

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Tinjauan pustaka dilakukan dengan cara mengumpulkan data dari jurnal-jurnal yang sudah ada dan akan digunakan sebagai acuan dalam merancang bangun alat ukur kualitas air portabel.

Pada jurnal yang berjudul “Perancangan Sistem Monitoring Kelayakan Kualitas Air Bersih Dengan Multisensor Untuk Higiene Sanitasi Menggunakan Metode Fuzzy Logic”[13]. Pada peneletian ini sistem dirancang dapat memantau kelayakan kualitas air bersih untuk kebutuhan higiene sanitasi melalui aplikasi Blynk pada *smartphone* Android. Kelayakan kualitas air tersebut diklasifikasikan menjadi “layak”, “kurang layak”, dan “sangat tidak layak”. Hasil pengujian menunjukkan akurasi sensor yang tinggi yaitu diatas 95%. Rata-rata selang waktu yang dibutuhkan agar data dapat terkirim ke aplikasi Blynk dari mikrokontroler adalah 1,969 detik.

Penelitian yang berjudul “Rancang Bangun Alat Ukur Kualitas Air Menggunakan Metode Storet Dengan Parameter Suhu, pH, Kekeruhan dan TDS”[14]. Pada penelitian ini dirancang alat portabel yang mudah digunakan untuk mengukur dan mengetahui kondisi air dengan parameter pH, suhu, kekeruhan dan TDS. Terdapat peringatan berupa buzzer, monitoring melalui LCD, penentuan status mutu air untuk mutu air kelas I dan memiliki histori pengukuran. Dari hasil pengujian keseluruhan sensor dengan alat pembanding/formula pada berbagai sampel air diperoleh rata-rata erorr sensor pH sebesar 0,699 %, sensor Suhu sebesar 0,415 %, Sensor kekeruhan sebesar 0,014 % dan sensor TDS sebesar 1,056 %. Status mutu air ketika mengukur kondisi air bening adalah sangat baik dengan total skor 0 dan saat mengukur kondisi air keruh adalah sedang dengan total skor -15. Program perekaman data dapat berjalan sesuai dengan desain yang diharapkan.

Penelitian yang berjudul “IoT Monitoring Kualitas Air Dengan Menggunakan Sensor Suhu, pH dan Total Dissolved Solids”[15]. Dijelaskan bahwa sensor yang digunakan pada penelitian adalah sensor suhu DS18B20, sensor pH dengan pH modul DIY 4502-C, dan Gravity TDS sensor DFRobot. Hasil dari penelitian akurasi pengukuran yang didapatkan dari alat sangat baik, yaitu berkisar antara 98,28-100%. Alat telah dilakukan pembandingan dengan alat ukur SNI, untuk termometer

(Seri 06-6989.23-2005), pH meter (Seri 06-6989.11-2004), dan TDS meter (Seri 06-6989.27:2004).

Pada penelitian ini dirancang sebuah sistem yang dapat mengukur kualitas air dengan 4 parameter yakni kekeruhan, pH, TDS dan suhu. Hasil pengukuran tersimpan secara otomatis di *SD card* dan ditampilkan di aplikasi Blynk. Sistem diawali dengan inisialisasi I/O, kemudian sensor yang dipilih akan melakukan pembacaan pada air. Selanjutnya hasil pembacaan akan masuk dan diproses di Arduino Uno yang kemudian akan ditampilkan di LCD. Arduino Uno juga akan mengirim data hasil pembacaan sensor ke ESP32 yang nantinya akan dikirim ke modul SD card dan ditampilkan di aplikasi Blynk. Modul SD card akan membaca dan menulis data yang dikirim oleh ESP32 ke SD card. Jika ESP32 terkoneksi dengan internet maka data akan dikirimkan dan ditampilkan di aplikasi Blynk.

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu

Sumber	Sistem	Hasil Penelitian
“Perancangan Sistem Monitoring Kelayakan Kualitas Air Bersih Dengan Multisensor Untuk Higiene Sanitasi Menggunakan Metode Fuzzy Logic” oleh Rakyan Prajnagra, dkk, 2021	Arduino Mega sebagai pengendali utama, modul Wi-Fi ESP-01, menggunakan empat sensor (suhu, pH, kekeruhan dan TDS, terintegrasi dengan Blynk.	Hasil pembacaan setiap sensor memiliki tingkat akurasi sebesar 98,76% pada sensor pH, 96,13% pada sensor TDS, 98,14% pada sensor suhu, dan 95,07% sensor kekeruhan.
“Rancang Bangun Alat Ukur Kualitas Air Menggunakan Metode Storet Dengan Parameter Suhu, pH, Kekeruhan dan TDS” oleh Umroh Tul Khasanah, dkk.	Menggunakan empat sensor (pH, suhu, kekeruhan dan TDS), terdapat peringatan berupa buzzer, Arduino Mega sebagai mikrokontroler.	rata-rata error sensor pH sebesar 0,699 %, sensor Suhu sebesar 0,415 %, Sensor kekeruhan sebesar 0,014 % dan sensor TDS sebesar 1,056 %.

<p>“IoT Monitoring Kualitas Air Dengan Menggunakan Sensor Suhu, pH dan Total Dissolved Solids” Fanharis Chuzaini dan Dzulkifli 2022.</p>	<p>Menggunakan ESP32 sebagai mikrokontroler, dan menggunakan tiga sensor (suhu, pH, TDS).</p>	<p>Tingkat akurasi dari alat yang dibuat dengan alat pembanding berlabel SNI adalah 98,28%-100%.</p>
<p>“Sistem Pemantauan Kualitas Air Menggunakan ESP32 dengan Fuzzy Logic Sugeno berbasis Android” oleh Teuku Muhammad Raihan, 2022.</p>	<p>Menggunakan empat sensor (suhu, pH, TDS, kekeruhan) dan mikrokontroller ESP32.</p>	<p>Berdasarkan hasil pengujian alat, sensor pH memiliki tingkat akurasi sebesar 94,79 dan sensor TDS memiliki tingkat akurasi sebesar 98,98. Sistem pemantauan kualitas air juga memiliki nilai fungsional sebesar 100%.</p>
<p>“Rancang Bangun Sistem Pengukuran Kualitas Air Untuk Keperluan Higiene Sanitasi Berbasis Arduino Uno</p>	<p>Menggunakan empat sensor yakni kekeruhan, pH, TDS dan suhu. Menggunakan Arduino Uno sebagai pusat pengolahan data dan sistem.</p>	<p>Sensor TDS memiliki tingkat akurasi sebesar 93,2% dengan presentase kesalahan 6,8%, sensor pH memiliki tingkat akurasi sebesar 97,5% dengan presentase kesalahan 2,5% dan sensor suhu memiliki akurasi sebesar 97,84% dengan presentase kesalahan 2,16%.</p>

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Alat Ukur

Alat ukur adalah instrumen yang digunakan untuk membandingkan suatu parameter dengan suatu standar. Ada beberapa hal yang perlu dicermati dalam penggunaan alat ukur tersebut seperti jenis, spesifikasi, dan fungsi alat ukur. Sedangkan pengukuran merupakan suatu proses membandingkan suatu besaran dengan besaran lain yang sejenis dan dipakai sebagai satu. Keakuratan Pengukuran, hasil pengukuran yang mendekati nilai sebenarnya dari pengukuran tersebut^[16].

2.2.2 Air Higiene Sanitasi

Menurut Permenkes No. 2 Tahun 2023 air higiene sanitasi adalah air yang digunakan untuk keperluan higiene perorangan dan atau rumah tangga. Penetapan SBMKL (Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan) media air untuk keperluan Higiene dan Sanitasi diperuntukan bagi rumah tangga yang mengakses secara mandiri atau yang memiliki sumber air sendiri untuk keperluan sehari-hari^[10]. Untuk parameter yang ditetapkan untuk keperluan higiene sanitasi dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 2.2 Parameter Air untuk Keperluan Higiene dan Sanitasi^[10]

No	Jenis Parameter	Kadar maksimum yang diperbolehkan	Satuan	Metode Pengujian
Mikrobiologi				
1	<i>Eschericia coli</i>	0	CPU/100ml	SNI/APHA
2	<i>Total Colifarm</i>	0	CPU/100ml	SNI/APHA
Fisik				
3	Suhu	Suhu udara ± 3	$^{\circ}\text{C}$	SNI/APHA
4	<i>Total Dissolve Solid</i>	<300	mg/L	SNI/APHA
5	Kekeruhan	<3	NTU	SNI atau yang setara
6	Warna	10	TCU	SNI/APHA
7	Bau	Tidak berbau	-	APHA

Kimia				
8	pH	6,5 - 8,5	-	SNI/APHA
9	Nitrat (sebagai NO ³) (terlarut)	20	mg/L	SNI/APHA
10	Nitrit (sebagai NO ²) (terlarut)	3	mg/L	SNI/APHA
11	Kromium valensi 6 (Cr ⁶⁺) (terlarut)	0,01	mg/L	SNI/APHA
12	Besi (Fe) (terlarut)	0,2	mg/L	SNI/APHA
13	Mangan (Mn) (terlarut)	0,1	mg/L	SNI/APHA

Parameter air higiene sanitasi yang digunakan pada perancangan alat ukur kualitas air portabel yaitu zat padat terlarut, kekeruhan, pH dan suhu. Zat padat terlarut atau TDS (*Total Dissolved Solids*) merupakan total larutan padat yang berada di dalam air. Di dalam air mengandung partikel yang terlarut di dalamnya yang tidak bisa dilihat oleh mata, dapat berupa padatan (seperti kandungan logam-logam besi, tembaga, aluminium, dll), atau juga partikel non padatan contohnya seperti mikroorganisme^[17]. TDS mengandung banyak faktor yang menyebabkan kebersihan dalam air. Jika padatan terlarut terlalu banyak kadarnya maka akan menyebabkan air akan jadi turun kualitasnya. TDS menggambarkan berapa zat padat yang terlarut dalam satuan ppm (mg/l)^[18]. *Part per million* (ppm) atau disebut juga bpj (bagian per juta), satuan ppm adalah mg/kg atau mg/L. Dimana, 1000 ppm = 1 gram/Liter = 1000 mg/L = 1 mg/ml^[19]. Kandungan TDS yang disarankan untuk keperluan higiene sanitasi yaitu <300 mg/L atau 300ppm.

pH merupakan suatu parameter yang digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau basa yang dimiliki oleh suatu zat, larutan atau benda. Kadar pH diukur pada skala 0 sampai 14. Skala pH netral memiliki nilai pH 7, bila nilai pH > 7 menunjukkan zat tersebut memiliki sifat basa sedangkan nilai pH < 7 menunjukkan keasaman^[20]. pH yang baik untuk keperluan higiene sanitasi berkisar antara 6,5 - 8,5.

Air keruh merupakan air yang mengandung sejumlah besar partikel materil bahan tersuspensi yang mengakibatkan warna menjadi

kotor. Air mengalami kekeruhan disebabkan keberadaan zat-zat koloid yaitu zat yang mengapung dan terurai secara halus. Ini juga penyebab dikarenakan adanya bahan organik yang terdekomposisi halus, lumpur, tanah liat dan zat koloid yang sejenis^[18]. Air higiene sanitasi yang baik mengandung kekeruhan < 3 NTU.

Adapun untuk suhu air sebaiknya sejuk (tidak panas) terutama agar tidak terjadi pelarutan zat kimia yang ada khususnya pada saluran pipa yang dapat membahayakan kesehatan^[17]. Parameter untuk air higiene sanitasi adalah suhu udara $\pm 3^{\circ}\text{C}$.

2.2.3 Sensor Kekeruhan

Kekeruhan sering diukur dengan metode Nephelometric. Pada metode ini, sumber cahaya dilewatkan pada sampel dan intensitas cahaya yang dipantulkan oleh bahan-bahan penyebab kekeruhan. Satuan kekeruhan yang diukur dengan menggunakan metode Nephelometric adalah NTU (*Nephelometric Turbidity Unit*). Kekeruhan adalah keadaan dimana air mengandung materi tersuspensi/terlarut yang menghalangi masuknya cahaya. Arah dari cahaya akan berubah ketika berbenturan dengan partikel yang tersuspensi di dalam air. Jika kekeruhan tinggi maka semakin banyak cahaya yang dihamburkan dan dibiaskan dari daerah asalnya^[21].

Pada penelitian ini menggunakan sensor DFRobot SEN0189. Prinsip kerja dari modul sensor kekeruhan ini merupakan LED inframerah yang memancarkan cahaya setelah itu diterima sensor fotodiode. Hasil dari pembacaan sensor fotodiode mengalami perubahan sesuai dengan kekeruhannya. Kemudian di konversi ke dalam format parameter tegangan listrik sehingga dapat disebut sebagai nilai kekeruhan dalam satuan NTU^[18]. Berikut merupakan spesifikasi dari sensor DFRobot SEN0189:

Tabel 2.3 Spesifikasi Sensor Kekeruhan DFRobot SEN0189

Tegangan kerja	5Vdc
Arus kerja	40mA (maksimal)
Waktu respons	<500ms
Resistansi isolasi	100m (min)
Suhu operasional	5°C ~ 90°C

Metode output	Analog dan digital
Tegangan analog	0 - 4.5V
Output digital	High/Low (dapat disesuaikan ambang batas dengan menyesuaikan potensiometer)
Berat modul keseluruhan	30g
Dimensi adaptor	38 * 28 * 10mm



Gambar 2.1 Sensor Kekeuruhan^[22]

2.2.4 Sensor pH

Sensor pH (*power of hydrogen*) adalah sensor untuk mendeteksi derajat keasaman suatu cairan. Skala pH berada pada 0 – 14 dengan nilai 7 dianggap netral. Nilai pH kurang dari 7 dianggap asam dan nilai pH lebih dari 7 dianggap basa. Prinsip kerja sensor pH adalah semakin banyak elektron pada sampel larutan maka akan semakin bernilai asam begitupun sebaliknya bila elektron lebih sedikit maka akan bernilai basa, karena batang sensor pH berisi larutan elektrolit lemah. Larutan inilah yang bereaksi memberi nilai output tegangan analog terhadap banyaknya elektron pada larutan yang diukur[20]. Berikut merupakan spesifikasi dari sensor DFRobot SEN0161-V2:

Tabel 2.4 Spesifikasi Sensor pH DFRobot SEN0161-V2

Tegangan input modul	5V
Ukuran modul	43mm x 32mm
Pengukuran	0 - 14pH
Akurasi	$\pm 0,1$ pH (25°C)
Waktu respons	≤ 2 menit
Konektor pH sensor	konektor BNC



Gambar 2.2 Sensor pH^[23]

2.2.5 Sensor Suhu

Pada tugas akhir ini untuk menentukan temperatur pada air menggunakan sensor suhu DS18B20. Sensor DS18B20 bekerja dengan prinsip yang dideteksi oleh sensor akan diubah menjadi besaran listrik. Sensor suhu ini konduktif ditiap lingkungan dengan kondisi kering maupun basah. Cara komunikasi sensor DS18B20 ini memakai *One wire* atau cukup menggunakan 1 kabel atau jalur saja. Dengan sistem *One Wire* ini sensor suhu DS18B20 dapat dibuat koneksi seperti jaringan, jadi cukup satu jalur saja untuk membaca beberapa sensor DS18B20. Berikut merupakan spesifikasi sensor DS18B20:

Tabel 2.5 Spesifikasi Sensor Suhu DS18B20

Tegangan input	3V - 5,5V
Konsumsi arus	1mA
Kisaran suhu	-55 ~ 125°C
Akurasi	±0,5%
Resolusi	9 - 12 bit
Konversi waktu	<750ms



Gambar 2.3 Sensor Suhu^[22]

2.2.6 Sensor TDS

Pada penelitian untuk menentukan nilai TDS pada air menggunakan sensor DFRobot Analog TDS Meter. Sensor bekerja berdasarkan prinsip operasi listrik yang mempunyai 2 *stainless steel* yang menerima data dari pengujian yang dilakukan. Sensor TDS menggunakan karakteristik dari air, dimana air murni adalah isolator, tetapi saat air yang sudah memiliki bahan terlarut maka berubah jadi konduktor. Berikut merupakan spesifikasi dari sensor DFRobot Analog TDS Meter:

Tabel 2.6 Spesifikasi Sensor DFRobot Analog TDS Meter

Tegangan input	: 3.3 ~ 5.5V
Tegangan output	: 0 ~ 2.3V
Arus kerja	: 3 ~ 6mA
Pengukuran TDS	: 0 ~ 1000ppm
Akurasi	: $\pm 10\%$ F.S. (25°C)
Dimensi modul	: 42 x 32mm
Panjang probe	: 83cm
Tipe output	: Tegangan Analog



Gambar 2.4 Sensor TDS^[22]

2.2.7 Arduino Uno

Arduino adalah papan elektronik yang terdiri dari modul mikrokontroler yang sudah terdapat chip IC yang ditambahkan pin agar lebih mudah diingat. Pada tugas akhir Arduino berperan sebagai pemroses utama dari sistem dalam menjalankan tugas mengolah data sensor, menggunakan ADC, menampilkan informasi pada LCD, mengatur selang waktu dengan RTC, dan *select* menu. Berikut merupakan spesifikasi dari mikrokontroler Arduino Uno:

Tabel 2.7 Spesifikasi Arduino Uno

Mikrokontroler	: ATmega328
Tegangan sumber	: 5V
Pin I/O digital	: 14 pin
Pin Analog	: 6 pin
Arus DC per pin I/O	: 40mA
Arus DC untuk 3.3V	: 50mA
<i>Flash memory</i>	: 32 KB, 0,5 KB untuk bootloader
SRAM	: 2 KB
EEPROM	: 1 KB
<i>Clock speed</i>	: 16 MHz
Panjang	: 68,6 mm
Lebar	: 53,4 mm

**Gambar 2.5 Arduino Uno^[1]**

2.2.8 NodeMCU ESP32

NodeMCU ESP32 merupakan modul wifi yang berfungsi sebagai perangkat tambahan mikrokontroler agar dapat terhubung langsung ke wifi dan membuat koneksi TCP/IP. Modul ini membutuhkan daya sekitar 3.3V. Esp32 merupakan penerus dari ESP8266. Pada Modul ESP32 dilengkapi dengan prosesor, memori dan GPIO. Sehingga modul ini dapat digunakan tanpa mikrokontroler apapun karena sudah memiliki perlengkapan layaknya mikrokontroler[24]. Pada tugas akhir ini NodeMCU32 ini digunakan sebagai modul untuk menghubungkan ke internet.



Gambar 2.6 NodeMCU ESP32^[4]

2.2.9 Modul RTC

Modul DS3231 RTC adalah salah satu jenis modul yang dimana berfungsi sebagai RTC (*Real Time Clock*) atau pewaktuan digital serta penambahan fitur pengukur suhu yang dikemas kedalam satu IC. Interface atau antarmuka untuk mengakses modul ini yaitu menggunakan I2C atau two wire (SDA dan SCL). Sehingga apabila diakses menggunakan mikrokontroler misalnya Arduino Uno pin yang dibutuhkan 2 pin saja dan 2 pin power. Module DS3231 RTC ini pada umumnya sudah tersedia dengan battery CR2032 3V yang berfungsi sebagai back up RTC apabila catudaya utama mati^[25].



Gambar 2. 7 Modul RTC^[9]

2.2.10 Modul SD card

Modul SD card adalah modul yang berfungsi untuk membaca dan menulis data ke dari SD Card. Modul ini memiliki interfacing menggunakan komunikasi SPI (*Serial Peripheral Interface*). SPI adalah protokol komunikasi yang dapat digunakan sebagai interface komunikasi antar mikrokontroler dengan SD Card. Tegangan kerja dari modul ini dapat menggunakan level tegangan 3.3 VDC atau 5 VDC, yang dapat digunakan salah satunya.



Gambar 2.8 Modul SD card^[9]

2.2.11 LCD I2C

LCD (*Liquid Crystal Display*) adalah lapisan kaca bening dengan elektroda transparan yang bekerja dengan memantulkan cahaya yang ada disekelilingnya. LCD yang dipakai berukuran 20X4 terdiri dari 4 baris dan 20 kolom yang dapat digunakan untuk menampilkan huruf maupun angka. Sedangkan I2C (*Inter Integrated Circuit*) adalah modul dari LCD 20x4 yang merupakan standar komunikasi serial dua arah yang didesain khusus untuk mengurim maupun menerima data.



Gambar 2. 9 LCD I2C^[6]

2.2.12 Arduino IDE

Arduino Integrated Development Environment (IDE) adalah sebuah software untuk memprogram mikrokontroler. Pada software ini mikrokontroler dilakukan pemrograman agar dapat menjalankan fungsi-fungsi yang ditulis melalui sintaks pemrograman. Bahasa pemrograman yang digunakan pada Arduino IDE ini merupakan pengembangan dari bahasa pemrograman C dan C++. Arduino IDE dapat digunakan secara gratis dan bisa didapatkan secara langsung pada halaman resmi arduino yang bersifat open source. Arduino IDE juga sudah mendukung beberapa sistem operasi seperti Windows, Mac dan Linux. Arduino IDE terdiri dari^[24]:

1. Editor Program, Sebuah window yang memungkinkan pengguna untuk menulis dan mengedit program dalam bahasa processing.
2. Compiler, sebuah modul yang mengubah kode program (bahasa processing) menjadi kode biner karena mikrokontroler tidak akan bisa memahami bahasa processing, maka dari itu diubah menjadi kode biner.
3. Pengunggah, Sebuah modul yang berisi kode biner dari komputer ke dalam memori mikrokontroler.



Gambar 2.10 Logo Arduino IDE^[18]

2.2.13 Blynk

Blynk merupakan sebuah layanan aplikasi yang digunakan untuk mengontrol mikrokontroler dari jaringan internet yang dapat digunakan pada IOS dan Android. Aplikasi ini dapat mengontrol dan memonitoring apapun dari jarak jauh dan kapan saja asal terhubung dengan koneksi internet stabil. Aplikasi ini juga dapat menampilkan data dari sensor. Aplikasi ini memiliki 3 komponen utama yaitu aplikasi, server, dan libraries. Blynk server berfungsi untuk menangani semua komunikasi diantara smartphone dan mikrokontroler^[24]. Penggunaan aplikasi Blynk pada tugas akhir ini karena mudah di unduh, serta aplikasi Blynk tidak berbayar.



Gambar 2.11 Logo Blynk^[13]

~Halaman ini sengaja dikosongkan~