

BAB 2

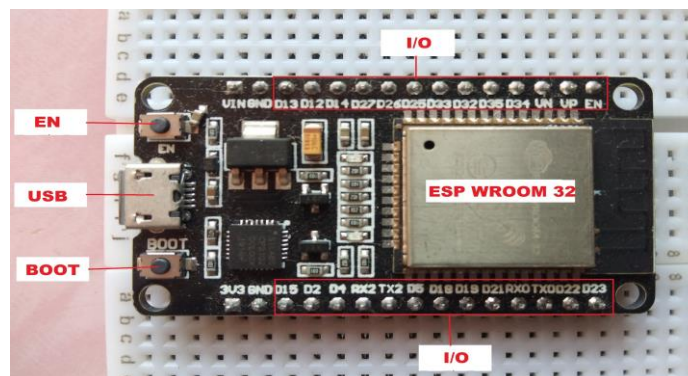
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

Pada landasan teori ini berisikan tentang referensi atau teori pendukung yang berhubungan pada rancangan alat ini. Landasan teori ini akan digunakan sebagai arahan dalam menyelesaikan dan memecahkan masalah yang ada selama pembuatan rancangan ini.

2.1.1 Mikrokontroler NodeMCU ESP32

NodeMCU ESP32 adalah mikrokontroler yang dikembangkan oleh *Espressif Systems* sebagai penerus dari ESP8266. Mikrokontroler ini sudah dilengkapi dengan modul Wi-Fi dan *Bluetooth* dalam satu *chip*, menjadikannya sangat ideal untuk aplikasi IoT. ESP32 bekerja pada tegangan operasi 3,3V dan 5,0V. Namun, apabila tegangan yang diterapkan pada pin 3,3V melebihi batas tersebut, dapat menyebabkan kerusakan pada perangkat. (Hidayat et al., 2022). Gambar berikut menunjukkan beberapa komponen utama dari *board* mikrokontroler ESP32.



Gambar 2. 1 NodeMCU ESP32

Pada Gambar 2. 1 (Hidayat et al., 2022) terdapat tombol EN (Enable) yang berfungsi sebagai tombol reset untuk mengatur ulang sistem, serta tombol BOOT yang digunakan dalam proses *flashing firmware* baru. Port USB pada *board* ini digunakan untuk menghubungkan modul dengan komputer, yang memungkinkan pemrograman dan debugging, serta memberikan daya ke *board*. Inti dari modul ini adalah ESP-WROOM-32, yang mengintegrasikan prosesor, memori, serta antena Wi-Fi dan Bluetooth untuk konektivitas nirkabel yang handal.

2.1.2 Sensor Suhu DS18B20

Menurut (Maxim integrated, 2019), Sensor suhu DS18B20 adalah sensor suhu digital dengan resolusi yang dapat diprogram dari 9-bit hingga 12-bit dalam satuan Celsius, mampu mengukur suhu dalam rentang -55°C hingga $+125^{\circ}\text{C}$ (-67°F hingga $+257^{\circ}\text{F}$) dengan akurasi $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ pada kisaran suhu -10°C hingga $+85^{\circ}\text{C}$. Sensor ini menggunakan protokol 1-Wire, yang hanya memerlukan satu jalur data dan *ground*, serta mendukung mode daya parasit, sehingga dapat beroperasi hanya dengan dua pin (DQ dan GND) tanpa membutuhkan komponen eksternal tambahan. Selain itu, setiap sensor memiliki kode seri unik 64-bit, memungkinkan penggunaan beberapa sensor pada satu bus yang sama. Berikut merupakan gambar sensor suhu DS18B20 yang ditunjukkan pada Gambar 2. 2 .



Gambar 2. 2 Sensor Suhu DS18B20

Sumber : <https://www.microthings.id/product/ds18b20-temperature-sensor/>

2.1.3 Sensor pH 4502C

Sensor pH 4502C yang ditunjukkan pada Gambar 2. 3 (Aulia Nofdzhar, B.,2023) adalah sensor pH analog yang digunakan untuk mengukur tingkat keasaman atau kebasaan suatu larutan.



Gambar 2. 3 Sensor pH 4502C

Modul *probe* pH 4502C *OFFSET* dirancang untuk menghasilkan tegangan analog yang mewakili nilai pH, dengan skala ideal pH 0 hingga 14 dipetakan ke rentang tegangan 0V hingga 5V. Namun, secara *default*, tegangan untuk pH 7 diatur mendekati 0V, sehingga pembacaan pH asam dapat menghasilkan tegangan negatif yang tidak dapat dibaca oleh pin analog Arduino, yang hanya mendukung tegangan antara 0V hingga 5V. Modul ini memiliki beberapa pin, yaitu TO untuk *output* suhu, DO untuk *output* digital 3.3V, PO untuk *output* analog yang dihubungkan ke Arduino (misalnya pin A0), dan GND sebagai *ground*. Dengan *OFFSET* yang tepat, modul dapat memetakan pH 0 hingga 14 ke tegangan 0V hingga 5V, sehingga kompatibel dengan pembacaan Arduino (Santaefiigenia, 2017).

2.1.4 Sensor *Turbidity* DFRobot SEN0189

Sensor *Turbidity* DFRobot SEN0189 yang ditunjukkan pada Gambar 2. 4 (Aulia, A. G. P., 2024) merupakan sensor yang digunakan untuk mengukur tingkat kekeruhan air (*Turbidity*). Kekeruhan air menunjukkan banyaknya partikel tersuspensi seperti lumpur, pasir, atau zat organik di dalam air. Semakin tinggi nilai kekeruhan, maka kualitas air semakin buruk.



Gambar 2. 4 Sensor *Turbidity* DFRobot SEN0189

Sensor ini bekerja berdasarkan prinsip transmisi dan hamburan cahaya (*light transmittance and scattering*). Cahaya dipancarkan melalui air, kemudian intensitas cahaya yang diterima akan berubah tergantung jumlah partikel tersuspensi. Jika air jernih, cahaya mudah menembus; sedangkan jika keruh, cahaya akan terhambur sehingga intensitas yang diterima berkurang.

2.1.5 Sensor Konduktivitas

Sensor konduktivitas yang ditunjukkan pada Gambar 2. 5 (Aulia Nofdizhar, B., 2023) adalah sensor yang dirancang untuk mendeteksi kadar logam berat dalam air. *Probe* sensor terbuat dari material *stainless steel* yang berfungsi sebagai penerima data dari sampel yang diuji. Sensor ini dapat dihubungkan langsung ke pin analog Arduino atau mikrokontroler lainnya tanpa memerlukan modul penguat tambahan. Sensor ini mampu mendeteksi kandungan logam dalam air, seperti besi (Fe) dengan akurasi tinggi (SHELEMO, 2023).



Gambar 2. 5 Sensor Konduktivitas

Output sensor dapat berupa sinyal analog atau digital (I2C/UART), sehingga kompatibel dengan berbagai mikrokontroler, termasuk ESP32, dengan tegangan operasi 5V.

2.1.6 TDS sensor Meter V1.0

Sensor TDS Meter V1.0 yang ditunjukkan pada gambar Gambar 2. 6 (Fasya, Z., Ramadhan, G. and Taufiq, T., 2023) adalah sensor yang digunakan untuk mengukur *Total Dissolved Solids* (TDS) dalam air dengan rentang pengukuran 0–1000 ppm. Sensor TDS V1.0 terdiri dari dua bagian utama, yaitu probe TDS (elektroda) yang dicelupkan ke dalam air dan modul *signal conversion* yang mengubah sinyal dari probe menjadi tegangan analog.



Gambar 2. 6 Sensor TDS Meter V1.0

Sensor ini dapat dihubungkan ke mikrokontroler seperti NodeMCU ESP32 atau Arduino melalui komunikasi I2C atau UART, memudahkan integrasi dalam berbagai aplikasi. Dengan fitur mode penghematan daya, sensor ini cocok untuk proyek berbasis baterai. Daya *input* sensor ini berkisar antara 3.3V hingga 5V DC, dengan konsumsi daya sekitar 20 mA pada beban penuh. *Output* sensor ini berupa sinyal digital, yang dikirim melalui I2C atau UART ke mikrokontroler untuk pemrosesan lebih lanjut. Berikut spesifikasi sensor TDS Meter V1.0 Tabel 2. 1 (Fasya, Z., Ramadhan, G. and Taufiq, T., 2023)

Tabel 2. 1 Spesifikasi Sensor TDS Meter V1.0

KATEGORI	DETAIL
Tegangan Operasi	3.3V - 5 V DC
Output Operasi	Analog (0 – 2.3 V)
Rentang Pengukuran	0 – 1000 ppm (<i>part per million</i>)
Akurasi	$\pm 10\%$ F.S (<i>Full Scale</i>)
Temperatur Operasional	0 °C - 50°C
Rentang ideal pH layak minum	< 300 ppm

2.1.7 LCD (*Liquid Crystal Display*)

Pada Gambar 2. 7 (Technology, 2019) LCD (*Liquid Crystal Display*) dengan ukuran 20x4 adalah layar karakter yang mampu menampilkan hingga 20 karakter dalam 4 baris, sehingga cocok untuk menyajikan banyak informasi secara bersamaan. LCD ini umumnya menggunakan modul berbasis driver HD44780 dan mendukung dua mode antarmuka, yaitu 4-bit atau 8-bit, untuk berkomunikasi dengan mikrokontroler. LCD ini memiliki 16 pin, yang terdiri atas pin daya (VSS dan VDD), pin kontras (V0), pin kontrol (RS, RW, E), pin data (D0-D7), serta pin

untuk lampu latar (LED+ dan LED-). Daya *input* standar yang digunakan adalah 5V untuk operasi modul (Technology, 2019).

Untuk mempermudah penggunaan dan mengurangi jumlah pin yang digunakan pada mikrokontroler, LCD 20x4 sering dikombinasikan dengan modul I2C (*Inter-Integrated Circuit*). Modul I2C ini berfungsi sebagai penghubung yang mengubah komunikasi paralel LCD menjadi komunikasi serial, sehingga hanya membutuhkan dua pin saja, yaitu SDA (*data*) dan SCL (*clock*).



Gambar 2. 7 LCD (*Liquid Crystal Display*)

2.1.8 Baterai

Pada Gambar 2. 8 Baterai Li-ion 18650 (3 sel, masing-masing berkapasitas 1500mAh) adalah baterai isi ulang dengan tegangan nominal 3,7V per sel dan tegangan maksimum 4,2V saat penuh. Dalam konfigurasi seri (3S), baterai ini menghasilkan tegangan total 11,1V (nominal) hingga 12,6V saat penuh, dengan kapasitas tetap 1500mAh. Cara kerjanya adalah menyediakan tegangan stabil untuk perangkat melalui konversi tegangan dengan *step-down regulator*, seperti menurunkan tegangan ke 5V untuk sensor, LCD, LED, dan ESP32. Dengan konfigurasi ini, baterai mampu mendukung penggunaan hingga 5 sensor sekaligus dan menjaga perangkat tetap portabel serta efisien selama operasional.



Gambar 2. 8 Baterai

Sumber : <https://image.made-in-china.com/2f0j00JSEaHZFtgTfK/Battery-18650-1500mAh-3-7V-Lithium-Battery.webp>

2.1.9 Modul *Stepdown* LM2596

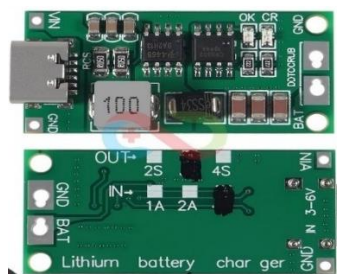
Pada Gambar 2. 9 (Aulia, A. G. P., 2024) menunjukkan Modul *stepdown* LM2596 yang merupakan rangkaian modul converter DC / DC dengan frekuensirerap 150 kHz *fixed-voltage (PWM step-dwon)* menggunakan IC Regulator LM2596, yang mampu menggerakkan beban 5A dengan efisiensi tinggi, derek rendah dan regulasi garais dan beban yang sangat baik. Modul LM 2596 dapat bekerja dengan suplai tegangan 4V-32V dan suhu operasinya -40°C - +85°C.



Gambar 2. 9 Modul Stepdown LM2596

2.1.10 *Charger* BMS 3S

Charger BMS 3S (*Battery Management System*) merupakan modul yang digunakan untuk mengelola proses pengisian dan perlindungan baterai lithium yang disusun secara seri sebanyak 3 sel (3S). Modul ini sangat penting dalam sistem berbasis baterai karena berfungsi untuk menjaga keamanan, kestabilan, dan umur pakai baterai.



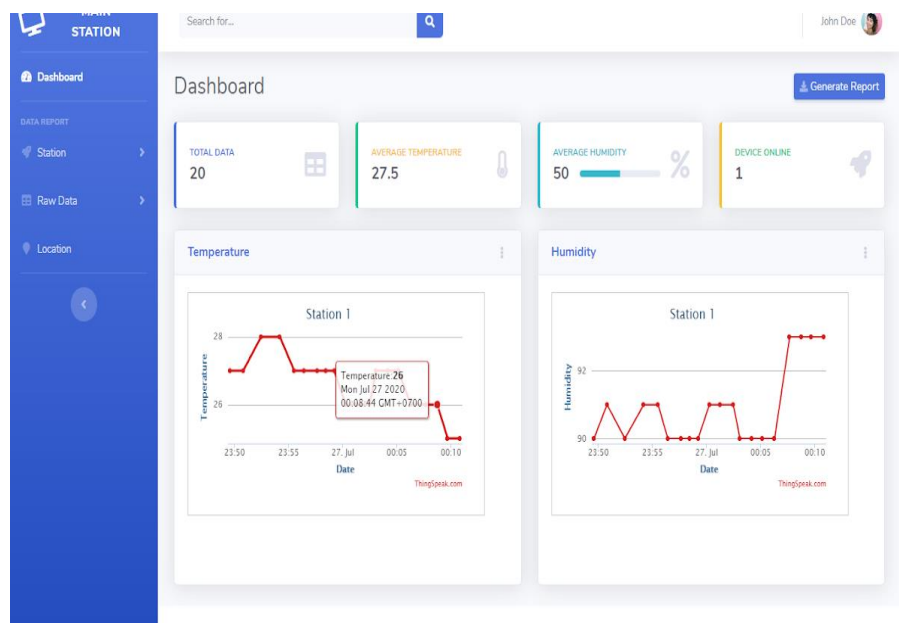
Gambar 2. 10 *Charger* BMS 3S

Sumber : <https://down-id.img.susercontent.com/file/id-11134207-7rasm-m5uvsd9qqsx449>

Pada Gambar 2. 10 modul BMS 3S tidak hanya berfungsi sebagai *charger*, tetapi juga sebagai sistem proteksi yang melindungi baterai dari berbagai kondisi berbahaya, seperti *overcharge* (tegangan berlebih saat pengisian), *overdischarge* (tegangan terlalu rendah saat penggunaan), *overcurrent* (arus berlebih yang dapat merusak komponen), serta *short circuit* (hubungan singkat) yang berpotensi menyebabkan kerusakan serius atau bahkan kebakaran pada baterai.

2.1.11 *Thingspeak*

Thingspeak adalah aplikasi dan API *open-source* dalam bidang *Internet Of Things* (IoT) yang digunakan untuk menyimpan serta mengambil data dari berbagai perangkat melalui HTTP, baik melalui Internet maupun *Local Area Network* (LAN). *Platform* ini telah terintegrasi dengan perangkat lunak komputasi numerik MATLAB dari MathWorks, memungkinkan pengguna untuk menganalisis dan memvisualisasikan data yang diunggah tanpa perlu membeli lisensi tambahan. Data yang disimpan di *ThingSpeak* dapat diatur sebagai *privat* (hanya dapat diakses oleh pengguna tertentu) atau publik (dapat diakses oleh pengunjung umum). Berikut pada Gambar 2. 11 (Akbar, S.A., Kalbuadi, D.B. and Yudhana, A., 2019)



Gambar 2. 11 *Thingspeak*

2.1.12 Standar kualitas air

Standar kualitas air minum ditetapkan berdasarkan sejumlah parameter yang menjadi acuan dalam menentukan keamanan air. Parameter tersebut mencakup aspek fisik, mikrobiologi, kandungan kimia, serta tingkat radioaktivitas. Dalam peraturan yang berlaku, parameter ini dibagi menjadi parameter utama dan parameter khusus, di mana penerapan tambahan untuk parameter khusus menjadi tanggung jawab pemerintah daerah berdasarkan kajian ilmiah yang dilakukan. Berikut Tabel 2. 2 (Permenkes, 2023) adalah standar kualitas air berdasarkan Peraturan Kementerian Kesehatan No.2 Tahun 2023.

Tabel 2. 2 Standar kualitas air

No.	Parameter	Kadar Maksimum yang diperbolehkan	Satuan
1	Suhu	Suhu udara ± 3	$^{\circ}\text{C}$
2	Total Dissolve Solid	< 300	mg/L
3	Kekeruhan	< 3	NTU
4	pH	6.5 – 8.5	-
5	Besi (Fe) (terlarut)	≤ 0.2	mg/L

2.2 Penelitian Terdahulu

Pada penelitian (Pratmanto et al., 2019) dengan judul “*Pembuatan Alat Pendeteksi Kadar Logam pada Air Berbasis Arduino UNO*” mengembangkan alat pendeteksi kadar logam dalam air berbasis Arduino UNO dengan sensor konduktivitas sebagai komponen utama. Alat ini menggunakan catu daya 12V, memproses data melalui Arduino, dan menampilkan hasil pada LCD serta *buzzer*. Jika kadar logam kurang dari 0,3 mg/L, status “Layak” ditampilkan, sedangkan jika melebihi, *buzzer* berbunyi dengan status “Tidak Layak.” Penelitian ini menunjukkan bahwa alat mampu mendeteksi kadar logam secara akurat dan efisien, memberikan informasi kelayakan air secara cepat dan sederhana.

Pada penelitian (Rezki et al., 2021) dengan judul “Rancang Bangun Alat Ukur Kualitas Air Berdasarkan pH Air dan Kekeruhan” merancang alat ukur kualitas air berbasis pH dan kekeruhan menggunakan sensor pH SKU SEN0161 dan sensor kekeruhan SKU SEN0189 yang terhubung ke mikrokontroler ESP-32. Alat ini

memiliki mobilitas tinggi, ditenagai powerbank, menampilkan hasil secara *real-time* pada LCD, dan dapat diakses melalui web browser via Wi-Fi. Kalibrasi menghasilkan koefisien determinasi 0,9982 untuk pH dan 0,9996 untuk kekeruhan. Uji akurasi menunjukkan error rata-rata 3,52% untuk pH dengan akurasi 96,48%, serta error rata-rata 2,35% untuk kekeruhan dengan akurasi 97,65%. Hasil ini membuktikan alat layak digunakan untuk pengukuran kualitas air.

Pada penelitian (Rasjid et al., 2022) dengan judul “*Rancangan Alat Monitoring Air Layak Konsumsi Berbasis Mikrokontroler*” mengembangkan alat *monitoring* kualitas air berbasis Arduino Uno, menggunakan sensor pH, kekeruhan, TDS, dan suhu untuk mendeteksi parameter kualitas air. Data dari sensor ditampilkan pada LCD 16x2, dengan fungsi otomatis untuk memberikan kesimpulan kelayakan air. Misalnya, air dinyatakan tidak layak jika pH mencapai 8,5, kekeruhan 25, TDS 1000, dan suhu 25°C. Pengujian menunjukkan semua sensor bekerja dengan baik dan hasilnya sesuai dengan alat standar, sehingga alat ini akurat dan efektif untuk memonitor kualitas air.

Pada penelitian (Ucmariance et al., 2022) dengan judul “*Sistem Monitoring Kualitas Air Layak Pakai Menggunakan Arduino Uno*” mengembangkan sistem *monitoring* kualitas air berbasis Arduino Uno menggunakan sensor kekeruhan dan pH. Sensor kekeruhan diuji dengan air mineral bening dan air bercampur kopi pekat, menunjukkan hasil tegangan 2,70V (NTU 2982,69) untuk air bening dan 2,40V (NTU 3000,00) untuk air keruh. Sensor pH diuji dengan air netral, air bercampur sabun, dan larutan asam dari kopi Arabika. Hasil pengujian membuktikan sensor bekerja dengan baik, memberikan data *real-time* yang akurat, dan layak digunakan untuk memantau kualitas air.

Pada penelitian (Helena Manurung et al., 2022) dengan judul “*Pemanfaatan ESP32 sebagai Sistem Pemantauan Kualitas Air Keran Siap Minum secara Real-time Menggunakan Aplikasi*” mengembangkan alat pemantauan kualitas air menggunakan ESP32 yang terhubung dengan sensor pH, suhu, dan kekeruhan. Data ditampilkan secara *real-time* melalui aplikasi berbasis MIT *App Inventor*. Pengujian menunjukkan akurasi baik dengan error rata-rata 0,85% hingga 3,09% untuk ketiga parameter, serta hasil QoS dengan packet loss 0,02%, delay 1367,30

ms, dan *throughput* 581,14 bps. Aplikasi ini memiliki dua layar: satu untuk logo dan tombol, dan satu lagi untuk menampilkan nilai sensor secara dinamis saat terhubung ke Wi-Fi. Kesimpulannya, alat dan aplikasi efektif untuk memantau kualitas air, meski perlu perbaikan pada *throughput* untuk kinerja optimal. Pada Tabel 2. 3 merupakan perbandingan penelitian terdahulu.

Tabel 2. 3 Perbandingan variabel penelitian

Nama	Judul	Komponen	Hasil
Dany Pratmanto, Angga Ardiansyah, Andrian Eko Widodo, Fakihotun Titiani (2019).	Pembuatan Alat Pendeteksi Kadar Logam pada Air Berbasis Arduino UNO.	- Arduino UNO - Sensor Konduktivitas - <i>Buzzer</i> - LCD (<i>Liquid Cristal Display</i>) - Arduino IDE	Penelitian tersebut hanya berfokus pada pengujian satu parameter kualitas air (kadar logam) secara lokal menggunakan indikator LCD dan <i>buzzer</i> .
Nurdina Rasjid, Indra, Muhammad Alfikri (2022).	Rancangan Alat Monitoring Air Layak Konsumsi Berbasis Mikrokontroler.	- Arduino uno - Sensor Kekeruhan - Sensor Air (pH Air) - Sensor TDS - Sensor Suhu - LCD 16x2	Penelitian tersebut mengukur empat parameter kualitas air dengan visualisasi lokal pada LCD 16x2.
Ucmariance, Herdianto, Fery Anugra, Chairul Rizal,	Sistem Monitoring Kualitas Air Layak Pakai Menggunakan Arduino Uno	- Arduino uno - Sensor <i>Turbidity</i> - Sensor pH - <i>Module Bluetooth Hc-05</i>	Penelitian tersebut terbatas pada dua parameter (pH dan kekeruhan) dengan jangkauan pemantauan jarak pendek menggunakan modul Bluetooth HC-05. Sementara itu, penelitian ini

Nama	Judul	Komponen	Hasil
Supiyandi (2022)			mengukur lima parameter kualitas air secara simultan, memanfaatkan jaringan Wi-Fi pada ESP32 untuk monitoring IoT (<i>Thinkspeak</i>) tanpa batasan jarak, serta dilengkapi sistem catu daya portabel terintegrasi.
Cindy Tio Helena Manurung, Jaenal Arifin, Fikra Titan Syifa, Raditya Artha Rochmanto (2022)	Pemanfaatan ESP32 sebagai Sistem Pemantauan Kualitas Air Keran Siap Minum secara <i>Real-time</i> Menggunakan Aplikasi.	- ESP32 - Sensor kekeruhan - Sensor Air (pH Air) - Sensor TDS - Sensor Suhu - LCD 16x2	Meskipun sama-sama menggunakan ESP32, penelitian tersebut mengukur empat parameter dengan keluaran visual pada aplikasi Android MIT App Inventor dan LCD 16x2. Penelitian ini mengembangkan kebaruan dengan menambahkan sensor kadar besi (Fe), menggunakan <i>platform</i> Website <i>Thinkspeak</i> untuk aksesibilitas pemantauan universal, serta merancang konfigurasi baterai lithium portabel sebagai sumber daya lapangan.
Rezki, Bintoro Siswo Nugroho,	Rancang Bangun Alat Ukur Kualitas Air	- ESP32 - Sensor pH - Sensor Kekeruhan	Penelitian tersebut mengimplementasikan ESP32 untuk mengukur dua parameter (pH dan

Nama	Judul	Komponen	Hasil
Nurhasanah (2021)	Berdasarkan pH Air dan Kekeruhan	- LCD	kekeruhan) dengan tampilan visual lokal.
Nadya Irmelya Br. Pardede (Penelitian Ini)	Rancang Bangun Alat Pengukur Kualitas Air Menggunakan ESP32	- ESP32 - Sensor pH 4502C - Sensor Suhu DS18B20 - Sensor Konduktivitas (Kadar Fe) - Sensor TDS Meter V1.0 - Sensor <i>Turbidity</i> - LCD 20x4 - Website <i>Thinkspeak</i> - 3 Baterai Lithium 1500mAh Seri - Modul Stepdown 12V to 5V	Penelitian ini mengintegrasikan pengujian lima parameter kualitas air fisik dan kimia secara komprehensif. Sistem ini menggunakan LCD 20x4 untuk pemantauan lokal dan menyinkronkan data ke cloud Website <i>Thinkspeak</i> via Wi-Fi ESP32 untuk pemantauan jarak jauh. Rancang bangun perangkat dirancang sepenuhnya portabel menggunakan tiga sel baterai lithium konfigurasi seri yang diturunkan oleh modul <i>stepdown</i> ke 5V demi mendukung mobilitas pengujian di lapangan.