

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air Minum Dalam Kemasan (AMDK)

Sesuai dengan Standard Nasional Indonesia no: 01-3553-2006, Air Minum Dalam Kemasan (AMDK) adalah air yang telah melalui proses pengolahan, dikemas dalam berbagai ukuran, dan aman untuk dikonsumsi langsung. AMDK dibagi menjadi beberapa kategori berdasarkan sumber air dan proses pengolahannya. Terdapat air mineral dan air demineral (Khatib Sulaiman et al., n.d.). Air Mineral merupakan salah satu contoh AMDK yang berasal dari sumber air alami seperti mata air pegunungan yang mengandung mineral alami. Karena tidak melalui proses pengolahan yang signifikan, maka kandungan mineralnya tetap terjaga.

Air Demineral merupakan jenis air yang telah melalui proses demineralisasi untuk menghilangkan kandungan mineralnya, biasanya digunakan untuk keperluan industri atau medis. Sementara itu, Air Olahan merupakan contoh AMDK lain yang berasal dari berbagai sumber seperti air tanah atau air permukaan dan telah melalui proses pengolahan seperti filtrasi, reverse osmosis, atau ultraviolet (UV) untuk menghilangkan kontaminan.

2.1.1 Standar Kualitas AMDK

Kualitas Air Minum Dalam Kemasan (AMDK) diatur oleh standar baku mutu yang ditetapkan oleh pemerintah, yaitu Permenkes RI No. 492 Tahun 2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum. Standar ini mencakup parameter fisik, kimia, dan mikrobiologi yang harus dipenuhi untuk menjamin kesehatan konsumen. Parameter fisik yang perlu dipenuhi adalah tidak berwarna, tidak berbau, dan tidak berasa. Sementara itu, parameter kimia yang harus dipenuhi adalah pH antara 6,5-8,5, total dissolved solids (TDS) maksimal 500 mg/L, dan kandungan logam berat seperti timbal, merkuri, dan arsen di bawah batas yang

ditentukan (Suhanto, 2025). Untuk parameter mikrobiologi, AMDK harus bebas dari bakteri patogen seperti E. coli dan Coliform untuk menjaga kesehatan konsumen. Dengan memenuhi standar ini, air minum dalam kemasan dapat dipastikan aman untuk dikonsumsi.

Berdasarkan data BPOM terdapat 7.780 produk yang diproduksi oleh 1.032 perusahaan. Dengan demikian, 99,5% dari total produk tersebut merupakan produk dalam negeri, menunjukkan bahwa industri ini sangat berorientasi pada produksi produk lokal. Pada jenis produk AMDK tertinggi adalah air mineral, dengan jumlah produk yang mencapai 6.092 unit (78,30%), diikuti oleh air demineral dengan jumlah produk sebesar 1.492 unit (19,18%) (Khatib Sulaiman et al., n.d.).

2.1.2 Proses Produksi AMDK

Proses produksi Air Minum Dalam Kemasan (AMDK) melibatkan beberapa tahapan yang sangat penting untuk memastikan keamanan dan kualitas air yang dihasilkan. Pertama, pengambilan sumber air yang memenuhi standar, seperti mata air alami atau air tanah, digunakan sebagai sumber utama untuk menghasilkan AMDK. Setelah itu, proses pengolahan air dilakukan melalui metode filtrasi, penyaringan, reverse osmosis, atau UV untuk menghilangkan kontaminan fisik, kimia, dan mikrobiologi yang mungkin terkandung dalam air tersebut. Kemudian, air yang telah diolah dikemas dalam botol atau galon dengan ukuran yang beragam untuk memenuhi kebutuhan konsumen (Dewi & Fitrilia, n.d.). Untuk memastikan kualitas AMDK yang optimal, setiap batch produksi harus melalui uji kualitas yang ketat untuk memeriksa kesesuaian dengan standar baku mutu yang telah ditetapkan oleh pemerintah. Dengan demikian, AMDK dapat dipastikan aman dan sehat untuk dikonsumsi oleh masyarakat.

2.1.3 Tantangan dalam Industri AMDK

Industri Air Minum Dalam Kemasan (AMDK) menghadapi beberapa tantangan yang signifikan untuk memastikan keamanan dan kualitas air yang

dihasilkan. Salah satu tantangan utama adalah kualitas sumber air yang tercemar, karena jika tidak dikelola dengan baik dapat mempengaruhi keseluruhan kualitas AMDK. Hasil perhitungan Indeks Kualitas Air di Indonesia pada tahun 2021 mengungkapkan bahwa nilai indeks tersebut turun menjadi 52,82, menunjukkan adanya penurunan kualitas air dibandingkan tahun sebelumnya, yaitu sebesar 53,53.

Selain itu, kesalahan dalam proses pengolahan juga merupakan ancaman besar, karena dapat menyebabkan kontaminasi atau ketidaksesuaian dengan standar kualitas yang ditetapkan oleh pemerintah. Maraknya produk AMDK palsu yang tidak memenuhi standar kualitas juga menjadi permasalahan serius, karena dapat merusak reputasi industri dan mengancam keselamatan konsumen. Terakhir, tingginya persaingan di pasar membuat produsen AMDK harus terus inovasi dan meningkatkan kualitas produk mereka untuk tetap kompetitif dan memenuhi kebutuhan konsumen yang semakin meningkat.

2.1.4 Peran Teknologi dalam Industri AMDK

Teknologi memainkan peran penting dalam meningkatkan efisiensi dan kualitas produksi Air Minum Dalam Kemasan (AMDK). Dengan adanya teknologi ini, industri AMDK dapat beroperasi lebih efektif dan meningkatkan kualitas produk yang dihasilkannya. Beberapa contoh teknologi yang digunakan dalam industri AMDK adalah:

1. Sistem Monitoring Real-Time: Memantau kualitas air secara terus-menerus untuk memastikan kesesuaian dengan standar.
2. Automasi Proses Produksi: Mengurangi human error dan meningkatkan konsistensi kualitas produk.
3. Traceability: Sistem pelacakan yang memungkinkan produsen dan konsumen mengetahui asal-usul dan proses produksi AMDK.

2.2 Internet of Things (IoT)

Internet of Things (IoT) adalah konsep di mana perangkat fisik terhubung ke internet dan dapat berkomunikasi satu sama lain untuk mengumpulkan dan bertukar data. Dalam konteks Internet of Things (IoT), "thing" merujuk pada berbagai perangkat yang dilengkapi dengan kemampuan untuk mengumpulkan, mentransfer, dan membagikan data melalui jaringan internet tanpa kebutuhan intervensi manual. Ketika berbagai perangkat IoT terhubung secara saling dengan jaringan raksasa tersebut, mereka dapat mengumpulkan dan berbagi data dalam skala besar (Febrianti et al., 2021).

Dalam konteks monitoring kualitas air, IoT memungkinkan pengukuran parameter air secara real-time, penyimpanan data otomatis, dan pengawasan jarak jauh melalui perangkat seperti smartphone atau komputer.

2.3 Mikrokontroler ESP32

ESP32 adalah mikrokontroler yang dikembangkan oleh Espressif Systems, dilengkapi dengan fitur Wi-Fi dan Bluetooth Low Energy (BLE). Mikrokontroler ini cocok digunakan untuk aplikasi IoT karena kemampuannya dalam mengolah data, konektivitas nirkabel, dan konsumsi daya yang rendah. ESP32 merupakan salah satu mikrokontroler paling menarik pada saat ini, karena dalam satu chip saja tersedia modul Wi-Fi yang memungkinkan perangkat yang menggunakan ESP32 untuk terhubung ke jaringan internet secara langsung dan mudah (Helena Manurung et al., 2022).

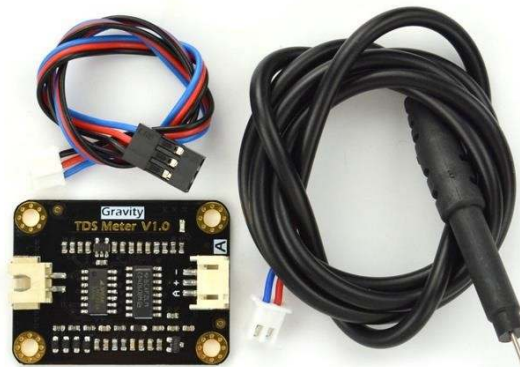


Gambar 2 1 Mikrokontroler ESP32

YD-ESP32-S3 adalah varian dari ESP32 yang menawarkan performa lebih tinggi dan konsumsi daya yang lebih rendah. Mikrokontroler ini digunakan sebagai pengendali utama dalam sistem, bertugas untuk membaca data dari sensor pH dan TDS, mengolah data, dan mengirimkannya ke server melalui jaringan Wi-Fi atau Bluetooth.

2.4 Sensor TDS

Sensor Total Dissolved Solids (TDS) dari DFRobot berfungsi untuk mengukur konsentrasi padatan terlarut dalam air, yang menjadi indikator penting dalam penilaian kualitas air. Integrasi sensor ini dengan mikrokontroler ESP32-S3 memungkinkan pemantauan kualitas air secara real-time dalam berbagai aplikasi, seperti sistem hidroponik atau pengawasan kualitas air domestic. Pengaruh kandungan partikel ion dan elektrolit pada cairan dapat mempengaruhi akurasi pengukuran dengan menggunakan sensor TDS, sehingga penting untuk mempertimbangkan faktor-faktor ini ketika melakukan pengukuran (Chuzaini et al., 2022b). Dengan demikian, kombinasi sensor TDS DFRobot dan ESP32-S3 menawarkan solusi efisien dan terjangkau untuk pemantauan dan peningkatan kualitas air.



Gambar 2 2 Modul dan Sensor TDS

TDS diukur menggunakan sensor TDS yang bekerja berdasarkan prinsip konduktivitas listrik. Semakin tinggi konsentrasi zat terlarut, semakin tinggi konduktivitas air. Sensor TDS mengukur konduktivitas dan mengkonversinya menjadi nilai TDS menggunakan rumus:

$$TDS = k \times EC$$

Di mana:

k : factor konversi (biasanya 0,5-0,8 tergantung jenis zat terlarut)

EC : konduktivitas listrik ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

2.5 Sensor pH

Sensor pH bekerja dasar dari prinsip mengubah besar nilai reaksi kimia yang terjadi atau yang deteksi, kemudian dikonversikan ke dalam bentuk tegangan listrik. Ini menjadikan sensor pH termasuk dalam kategori sensor kimia, karena mengedepankan aspek kimia dalam proses pengukuran (Chuzaini et al., 2022b). Sensor pH meter dari DFRobot dirancang untuk mengukur tingkat keasaman atau

kebasaaan air, yang merupakan parameter esensial dalam penilaian kualitas dan keberlanjutan sumber daya air.



Gambar 2 3 Modul dan Sensor pH

Pendekatan ini tidak hanya meningkatkan efisiensi dalam pengawasan mutu air, tetapi juga memungkinkan deteksi dini terhadap perubahan kondisi lingkungan yang dapat berdampak pada kesehatan ekosistem dan masyarakat. Penerapan sensor pH meter secara terpadu dengan teknologi mikrokontroler terbukti memberikan solusi yang inovatif dan efektif dalam upaya pengelolaan dan peningkatan kualitas air secara berkelanjutan.

Agar dapat mengukur dengan presisi, maka sensor pH perlu dilakukan kalibrasi tiap melakukan pengukuran, setiap hari dalam penggunaan secara normal. Kalibrasi bisa dilakukan dengan dua macam cairan standard buffer dengan rentang nilai pH yang sesuai. Kalibrasi pada sensor pH menyesuaikan pengukuran dengan nilai standard buffer serta *slope* mengatur pembacaan meter agar sesuai dengan nilai buffer kedua. Sedangkan yang ketiga untuk mengatur temperatur.

pH diukur menggunakan sensor pH yang mendeteksi konsentrasi ion hidrogen (H^+) dalam air. Sensor pH menghasilkan tegangan listrik yang proporsional dengan nilai pH. Tegangan ini kemudian dikonversi menjadi nilai pH menggunakan rumus:

$$pH = \frac{V_{output} - V_{offset}}{S}$$

Di mana:

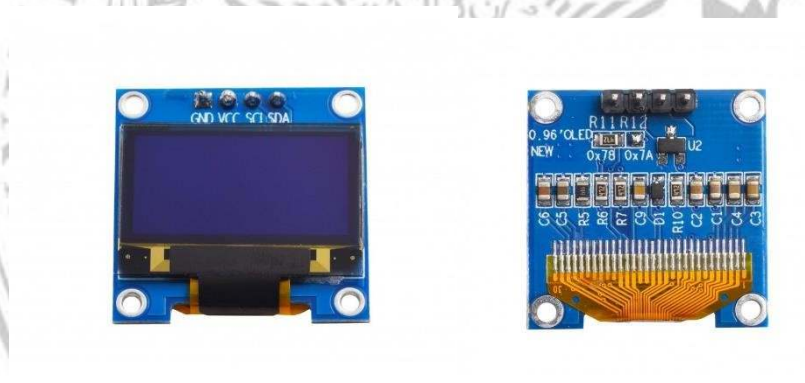
V_{output} : tegangan output dari sensor pH.

V_{offset} : tegangan offset pada pH netral (biasanya 7)

S : sensitivitas sensor (mV per unit pH)

2.6 OLED LCD I2C

Modul OLED LCD I2C merupakan komponen tampilan yang memanfaatkan teknologi Organic Light Emitting Diode (OLED) untuk menghasilkan visualisasi data dengan kontras tinggi dan sudut pandang yang luas, serta didukung oleh antarmuka komunikasi I2C yang memudahkan integrasinya dengan berbagai platform mikrokontroler.



Gambar 2.4 LCD OLED

Data yang dikirim oleh sensor pH ditampilkan pada OLED LCD I2C dengan media internet secara real-time dengan efisiensi yang tinggi sehingga sangat mendukung aplikasi dalam bidang otomasi industri, instrumentasi laboratorium, dan Internet of Things (IoT). Berdasarkan kajian literatur, penerapan OLED LCD I2C telah terbukti meningkatkan interaktivitas pengguna dan efektivitas pengambilan keputusan melalui visualisasi data yang jelas dan responsif, sehingga modul ini menawarkan solusi inovatif untuk pengembangan sistem informasi modern yang andal dan efisien (Hidayat, 2025).

2.7 AC/DC Adapter

AC/DC adapter 5V 3A merupakan perangkat yang mengubah arus bolak-balik (AC) menjadi arus searah (DC) dengan output stabil 5 volt dan kapasitas hingga 3 ampere, yang sangat penting dalam menjamin suplai daya yang konsisten bagi sistem elektronik modern. Dalam konteks pengembangan perangkat berbasis Internet of Things (IoT) dan sistem embedded, adapter ini menyediakan sumber daya yang andal untuk mikrokontroler seperti ESP32-S3, memastikan kinerja optimal dan keandalan operasional perangkat tersebut. Integrasi AC/DC adapter 5V 3A bersama ESP32-S3 tidak hanya mendukung kebutuhan listrik yang tepat, tetapi juga berkontribusi pada efisiensi energi dan peningkatan kinerja sistem secara keseluruhan, sehingga menjadi komponen vital dalam mewujudkan solusi teknologi yang inovatif dan berkelanjutan.

2.8 Kotlin

Kotlin adalah bahasa pemrograman modern yang dirancang untuk berjalan di atas Java Virtual Machine (JVM) dan sepenuhnya interoperable dengan Java. Bahasa ini mendukung paradigma pemrograman berorientasi objek dan fungsional, memungkinkan pengembang menulis kode yang ringkas, ekspresif, dan aman (Tumbuh et al., n.d.). Selain penggunaannya yang luas dalam pengembangan aplikasi Android, Kotlin juga dapat digunakan untuk mengembangkan aplikasi yang berinteraksi dengan perangkat keras seperti ESP32-S3 melalui Bluetooth Low Energy (BLE).

Melalui aplikasi yang dikembangkan dengan Kotlin, pengembang dapat mengirim karakteristik atau perintah ke ESP32-S3 untuk mengatur koneksi Wi-Fi atau fungsi lainnya, memanfaatkan konektivitas BLE yang didukung oleh ESP32-S3. Integrasi ini memungkinkan pengembangan solusi IoT yang efisien dan efektif, memanfaatkan kekuatan Kotlin dalam pengembangan aplikasi dan kemampuan ESP32-S3 dalam konektivitas nirkabel dan kontrol perangkat keras.

2.9 Bluetooth Low Energy (BLE)

Bluetooth Low Energy (BLE) adalah protocol terbaru dari Bluetooth dengan teknologi nirkabel yang dirancang untuk komunikasi jarak dekat dengan konsumsi daya yang rendah. Keunggulan BLE dibandingkan model klasik adalah konsumsi energi yang jauh lebih kecil namun tetap dengan jangkauan konektivitas yang sama (Agung et al., 2022). BLE memungkinkan perangkat seperti smartphone terhubung dengan mikrokontroler ESP32-S3 untuk mengontrol sistem dan mengatur konektivitas Wi-Fi. Teknologi ini sangat cocok untuk aplikasi IoT yang memerlukan efisiensi energi dan fleksibilitas pengendalian.

2.10 PlatformIO

PlatformIO adalah platform lintas platform (cross-platform) yang mendukung berbagai papan mikrokontroler dan bahasa pemrograman, termasuk C/C++, Python, dan lain-lain. PlatformIO memudahkan pengembangan, pengujian, dan penyebaran aplikasi IoT. Fitur-fitur utama PlatformIO mencakup pembangun kode lintas platform tanpa ketergantungan eksternal, debugging, pengujian unit, analisis kode statis, pengembangan jarak jauh, penyelesaian kode C/C++ yang cerdas, dan manajer pustaka untuk ribuan pustaka populer.

PlatformIO dapat digunakan sebagai alat baris perintah independen atau sebagai ekstensi untuk berbagai IDE dan editor teks, dengan integrasi yang disukai pada Visual Studio Code. Dengan menyediakan alat yang kuat dan fleksibel, PlatformIO bertujuan untuk meningkatkan produktivitas pengembang dan menyederhanakan kolaborasi tim dalam pengembangan perangkat lunak tertanam.