penelitian sebuah monitoring dan menjernihkan air berdasarkan tingkat keasaman pH dan kekeruhan pada penampungan air berbasis *internet of things*. Kualitas air pH mencapai 99,64% sementara untuk parameter kekeruhan air mencapai 97,22%. Sistem juga dapat mengirimkan data melalui sim808 yang dibaca oleh sensor LDR dan sensor pH ke *firebase*, untuk tingkat keberhasilannya mencapai 100% pada kondisi sinyal baik. Untuk keterlambatan dalam output antara mikrokontroler dan aplikasi android sebesar 0,35 detik [10].

Penelitian monitoring air pada aquaponik yang menggunakan mikrokontroler arduino uno. Penelitian ini melakukan pengujian mikrokontroler pada perangkat dengan tujuan untuk menilai apakah perangkat yang telah dibuat beroperasi dengan efektif dan sesuai dengan rancangan yang telah dibuat. Pada hasil pengujian pengukuran nilai pH meter berkisar antara 5,5 hingga 6,5. Sensor suhu air juga berhasil membaca data dengan baik dan mengirimkannya ke papan arduino untuk ditampilkan pada layar LCD. Tanaman dalam sistem aquaponik menghasilkan pertumbuhan yang baik, hal ini dikarenakan penggunaan pupuk yang berasal dari kotoran ikan yang ada didalam sistem aquaponik [11].

Penelitian ini memanfaatkan dua sensor, yaitu sensor aliran air (*water flow*) dan sensor kekeruhan (*turbidity*). Selain itu, juga terdapat komponen ESP32 Kamera. Untuk menguji akurasi sensor aliran air, digunakan gelas ukur sebagai pembanding. Sementara itu, akurasi sensor kekeruhan dinilai dengan membandingkan data dari tiga sampel air, yaitu air PDAM, air parit, dan air kopi. Sensor aliran air (*water flow*) memiliki tingkat kesalahan rata-rata sebesar 1,06% dibandingkan dengan alat pembanding. Kesalahan dalam pembacaan sensor terjadi karena aliran air yang masuk ke dalam sensor tidak stabil. Perubahan volume air pada waktu yang berbeda menunjukkan bahwa sensor bekerja dengan baik dan dapat mendeteksi perubahan volume air. Pada pengujian selama dua hari pada waktu lain, nilai kekeruhan air tercatat sebesar 7 NTU. Hal ini disebabkan oleh

penangkapan cahaya yang kurang baik karena kondisi cuaca. Berdasarkan peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia tahun 1990 dan Permenkes 2010 tentang persyaratan kualitas air bersih, batas maksimal nilai kekeruhan yang diperbolehkan adalah 25 NTU. Hasil pembacaan sensor turbidity pada air PDAM menunjukkan nilai rata-rata sebesar 5 NTU, sehingga kualitas air PDAM masih baik dan dapat dikonsumsi untuk kebutuhan sehari-hari [12].

Penelitian tentang monitoring tingkat air galon pada beberapa unit depot air isi ulang melalui situs *web*. Alat yang dibuat ini berfungsi sebagai alternatif untuk memudahkan monitoring air galon di gedung, hotel, dan tempat ibadah agar stok air minum tetap tersedia dan lebih efisien dari segi waktu. Sensor ultrasonik digunakan untuk mengukur ketinggian atau jarak suatu bidang dengan cara menembakkan gelombang suara ke objek. *Buzzer* digunakan sebagai alarm ketika galon habis, dan LED RGB menunjukkan level air dengan warna merah untuk level rendah, biru untuk level sedang, dan hijau untuk penuh. NodeMCU digunakan sebagai penghubung antara sensor ultrasonik dengan notifikasi Telegram dan website monitoring untuk mengecek status level air dalam persen. Berdasarkan hasil pengujian, notifikasi pada unit 1, unit 2, dan unit 3 memudahkan pengawasan melalui Telegram. Monitoring menggunakan website air galon pada unit 1, unit 2, dan unit 3 memudahkan kontrol ketinggian air galon dan berjalan dengan baik pada browser web. Alat ini cocok untuk digunakan di fasilitas seperti hotel, perkantoran, dan tempat ibadah. Alat ini bekerja dengan baik, dengan notifikasi Telegram dan *website* monitoring yang dilakukan secara *real-time* untuk memudahkan pengawasan ketika air galon habis [13].

Penelitian ini membahas Sistem Monitoring Air Layak Konsumsi Berbasis Arduino dengan Studi Kasus di Pamsimas Desa Muaro Tombang, Kecamatan Kuantan Mudik, Kabupaten Kuantan Singingi, dirancang untuk memantau nilai pH pada bak penampungan air menggunakan sensor pH air. Hasil pengukuran ditampilkan pada layar LCD dan pemantauan dilakukan dengan modul 8001 yang mengirimkan pesan berupa grafik kepada petugas. Jika sensor pH membaca nilai pH antara 6,5 dan 8,5, air dianggap dalam kondisi normal. Namun, jika pH air kurang dari 6,5 atau lebih dari 8,5, air dinyatakan tidak normal. Penelitian ini bertujuan untuk membangun sistem yang memudahkan pekerjaan petugas

Pamsimas di Desa Muaro Tombang, Kecamatan Kuantan Mudik, Kabupaten Kuantan Singingi [14].

Pada penelitian tentang monitoring air bagus untuk dikonsumsi menggunakan parameter Sensor pH meter, TDS meter dan LDR dengan mikrokontroller arduino. Pada pengukuran kadar air untuk standar keasaman pH 6,5 hingga 9,5, lalu untuk TDS mengukur zat terlarut pada air, nilai TDS yang baik untuk dikonsumsi adalah 0 sampai 500ppm, untuk sensor LDR dapat mendeteksi tingkat kekeruhan air dengan standar kelayakan 999 sampai 1005 menggunakan nilai ADC. Jika nilai kekeruhan berada dibawah angka 999 maka air dianggap tidak layak [15].

Penelitian ini bertujuan untuk merancang alat yang dapat memonitoring kualitas air menggunakan perangkat keras seperti laptop, *smartphone*, relay, NodeMCU ESP8266, sensor LDR, Arduino UNO R3, dan perangkat lunak seperti Arduino IDE dan Bot Telegram. Sistem monitoring air ini juga dilengkapi dengan miniatur tampungan air beserta jalur air. Berdasarkan uji coba fungsi rangkaian alat melalui *smartphone*, diperoleh hasil pengujian sensor. Jika nilai lebih dari 180, kualitas air dinyatakan tidak baik; jika nilai kurang dari 180, kualitas air dinyatakan baik. Sistem ini dioperasikan melalui perintah dari Bot Telegram dengan menggunakan perintah *Start*, *Stop*, dan *Condition*. Pengujian dilakukan dengan 30 sampel air dalam kondisi berbeda untuk mengukur kepekaan sensor LDR dalam menangkap cahaya dan respon modul terhadap perintah dari *Bot Telegram*, yang diukur dengan *stopwatch*. Hasil uji sistem menunjukkan bahwa Arduino UNO digunakan sebagai kontrol elektronik, dan ESP8266 sebagai penerima perintah dari Bot Telegram dan pengirimnya ke Arduino UNO untuk mengaktifkan relay, dengan kesalahan sebesar 0%. Berdasarkan hasil perhitungan, modul berjalan dengan baik dengan tingkat akurasi 96,67%. Penelitian ini didasarkan pada pembacaan intensitas cahaya oleh LDR: semakin tinggi nilai LDR, semakin keruh airnya; semakin rendah nilai LDR, semakin jernih airnya [16].

Penelitian ini berfokus pada *prototype* sitem monitoring kekeruhan sumber mata air berbasis IoT. Menggunakan *Node MCU* ESP8266 yang mengendalikan alat pada perancangan dan menggunakan sensor *turbidity*, sensor ultrasonik, *relay*, *solenoid valve*. Jika nilai *turbidity* mendeteksi lebih dari 125, *delay* akan

memutuskan arus listrik pada *solenoid valve*, namaun jika sensor berada kisaran 95 hingga 115 dan jarak sensor dari air ≥ 15 maka katup *valve* akan dibuka kembali [17].

Penelitian tentang Sistem Monitoring Air Layak Konsumsi Menggunakan Metode Fuzzy Mamdani pada PDAM Tirta Bumi Wibawa Berbasis IoT ini dirancang menggunakan metode prototipe. Metode prototipe adalah metode pengembangan sistem yang bertujuan untuk membantu melihat gambaran lebih detail tentang sistem yang sedang dikembangkan. Metode Fuzzy Mamdani digunakan sebagai metode pengambilan keputusan untuk menentukan status kelayakan air dalam penelitian ini. Output dari aturan fuzzy pada metode Fuzzy Mamdani ditentukan dengan operasi MIN, kemudian output-output tersebut diinterferensikan menggunakan operasi MAX. Oleh karena itu, metode Mamdani sering dikenal dengan sebutan metode MIN-MAX (min max inferencing). Logika Fuzzy Mamdani sangat fleksibel, intuitif, dan diterima oleh banyak pihak. Untuk menghasilkan output, komponen yang dibutuhkan dalam perancangan sistem ini meliputi NodeMCU sebagai mikrokontroler, sensor pH untuk mengukur tingkat keasaman air, sensor turbidity untuk mengukur tingkat kekeruhan air, sensor TDS untuk mengukur padatan terlarut dalam air, sensor suhu untuk mengukur suhu air, dan LCD untuk menampilkan kualitas air. Selain itu, terdapat beberapa perancangan lainnya seperti alur kerja sistem, skema desain sistem, dan perancangan perangkat. Metode Fuzzy Mamdani digunakan sebagai sistem pendukung keputusan dalam menentukan kualitas air yang layak konsumsi [18].

Penelitian ini merancang sebuah alat monitoring air layak konsumsi berbasis IoT. Untuk merancang penelitian tersebut membutuhkan beberapa sensor yaitu ada sensor kekeruhan, sensor pH, sensor TDS, sensor suhu. Hasil pengukuran pada penelitian ini yaitu dari sensor pH memiliki nilai 3,94 sampai dengan 4,12 pH, hasil pengujian dari sensor kekeruhan memiliki nilai 30.41 sampai 34.10 NTU, kemudian hasil pengujian dari sensor TDS memiliki nilai 180 sampai dengan 181 PPM [19].

Penelitian mengenai sistem monitoring air layak pakai menggunakan arduino uno dan sensor kekeruhan dan pH. Pada nilai yang didapatkan ketika air dalam keadaan jernih tegangan yang diperlukan untuk sensor adalah sebesar 2,70 volt,

dengan nilai NTU sebesar 2982,69, lalu pada pengukuran air yang keruh tegangan yang diperlukan sebesar 2,40 *volt* dengan nilai NTU sebesar 3000,00. Pada penelitian untuk memperoleh data yang akurat dalam perhitungan algoritma untuk menentukan kualitas air dengan menggunakan logika *fuzzy* dalam mengklasifikasikan tingkat kekeruhan apakah air dalam kondisi kotor, keruh, jernih, atau sangat jernih [20].

2.2 DASAR TEORI

2.2.1 Air

Air adalah sebuah unsur senyawa yang sangat dibutuhkan bagi masyarakat Indonesia maupun diseluruh dunia, dari manusia, hewan, dan tumbuhan sangat membutuhkan sekali pada kebutuhan air untuk menjalani kehidupan. Berbagai kegiatan manusia juga sangat terikat dengan penggunaan air seperti membutuhkan air untuk minum, mandi, memasak, mencuci, dan sebagainya. Tetapi tidak semua sumber air memiliki kualitas air yang memungkinkan untuk dikonsumsi atau digunakan secara langsung. Pentingnya manfaat air bersih membuat kualitas air harus lebih terjaga. Untuk memastikan kualitas air perlu diperhatikan beberapa faktor seperti tingkat kekeruhan, nilai pH, dan nilai TDS. Agar dapat menilai apakah air yang digunakan memenuhi standar diperlukan pemantauan secara berkala. Oleh karena itu diperlukan suatu sistem yang harus terus menerus mengamati dan mengevaluasi kualitas air [21].

2.2.2 Air Reverse Osmosis

Teknologi pengolahan air memiliki banyak metode dan terus meningkat, khususnya dalam hal teknologi *membrane*. Di negara maju teknologi *membrane* telah diterapkan secara luas untuk mengolah air. *Membrane* diakui sebagai medium atau alat yang dapat memproses air bersih, sehingga penggunaan teknologi *membrane* mempercepat proses pengolahan air dan menghasilkan air yang langsung dapat diminum. Salah satu jenis *membrane* yang telah terbukti efektif adalah membran *osmosis* atau biasa disebut RO, yang memiliki kemampuan untuk mengurangi logam, senyawa organik, virus, dan pencemaran [22].

Reverse Osmosis mempunyai prinsip dasar yaitu memberi tekanan *hydrostatic* yang tinggi melebihi tekanan *osmosis* larutan maka pelarut dalam hal

ini air akan berpindah dan larutan yang memiliki konsentrasi zat terlarut tinggi ke larutan yang memiliki konsentrasi zat terlarut rendah. Prinsip pada *Reverse Osmosis* ini dapat memisahkan air dari komponen yang tidak diinginkan, dengan demikian akan mendapatkan air dengan tingkat kemurnian yang tinggi [22].

2.2.3 Air Ultraviolet

Teknologi *Ultraviolet* (UV) menggunakan gelombang elektromagnetik dengan panjang gelombang antara 100 hingga 400 nm yang efektif membunuh bakteri dalam air tanpa meninggalkan residu radiasi. Sinar UV dihasilkan oleh lampu merkuri bertekanan rendah yang berfungsi sebagai sumber energi listrik ultraviolet. Sekitar 85% panas yang dihasilkan oleh lampu ini bersifat monokromatik dengan panjang gelombang 253 nm. Durasi paparan UV merupakan faktor kunci dalam proses desinfeksi air minum; semakin lama air terkena sinar UV, semakin banyak bakteri yang dihancurkan. Efektivitas sinar UV dipengaruhi oleh tingkat kekeruhan air, kontaminasi oleh zat padat terlarut, jarak lampu UV dari air, suhu, dan jenis mikroorganisme. Disarankan untuk mengganti lampu UV setiap tahun guna mempertahankan kemampuannya dalam membunuh mikroorganisme yang dapat rusak seiring waktu. Produk UV di pasaran memiliki spesifikasi berbeda, seperti 8 gpm, 12 gpm, dan 16 gpm. Semakin tinggi spesifikasi UV, semakin besar panjang gelombang yang dihasilkan dan ini mempengaruhi kemampuan sinar UV dalam membunuh mikroba semakin lama waktu penyinaran, semakin banyak mikroba yang dapat dihilangkan [23].

2.2.4 Depo Air Minum Isi Ulang

Depo air minum isi ulang merupakan suatu usaha yang melakukan proses pengolahan air baku untuk dijadikan air minum yang kemudian dijual kepada *customer*, sebagaimana diatur oleh Menteri Perindustrian dan Perdagangan tahun 2004. Air minum isi ulang ini merupakan hasil pengolahan air sumber dari air pegunungan atau sumur, yang sudah melalui proses untuk menghilangkan mikroorganisme *pathogen* dan kontaminan lainnya sehingga memenuhi standar konsumsi manusia.



Gambar 2.1 Gambar depot air isi ulang galon [23]

Pada Gambar 2.1 adalah gambar depot air isi ulang. Menurut keputusan Menteri perindustrian dan perdagangan nomor 651/MPP/KEP/10/2004, depot air minum isi ulang galon harus melakukan tes atau pengawasan secara berkala. Pengujian yang dilakukan melibatkan analisis kaliform setiap tiga bulan dan analisis fisik kimia dua kali setiap tahun untuk menjaga kualitas air minum. Depot air minum juga diwajibkan memiliki izin beroperasi untuk dijual, dan tidak diperbolehkan mengambil dari air dari PDAM, harus dari mata air sumur atau pegunungan yang sudah bebas dari kontaminasi zat dan pencemaran lingkungan. Data permenkes no. 492/menkes/per/iv/2010 berisi bahwa parameter yang wajib untuk kualitas air minum dilihat dari unsur mikrobiologi, fisik, maupun kimiawi, pH antara 6,5 sampai 8,5, dan total zat terlarut (TDS) maksimal 500 mg/l pada pembahasan ini terdapat gambar parameter air pH.

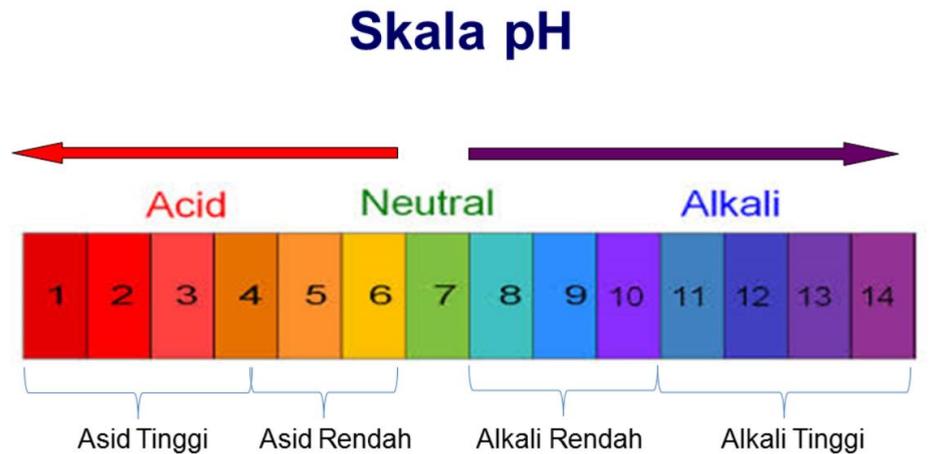
Pertumbuhan dan penyebaran depot air minum isi ulang galon semakin banyak dan menyebar luas diseluruh daerah karena dinilai lebih praktis, mudah, dan harganya lebih terjangkau. Harga air minum dari depot isi ulang galon bisa sepertiga lebih murah daripada air minum dalam kemasan bermerek (AMDK), sehingga dapat dibeli oleh masyarakat, khususnya pada kalangan menengah kebawah. Meskipun demikian konsumen perlu memperhatikan beberapa hal terkait sterilisasi peralatan, karena jika tidak memenuhi standar kualitas yang ditetapkan pemerintah, dapat membawa resiko berbahaya bagi konsumen [23].

2.2.5 Kualitas Air Minum

Menurut Peraturan Menteri Kesehatan (PERMENKES) No. 492 Tahun 2010, air minum adalah air yang telah melalui proses pengolahan atau tidak, yang memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung diminum. Di perkotaan, penggunaan air minum isi ulang semakin meningkat, sebagian besar disebabkan oleh semakin parahnya pencemaran air tanah. Air minum isi ulang menjadi solusi yang murah dan praktis untuk memenuhi kebutuhan air minum masyarakat. Inilah alasan mengapa banyak orang memilih air minum isi ulang untuk konsumsi sehari-hari. Air minum isi ulang adalah jenis air yang bisa langsung diminum tanpa harus dimasak terlebih dahulu karena telah melalui proses pemurnian, baik melalui penyinaran *ultraviolet*, ozonisasi, atau kombinasi keduanya. Kesadaran masyarakat terhadap pentingnya air yang memenuhi syarat kesehatan terus meningkat, sehingga semakin banyak depot air minum isi ulang (DAMIU) yang menyediakan air siap minum. Tidak semua depot air minum isi ulang (DAMIU) dikelola sesuai dengan persyaratan PERMENKES No. 492 Tahun 2010, yang mencakup parameter fisika, kimia, dan biologi untuk menentukan kualitas air minum.

Parameter fisika meliputi suhu, kecepatan arus, kecerahan, kedalaman, warna air, kekeruhan, salinitas, *total dissolved solid* (TDS), dan *total suspended solid* (TSS). Parameter kimia sangat penting untuk menilai kualitas air, termasuk *dissolved oxygen* (DO), pH, amoniak, nitrat, nitrit, kesadahan, sulfat, dan logam. Parameter biologi mencakup keberadaan bahan organik atau mikroorganisme seperti bakteri coli, virus, bentos, dan *plankton*. Organisme yang sensitif akan mati di lingkungan air yang tercemar. Bakteri patogen yang memengaruhi kualitas air sesuai dengan Kepmenkes meliputi bakteri *coliform* seperti *Escherichia coli*, *Clostridium perfringens*, dan *Salmonella*. Bakteri *coliform* adalah kelompok bakteri yang hidup dalam saluran pencernaan manusia dan merupakan indikator keberadaan bakteri patogenik lain. Khususnya, bakteri *coliform* menjadi indikator pencemaran karena jumlah koloninya berkorelasi positif dengan keberadaan bakteri patogen *E.coli*. Jika *E.coli* masuk ke dalam saluran pencernaan dalam jumlah besar, itu dapat membahayakan kesehatan. Meskipun *E.coli* adalah bagian dari mikroba normal di saluran pencernaan, beberapa strain tertentu dapat menyebabkan gastroenteritis parah pada manusia dan hewan. Oleh karena itu, air yang digunakan

untuk keperluan sehari-hari harus bebas dari patogen untuk menghindari penyakit infeksi. Gambar 2.2 skala pH meter [24].



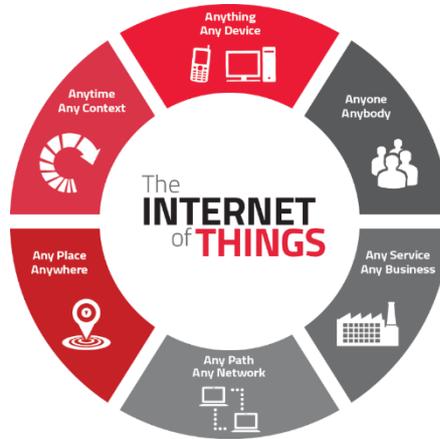
Gambar 2.2 Skala pH meter [24]

Gambar 2.2 menunjukkan skala pH, yang merupakan skala untuk mengukur tingkat keasaman atau kebasaan suatu larutan. Skala ini berkisar dari 0 hingga 14, dengan 0 sebagai yang paling asam dan 14 sebagai yang paling basa. Nilai 7 dianggap sebagai netral, yaitu tidak asam maupun basa [24].

2.2.6 *Internet of Things (IoT)*

Internet of things atau biasa disebut IoT adalah suatu teknologi inovatif yang memanfaatkan konektivitas internet yang dapat meningkatkan kemudahan dan efisiensi dalam aktifitas sehari-hari. Konsep dasar dari IoT adalah menghubungkan berbagai objek di sekitar kita dengan menggunakan internet. Keberhasilan implementasi IoT dapat diamati dari peningkatan penggunaannya di berbagai bidang kehidupan saat ini, seperti dalam industri, kesehatan, transportasi, dan lain-lain. Teknologi ini memberikan banyak inspirasi untuk berpartisipasi dalam pengembangan dari skala kecil hingga skala besar di seluruh dunia, mendorong inovasi dan efisiensi dalam berbagai sektor. IoT menjadi bidang penelitian yang menarik seiring dengan perkembangan teknologi internet, dan media komunikasi lainnya. Metode yang digunakan dalam pengembangan IoT sangat bervariasi, mulai dari penggunaan *real-time analytics* hingga penerapan prototipe dan simulasi untuk

menguji keefektifan solusi IoT sebelum diterapkan secara luas. Pada Gambar 2.3 dijelaskan tentang pemahaman IoT [25].

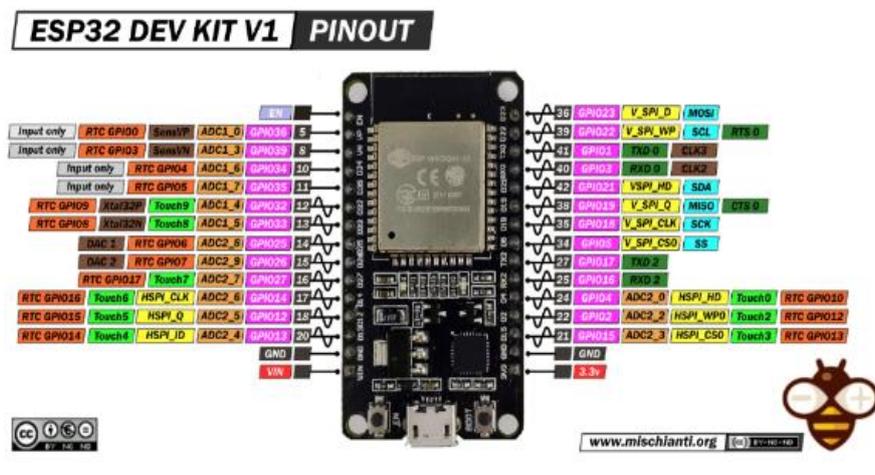


Gambar 2.3 Sistem IoT [25]

Gambar 2.3 menjelaskan tentang prinsip-prinsip membentuk dasar dari ekosistem IoT, memungkinkan perangkat untuk bekerja bersama-sama dan memberikan manfaat yang signifikan dalam berbagai aplikasi, mulai dari rumah pintar hingga kota pintar, industri, kesehatan, dan lainnya.

2.2.7 ESP 32

ESP32 merupakan suatu jenis mikrokontroler yang diperkenalkan oleh espressif sistem, yang merupakan kelanjutan dari mikrokontroler ESP8266. Mikrokontroler ini telah dilengkapi dengan modul wifi yang terintegrasi dalam chipnya, menjadikannya sangat mendukung untuk pengembangan sistem aplikasi *internet of things*. Pada Gambar 2.4 merupakan gambar Esp 32.



Gambar 2.4 ESP 32 dan bagian- bagian pinnya [26]

Gambar 2.4 diatas terdapat pin dari ESP 32. Pin tersebut digunakan sebagai input atau output untuk mengaktifkan LCD,lampu, dan bahkan mengendalikan pergerakan motor DC. Keunggulan mikrokontroler ESP32 dibandingkan dengan mikrokontroller lainnya terletak pada beberapa perbedaan, termasuk jumlah pin *out* yang lebih banyak, peningkatan jumlah pin analog, kapasitas memori lebih besar, adanya fitur buletooth 4.0 *low energy*, dan ketersediaan modul wifi yang memungkinkan implementasi IoT menggunakan mikrokontroller ESP32. Penjelasan tentang fitur pada ESP 32 dapat dilihat pada Tabel 2.1 [26].

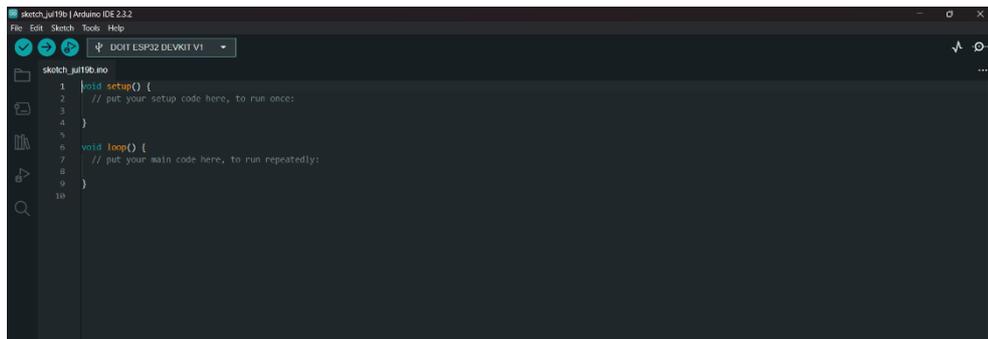
Tabel 2.1 Spesifikasi ESP32 [26]

No	Atribut	Detail
1	Tegangan	3.3 VOLT
2	Prosesor	<i>Tensilica L108 32 BIT</i>
3	Kecepatan Prosesor	<i>DUAL 160MHZ</i>
4	RAM	520K
5	GPIO	34
6	ADC	7
7	Dukungan 802.11	11B/G/N/E/I
8	<i>Bluetooth</i>	<i>ble(Bluetooth Low Enenrgy)</i>
9	spi	3
10	12c	2
11	uart	3

2.2.8 Arduino IDE

Arduino IDE merupakan perangkat lunak yang digunakan untuk memasukkan program-program berisi instruksi ke mikrokontroler agar dapat diimplementasikan. Proses penulisan kode program dilakukan dengan menggunakan bahasa pemrograman C. Tujuan dari penggunaan bahasa pemrograman ini adalah untuk mengatur sistem agar dapat beroperasi sesuai dengan instruksi yang telah dimasukkan ke dalam papan arduino kode program tersebut sangat penting, karena tanpa adanya kode program, sistem tidak akan dapat berfungsi. Kode program merupakan elemen kunci dalam pembangunan suatu

perangkat, memastikan bahwa semua komponen bekerja secara baik untuk mencapai tujuan yang diinginkan. Dalam proses ini, penulis harus memastikan bahwa setiap instruksi ditulis dengan benar, karena kesalahan kecil dalam kode dapat menyebabkan sistem tidak berfungsi sebagaimana mestinya. terdapat Gambar 2.5 yaitu tampilan aplikasi Arduino IDE [27].



Gambar 2.5 Gambar Arduino IDE [27]

Pada Gambar 2.5 adalah tampilan aplikasi arduino IDE, fungsi dari aplikasi arduino IDE adalah untuk membuat kode program yang akan digunakan oleh mikrokontroler ESP32 serta untuk membaca data dari sensor pH.

2.2.9 Sensor pH

Sensor pH meter adalah alat yang berfungsi untuk mengukur tingkat keasaman atau kebasaan dalam suatu cairan atau larutan. Cara kerja sensor pH air melibatkan proses sensor yang terbuat dari elektroda kaca. Pada ujung probe sensor, terdapat larutan HCl dalam elektroda kaca yang digunakan untuk mengukur nilai ion H³⁰⁺ dalam larutan. Elektroda sensor pH air dibuat dari bahan berlapis kaca yang *sensitive* dengan resistansi rendah, sehingga pembacaan dan evaluasi yang stabil dan cepat dapat diperoleh bahkan pada suhu cairan atau larutan yang tinggi atau rendah pada Gambar 2.6 yaitu sensor pH yang digunakan [28].



Gambar 2.6 Gambar sensor pH [28]

Gambar 2.6 adalah Sensor pH 4502-C digunakan dalam berbagai aplikasi pemantauan kualitas air, seperti mengukur pH air minum, air limbah, dan berbagai jenis cairan industri. Dalam proses industri, sensor ini dapat digunakan untuk mengontrol proses kimia yang bergantung pada nilai pH tertentu. Selain itu, sensor ini juga umum digunakan dalam pemantauan akuarium dan sistem hidroponik untuk memastikan kondisi air yang optimal bagi kehidupan air dan pertumbuhan tanaman.

2.2.10 Sensor *Total Dissolved Solid* (TDS)

Total Dissolved Solids (TDS) adalah parameter kualitas air yang mengukur jumlah total zat padat yang terlarut dalam suatu larutan, termasuk mineral, garam, logam dan senyawa organik. TDS biasanya diukur dalam satuan miligram per liter (mg/L) atau part per million (ppm). Semakin tinggi nilai TDS maka semakin banyak zat padat yang terlarut dalam air. TDS dapat diukur menggunakan alat seperti TDS meter, pada Gambar 2.7 merupakan gambar sensor TDS [28].



Gambar 2.7 Gambar sensor TDS [28]

Sensor TDS DFRobot mudah diintegrasikan dengan berbagai mikrokontroler seperti Arduino dan ESP32, memungkinkan pengguna untuk mengembangkan sistem monitoring berbasis IoT. Data yang diperoleh dari sensor dapat dikirim ke *platform* IoT, seperti *Blynk*, untuk pemantauan *real-time* melalui aplikasi *mobile*. Proses pengiriman data ini dilakukan melalui koneksi Wi-Fi, yang memudahkan pemantauan jarak jauh. Dalam penelitian, sensor TDS DFRobot terbukti efektif

dalam memantau kualitas air, memberikan hasil pengukuran yang akurat dan andal. Sensor ini juga dilengkapi dengan fitur kompensasi suhu, yang memastikan bahwa pengukuran tetap akurat meskipun suhu air berubah. Dengan fitur-fitur tersebut, sensor TDS DFRobot menjadi pilihan yang tepat untuk aplikasi yang memerlukan pemantauan kualitas air secara terus-menerus dan presisi tinggi [28].

2.2.11 Blynk

Blynk merupakan aplikasi *platform* yang dapat digunakan secara gratis pada perangkat iOS dan android. Berfungsi untuk mengendalikan perangkat seperti Arduino, *Raspberry Pi*, dan sejenisnya melalui koneksi internet. *Blynk* didesain khusus untuk keperluan *internet of things* dengan tujuan memungkinkan pengendalian perangkat keras dari jarak jauh, menampilkan data sensor, menyimpah informasi, visualisasi data, serta melakukan berbagai fungsi lainnya. *Platform* ini terdiri dari tiga komponen yaitu *blynk app*, *blynk server*, *blynk library*[29].



Gambar 2.8 Aplikasi *Blynk* [29]

Gambar 2.8 merupakan sistem aplikasi *blynk* bekerja dan menyimpan file. Aplikasi *blynk* memiliki 3 buah komponen utama yaitu aplikasi, server untuk menyimpan dan menangani semua komunikasi data dari mikrokontroler dan sensor yang digunakan, dan libraries untuk melakukan konfigurasi agar mikrokontroler dan sensor mampu bekerja. Cara kerja dari *blynk* adalah libraries yang berisikan perintah akan disimpan dalam server, server akan menampilkan dan meneruskan data yang dibutuhkan untuk selanjutnya ditampilkan di aplikasi *blynk*, pengguna dapat memonitoring serta mengontrol secara efisien dan praktis dalam jarak yang tidak terbatas selama mikrokontroler terhubung dengan internet. Komponen dari *Platform IoT Blynk* adalah:

a. Aplikasi *Blynk*

Aplikasi *Blynk* merupakan aplikasi seluler serbaguna untuk iOS dan Android yang memenuhi fungsi utama berikut:

1. Pemantauan dan pengendalian jarak jauh dari perangkat terhubung yang beroperasi dengan *platform Blynk*.
2. Otomatisasi operasi perangkat terhubung.

b. *Blynk Library*

Blynk Library adalah library C++ *portable* dan *user-friendly* yang telah di pre-konfigurasi untuk bekerja dengan ratusan *development board*. *Library* ini mengimplementasikan protokol koneksi *streaming*, memungkinkan komunikasi yang rendah-latensi dan dua arah.

c. *Blynk Cloud*

Blynk Cloud adalah infrastruktur *server* yang berfungsi sebagai pusat dari *platform IoT Blynk*, mengikat semua komponen sebelumnya untuk bekerja bersama-sama [29].

2.2.12 Nilai *Error*

Pengujian sensor, diperlukan kalibrasi untuk mengukur nilai *error* dan akurasi sensor dengan alat pembanding. Untuk menghitung nilai *error* dari pengujian sensor, digunakan persamaan 2.1:

$$Error \% = \left| \frac{\text{nilai sesungguhnya} - \text{nilai terukur}}{\text{nilai sesungguhnya}} \right| \times 100\% \quad (2.1)$$

2.2.13 Nilai Akurasi

Pengujian atau kinerja sensor, tidak ada standar yang secara khusus menetapkan batas minimum untuk nilai akurasi dan *error* yang dapat dikategorikan baik. Namun, pengujian sensor umumnya dianggap baik jika nilai akurasinya lebih dari 90%. Nilai akurasi suatu pengujian diperoleh setelah mengetahui nilai *error* sensor. Untuk menghitung nilai akurasi dari pengujian sensor, digunakan persamaan 2.2:

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

2.2.14 Delay

Delay adalah suatu parameter dalam *Quality of Service (QoS)* yang mencerminkan waktu keseluruhan yang diperlukan oleh paket untuk melakukan perjalanan dari sumber ke tujuannya. Faktor-faktor yang dapat memengaruhi *delay* termasuk perangkat keras, jarak, dan kepadatan lalu lintas (*congestion*). Standar *delay*, sesuai dengan versi ITU-T.G.1010, dapat ditemukan pada tabel dan rumus pengukuran dapat ditulis sebagai persamaan 2.3 :

$$delay = \frac{time\ span}{jumlah\ paket} \quad (2.3)$$

Tabel 2.2 Kategori Delay

Kategori Delay	Besar Delay	Indeks
Sangat Bagus	<150 ms	4
Bagus	150-300 ms	3
Sedang	300-450 ms	2
Tidak Bagus	>450 ms	1

Tabel 2.2 menunjukkan kategori *delay* berdasarkan besar *delay* dan indeks yang diberikan. Berdasarkan tabel ini, *delay* yang dicatat dari suatu sistem atau proses dapat dikategorikan ke dalam salah satu dari empat indeks kualitas berdasarkan besar *delay* yang diukur. Terdapat empat kategori yang digunakan untuk mengukur kinerja *delay*:

- Sangat Bagus dengan besar *delay* kurang dari 150 ms dan indeks 4, menunjukkan *delay* yang sangat rendah dan performa yang sangat baik.
- Bagus dengan besar *delay* 150-300 ms dan indeks 3, menunjukkan *delay* yang rendah dan performa yang baik.
- Sedang dengan besar *delay* 300-450 ms dan indeks 2, menunjukkan *delay* yang sedang dan performa yang cukup.
- Tidak Bagus dengan besar *delay* lebih dari 450 ms dan indeks 1, menunjukkan *delay* yang tinggi dan performa yang buruk.