

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Air

Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 416/MENKES/PER/IX/1990 tentang Syarat-Syarat dan Pengawasan Kualitas Air, air bersih didefinisikan sebagai air yang memiliki karakteristik tertentu sehingga aman untuk digunakan oleh manusia. Ciri-ciri air bersih antara lain adalah jernih secara visual, tidak memiliki warna yang mencolok, tidak berbau, rasanya tawar, serta tidak mengandung zat-zat berbahaya seperti mineral beracun maupun mikroorganisme patogen yang dapat membahayakan kesehatan tubuh manusia[2].

Air memegang peranan yang sangat vital dalam kehidupan manusia serta makhluk hidup lainnya di bumi. Tanpa air, kehidupan tidak akan bisa berlangsung karena hampir seluruh proses biologis di dalam tubuh manusia dan makhluk hidup lainnya memerlukan air. Selain menjadi komponen utama dalam tubuh manusia, air juga digunakan untuk berbagai keperluan sehari-hari, seperti memasak makanan, mencuci pakaian dan peralatan rumah tangga, mandi untuk menjaga kebersihan diri, serta membersihkan lingkungan dari kotoran dan limbah. Tidak hanya itu, air juga memiliki manfaat penting di luar kebutuhan rumah tangga. Dalam sektor industri, air digunakan dalam berbagai proses produksi, pendinginan mesin, hingga sebagai bahan baku produk tertentu. Di bidang transportasi, sungai dan laut digunakan sebagai jalur pengangkutan barang dan orang.

Air juga menjadi bagian penting dalam sektor rekreasi, seperti di kolam renang, taman air, dan wisata alam seperti danau dan air terjun. Selain itu, air sangat dibutuhkan dalam situasi darurat seperti untuk memadamkan kebakaran. Agar dapat digunakan secara aman dan efektif, air harus memenuhi standar kualitas tertentu. Kualitas air yang baik ditentukan oleh beberapa parameter, antara lain nilai pH (tingkat keasaman atau kebasaan air), suhu air, serta tingkat kekeruhan. Semua parameter tersebut harus berada dalam batas yang telah ditetapkan oleh standar kesehatan dan lingkungan agar air tidak menimbulkan risiko bagi kesehatan manusia maupun makhluk hidup lainnya. Dengan demikian, pengawasan terhadap

kualitas air menjadi sangat penting untuk menjamin keberlanjutan dan keamanan penggunaannya.

2.2. Kekeruhan Air

Air keruh merupakan salah satu indikator penting yang menunjukkan bahwa kualitas air sedang dalam kondisi yang tidak baik dan berpotensi membahayakan kesehatan. Air dikatakan keruh apabila terdapat banyak partikel padat tersuspensi yang tercampur di dalamnya, sehingga menyebabkan air kehilangan kejernihannya. Dalam kondisi ini, air biasanya tampak berwarna keabu-abuan, kecokelatan, atau bahkan berlumpur, tergantung pada jenis dan jumlah partikel yang terkandung di dalamnya. Kekeruhan air dapat disebabkan oleh berbagai macam unsur dan material yang terbawa ke dalam badan air, baik secara alami maupun akibat aktivitas manusia. Beberapa penyebab umum kekeruhan antara lain adalah zat organik seperti sisa tumbuhan yang membusuk, mikroorganisme, serta zat anorganik seperti pasir, tanah liat, lumpur halus, bahkan partikel logam berat. Aktivitas pertanian yang berlebihan, penebangan hutan, erosi tanah, serta pembuangan limbah domestik dan industri juga turut menyumbang meningkatnya tingkat kekeruhan di berbagai sumber air[3]. Dalam dunia sains dan pengelolaan air, tingkat kekeruhan diukur menggunakan satuan *Nephelometric Turbidity Unit* (NTU), yang mengindikasikan sejauh mana partikel di dalam air menyebarkan cahaya. Umumnya, air yang layak digunakan untuk keperluan sehari-hari, terutama air minum, memiliki tingkat kekeruhan antara 5 hingga 25 NTU. Namun, jika nilai kekeruhan melebihi batas yang telah ditetapkan oleh standar kualitas air, maka air tersebut tidak hanya dianggap tidak layak konsumsi, tetapi juga bisa membahayakan kesehatan apabila tetap digunakan tanpa proses penyaringan atau pengolahan. Salah satu bahaya utama dari air keruh adalah gangguan terhadap efektivitas proses desinfeksi. Partikel-partikel halus yang melayang di dalam air dapat melindungi mikroorganisme berbahaya, seperti bakteri, virus, atau parasit, dari zat-zat desinfektan seperti klorin. Dengan kata lain, walaupun air telah diberi desinfektan, mikroorganisme dapat tetap hidup karena terlindungi oleh endapan atau material yang mengambang di air. Hal ini tentu sangat berisiko, terutama jika

air digunakan untuk kebutuhan konsumsi atau keperluan medis. Selain dampak terhadap kesehatan manusia, air keruh juga dapat merugikan sektor lain, seperti industri makanan dan minuman, peternakan, pertanian, bahkan pariwisata. Misalnya, industri pengolahan makanan membutuhkan air dengan kejernihan tinggi untuk menjaga kualitas dan kebersihan produk mereka. Peternakan dan pertanian pun membutuhkan air yang bersih agar ternak dan tanaman tetap sehat dan produktif. Bahkan di tempat wisata seperti danau atau sungai, kejernihan air berperan besar dalam menarik minat wisatawan.

2.3. IoT

Internet Of Things, atau yang lebih dikenal dengan singkatan IoT, adalah sebuah konsep revolusioner dalam dunia teknologi yang memungkinkan berbagai perangkat fisik di sekitar kita untuk saling terhubung dan berkomunikasi melalui jaringan internet. Gagasan utama dari IoT adalah memperluas fungsi konektivitas internet, tidak hanya terbatas pada perangkat seperti komputer atau ponsel pintar, tetapi juga mencakup berbagai benda sehari-hari seperti mesin, kendaraan, peralatan rumah tangga, dan infrastruktur publik. Dalam konsep IoT, benda-benda fisik dilengkapi dengan sensor, aktuator, serta koneksi jaringan, sehingga mereka mampu mengumpulkan data dari lingkungan sekitarnya, mengirimkannya ke pusat pengolahan (seperti server atau *cloud*), dan bahkan mengambil keputusan secara otomatis berdasarkan data yang dikumpulkan. Hal ini memungkinkan benda-benda tersebut untuk beroperasi secara cerdas, efisien, dan mandiri, serta mampu berinteraksi dengan pengguna atau dengan benda lain tanpa perlu intervensi manusia secara langsung. Contoh nyata dari implementasi IoT dapat dengan mudah kita temukan dalam kehidupan sehari-hari. Misalnya, sistem CCTV yang tersebar di sepanjang jalan kota, yang seluruhnya terhubung ke pusat kontrol melalui internet. Kamera-kamera tersebut bisa dipantau dari jarak jauh, bahkan dari puluhan kilometer jauhnya. Contoh lain adalah smart home atau rumah cerdas, di mana pemilik rumah dapat mengendalikan lampu, AC, pintu, dan bahkan kamera keamanan melalui *smartphone*, berkat koneksi internet dan integrasi perangkat yang saling terhubung[4].

Perangkat IoT pada dasarnya memiliki tiga komponen utama:

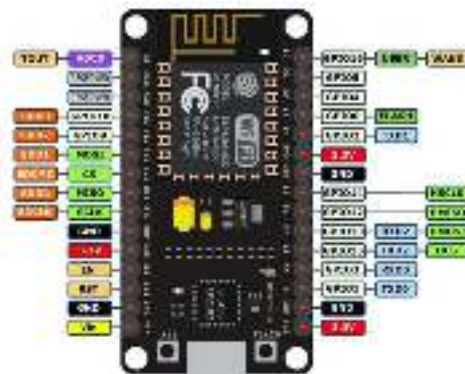
1. Sensor – berfungsi untuk mendeteksi dan mengumpulkan data dari lingkungan, seperti suhu, kelembapan, gerakan, atau keberadaan objek.
2. Koneksi internet – sebagai media komunikasi untuk mengirimkan data dari sensor ke pusat pengolahan.
3. Server atau cloud – sebagai tempat menyimpan, mengolah, dan menganalisis data yang masuk dari berbagai perangkat IoT.

Gagasan tentang *Internet Of Things* pertama kali diperkenalkan oleh Kevin Ashton pada tahun 1999 dalam sebuah presentasi yang membahas bagaimana teknologi dapat digunakan untuk meningkatkan efisiensi dalam dunia bisnis. Sejak saat itu, ide ini terus berkembang dan mulai diterapkan di berbagai bidang, seperti pertanian, industri manufaktur, transportasi, kesehatan, dan keamanan.

2.4. ESP8266

NodeMCU ESP8266 adalah sebuah platform *Internet Of Things* (IoT) yang bersifat **open-source**, artinya dapat digunakan, dimodifikasi, dan dikembangkan secara bebas oleh siapa saja. Platform ini berbasis pada **chip ESP8266**, yaitu sebuah **System on Chip (SoC)** yang dirancang khusus untuk mendukung koneksi jaringan Wi-Fi dan sangat populer di kalangan pengembang teknologi karena ukurannya yang kecil, konsumsi daya yang rendah, dan harganya yang terjangkau[5].

Tabel 2. 1 Spesifikasi NodeMCU ESP8266



Gambar 2. 1 Pin ESP8266

Mikrokontroler	ESP 8266
Tegangan Input	3.3~5V

GPIO	17 Pin
Flash Memory	16 MB
RAM	32KB + 80KB
Konsumsi Daya	10uA~170mA
Frekuensi	2.4 GHz
USB Port	Micro USB
Wifi	IEEE 802.11b/g/n
USB Chip	CH340G
Clock Speed	80/160 MHz

Seiring waktu, NodeMCU telah mengalami beberapa kali peningkatan. Hingga saat ini, NodeMCU sudah melalui **tiga versi pengembangan**, dan versi yang umum digunakan saat ini adalah **NodeMCU V3 (versi 1.0)**. Versi ini menawarkan sejumlah peningkatan dari versi sebelumnya, baik dari sisi kestabilan maupun efisiensi kerja. NodeMCU V3 dilengkapi dengan **17 pin GPIO (General Purpose Input Output)** yang dapat digunakan untuk dihubungkan dengan berbagai komponen elektronik seperti sensor, aktuator, LED, relay, dan lainnya. Hal ini memungkinkan pengguna untuk membuat berbagai proyek IoT yang kompleks dengan koneksi ke banyak perangkat eksternal. Ia mampu menjalankan berbagai script dan aplikasi mikrokontroler, baik menggunakan bahasa pemrograman **Lua, Arduino C/C++**, maupun **MicroPython**. Selain itu, NodeMCU sangat didukung oleh komunitas pengembang di seluruh dunia. Dokumentasi, pustaka kode, serta berbagai contoh proyek tersedia luas di internet, memudahkan pengguna dari tingkat pemula hingga mahir untuk mulai bereksperimen dan mengembangkan sistem berbasis IoT. Dengan semua keunggulan tersebut, NodeMCU ESP8266 V3 menjadi salah satu pilihan utama dalam membangun proyek-proyek IoT seperti **monitor suhu dan kelembapan, otomasi rumah, sistem alarm pintar, hingga perangkat wearable sederhana**. Perangkat ini menawarkan perpaduan yang sangat baik antara **kemampuan, fleksibilitas, dan biaya rendah**, menjadikannya solusi ideal untuk inovasi teknologi yang cerdas dan terhubung.

2.5. Sensor Turbidity

Sensor turbidity, atau sensor kekeruhan, adalah perangkat yang digunakan untuk mengukur tingkat kejernihan atau kekeruhan suatu cairan, terutama air. Prinsip kerja sensor ini didasarkan pada interaksi antara cahaya dan partikel-partikel yang terdapat dalam air.



Gambar 2. 2 *Sensor turbidity*

Komponen utama dari sensor ini adalah fotodiode TSL250 sebagai detektor cahaya, serta dioda laser sebagai sumber cahaya dengan panjang gelombang sekitar 650 nanometer (nm), yang berada dalam spektrum cahaya merah. *Sensor turbidity* bekerja dengan cara mengirimkan cahaya dari dioda laser ke dalam sampel air. Jika air jernih, maka cahaya akan melewati air dengan hambatan minimal dan sebagian besar akan diteruskan secara lurus. Namun, jika air mengandung partikel-partikel tersuspensi seperti lumpur, pasir, atau bahan organik, maka cahaya akan terhambur ke berbagai arah karena adanya hambatan dari partikel-partikel tersebut. Cahaya yang terhambur inilah yang kemudian ditangkap oleh fotodiode TSL250, yang memiliki sensitivitas tinggi terhadap perubahan intensitas cahaya. Semakin banyak partikel dalam air, semakin besar intensitas cahaya yang dihamburkan dan diterima oleh fotodiode. Fotodiode tersebut kemudian mengubah intensitas cahaya yang diterimanya menjadi sinyal tegangan listrik, yang akan diinterpretasikan oleh sistem elektronik sebagai nilai kekeruhan. Semakin tinggi tingkat kekeruhan air, maka semakin besar pula tegangan yang dihasilkan, karena semakin banyak cahaya yang dihamburkan oleh partikel[6]. Sebaliknya, jika air bersih dan jernih, maka sedikit cahaya yang dihamburkan, dan tegangan yang dihasilkan juga akan lebih

kecil. *Sensor turbidity* seperti ini banyak digunakan dalam berbagai aplikasi, seperti:

- a) Pemantauan kualitas air minum
- b) Sistem pengolahan limbah
- c) Akuarium otomatis
- d) Sistem deteksi air keruh di sungai atau danau
- e) Proyek IoT yang berkaitan dengan lingkungan

2.6. Arduino IDE

Arduino IDE (*Integrated Development Environment*) adalah sebuah perangkat lunak (*software*) yang dirancang khusus sebagai lingkungan pemrograman untuk mengembangkan dan mengunggah program ke berbagai papan pengembangan berbasis mikrokontroler, seperti Arduino Uno, Nano, Mega, serta papan lain seperti NodeMCU ESP8266 dan ESP32. Arduino IDE menjadi jembatan penting antara pengguna dan perangkat keras, karena memungkinkan kita menulis, mengedit, menyusun, dan mengunggah kode (sketch) langsung ke dalam board[7].



Gambar 2. 3 Software Arduino IDE

Software ini memiliki antarmuka yang sederhana dan ramah pengguna, sehingga cocok untuk pemula yang baru belajar mikrokontroler, namun juga cukup fleksibel untuk pengguna tingkat lanjut. Arduino IDE mendukung pemrograman menggunakan bahasa pemrograman C dan C++, yang dipermudah dengan adanya library (pustaka) bawaan dan tambahan, sehingga proses pembuatan program untuk pengendalian input/output menjadi lebih efisien dan tidak rumit. Meskipun Arduino

IDE dibangun menggunakan bahasa pemrograman Java, ia memanfaatkan library khusus bernama Wiring, yang secara signifikan menyederhanakan proses coding. Dengan Wiring, pengguna tidak perlu memahami seluruh kompleksitas dari pemrograman tingkat rendah untuk dapat mengontrol sensor, aktuator, atau komponen elektronik lainnya.

Beberapa fitur utama dari Arduino IDE meliputi:

- a) Editor kode : Tempat menulis dan mengedit sketch program.
- b) Serial monitor : Alat untuk melihat data yang dikirim dari board ke komputer melalui komunikasi serial.
- c) Verifikasi (*Verify*) : Untuk mengecek kesalahan dalam penulisan kode.
- d) Upload : Untuk mengunggah program dari komputer ke board Arduino.
- e) Koleksi library : Memungkinkan pengguna menambahkan pustaka khusus untuk mendukung komponen seperti sensor, motor, modul WiFi, dan lainnya.

Arduino IDE juga mendukung ekstensi board lain dengan menambahkan Board Manager URL pada pengaturannya. Dengan begitu, kita bisa memprogram berbagai jenis mikrokontroler dari satu platform yang sama.

2.7. pH Air

pH (*potential of hydrogen*) adalah ukuran konsentrasi ion hidrogen (H^+) dalam suatu larutan yang menunjukkan tingkat keasaman atau kebasaan air. Nilai pH sangat penting dalam menentukan kualitas air, karena air yang terlalu asam atau terlalu basa dapat membahayakan kesehatan manusia, mengganggu kehidupan akuatik, serta merusak sistem perpipaan dan peralatan logam[8]. Skala pH berkisar dari 0 hingga 14, dengan kategori sebagai berikut :

- a) $pH < 7$ → bersifat asam (contoh: air limbah, air tercemar).
- b) $pH = 7$ → bersifat netral (contoh: air murni).
- c) $pH > 7$ → bersifat basa atau alkalis (contoh: air yang mengandung senyawa alkali tinggi).

Menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017, air bersih yang layak dikonsumsi seharusnya memiliki pH antara 6,5 hingga 8,5. Air dengan pH di bawah batas tersebut dapat bersifat korosif dan menyebabkan

iritasi pada kulit atau organ dalam. Sementara air dengan pH di atas batas tersebut dapat menyebabkan endapan pada saluran air dan mengganggu proses biologis dalam tubuh manusia maupun ekosistem sungai.

2.8. Kertas Lakmus

Kertas lakmus adalah salah satu alat uji indikator asam-basa yang digunakan untuk mengidentifikasi sifat kimia larutan berdasarkan perubahan warna. Alat ini merupakan media sederhana yang umum digunakan untuk mengetahui apakah suatu cairan bersifat asam, netral, atau basa. Terdapat beberapa jenis kertas lakmus yaitu[9]:

1. Kertas Lakmus Merah

Digunakan untuk mendeteksi sifat basa. Jika kertas lakmus merah berubah menjadi biru saat dicelupkan ke dalam larutan, berarti larutan tersebut bersifat basa.



Gambar 2. 4 Kertas Lakmus Merah

2. Kertas Lakmus Biru

Digunakan untuk mendeteksi sifat asam. Jika kertas lakmus biru berubah menjadi merah, maka larutan yang diuji bersifat asam.



Gambar 2. 5 Kertas Lakmus Biru.

3. Kertas lakmus Universal

Digunakan untuk mendeteksi sifat asam. Jika kertas lakmus biru berubah menjadi merah, maka larutan yang diuji bersifat asam.



Gambar 2. 6 Kertas Lakmus Universal

Penggunaan kertas lakmus sangat praktis, tidak memerlukan alat bantu khusus, dan cocok untuk pengukuran cepat di lapangan. Meskipun tidak seakurat pH meter digital, kertas lakmus sangat berguna sebagai metode pengujian awal atau verifikasi sederhana, terutama dalam penelitian yang memerlukan data pH secara cepat dan berkala.

2.9. PHP

PHP (singkatan dari *Hypertext Preprocessor*) adalah sebuah bahasa pemrograman skrip yang berjalan di sisi server (*server-side scripting language*) dan pertama kali dikembangkan oleh **Rasmus Lerdorf** pada tahun 1994. PHP dirancang khusus untuk pengembangan aplikasi web dan telah menjadi salah satu teknologi inti dalam dunia web dinamis. Cara kerja PHP dimulai ketika **seorang pengguna (client)** mengakses sebuah halaman web melalui peramban (*browser*). Pengguna ini mengetikkan atau mengklik sebuah **URL (Uniform Resource Locator)** yang mengarah ke server tempat website berada. Browser kemudian mengirimkan permintaan ke **web server** untuk membuka halaman tersebut. Begitu permintaan diterima, web server akan memeriksa apakah halaman yang diminta berisi skrip PHP. Jika ya, maka dokumen tersebut **tidak langsung dikirim ke**

browser. Sebaliknya, server akan terlebih dahulu meneruskan skrip PHP tersebut ke **mesin pemroses PHP** yang terinstal di sisi server [10].

2.10. MYSQL

MySQL adalah salah satu sistem manajemen basis data (*database management system*) yang paling banyak digunakan, terutama dalam pengembangan aplikasi web. Popularitas MySQL ini didorong oleh beberapa alasan utama, antara lain karena **MySQL bersifat gratis (open source)**, sehingga siapa saja bisa menggunakannya tanpa biaya lisensi. Selain itu, MySQL memiliki sistem pengelolaan data yang relatif **sederhana dan mudah dipahami**, sehingga cocok untuk berbagai kalangan mulai dari pemula hingga profesional. Keunggulan lain dari MySQL adalah **tingkat keamanannya yang cukup baik**, yang membuat data yang tersimpan di dalamnya lebih terlindungi dari akses tidak sah. MySQL juga mudah diakses dan tersedia di hampir semua platform, sehingga menjadi pilihan yang sangat populer di kalangan pengembang web. Dalam dunia pemrograman, khususnya dengan **bahasa PHP**, MySQL sering digunakan sebagai **database server utama**. Hal ini karena MySQL mampu menyimpan berbagai jenis data dalam struktur database yang terorganisir, sehingga memudahkan pengelolaan informasi secara efisien[11].

2.11. System Development Life Cycle (SDLC)

System Development Life Cycle (SDLC) atau **Siklus Hidup Pengembangan Sistem** adalah pendekatan terstruktur dan sistematis yang digunakan untuk merancang, mengembangkan, menguji, dan memelihara sistem informasi atau sistem berbasis teknologi. SDLC bertujuan untuk memastikan bahwa sistem yang dibangun memenuhi kebutuhan pengguna secara menyeluruh, memiliki kualitas tinggi, dan dapat dipelihara dalam jangka panjang. SDLC digunakan secara luas dalam proyek pengembangan perangkat lunak dan sistem berbasis mikrokontroler, termasuk dalam pengembangan sistem **Internet Of Things (IoT)** yang melibatkan interaksi antara perangkat keras dan perangkat lunak[12].

2.12. Penelitian Terdahulu

Tabel 2. 2 Penelitian Terdahulu

No	Nama Peneliti	Judul Penelitian	Hasisl Penelitian
1.	Tiko Rikanto dan Arita Witanti[13]	Sistem Monitoring Kualitas Kekeruhan Air Berbasis <i>Internet Of Things</i>	Pada penelitian ini diantaranya adalah Arduino UNO yang digunakan sebagai alat kontrol elektronik dan sebagai penerima perintah dari aplikasi Arduino UNO untuk mengaktifkan relay didapatkan error sebesar 0%. Berdasarkan hasil perhitungan, dapat disimpulkan bahwa modul dapat berjalan dengan baik dengan tingkat akurasi mencakup 96,67%. Penelitian ini didasarkan pada pembaca intensitas cahaya oleh LDR.semakin tinggi nilai LDR maka air tersebut semakin keruh. Jika nilai LDR rendah maka air tersebut jernih[13].
2.	Fauzi Akbar, Tati Erlina dan Rizka Hadelina[14]	Perancangan Sistem Untuk Meningkatkan Kualitas Air Menggunakan <i>Sensor turbidity</i> dan Sensor PH Berbasis <i>Internet Of Things</i> (IoT).	Untuk hasil implementasi keseluruhan pada penelitian ini sistem diharap dapat mengukur nilai kekeruhan dan juga pH yang dimiliki air dan dapat memutuskan untuk mengalirkan cairan tawas, cairan pH up dan cairan pH down berdasarkan nilai

			<p>kekeruhan dan pH yang diukur oleh <i>Sensor turbidity</i> dan sensor pH sensor tersebut akan memberikan notifikasi berupa pesan “air telah bersih” beserta nilai kekeruhan dan pH ke telegram user. dari pengujian dan penelitian yang dilakukan ini <i>Sensor turbidity</i> dapat melakukan pembacaan nilai kekeruhan air yang akan dijernihkan tingkat keakuratannya didapat 6,65% dan sensor pH meter dapat melakukan pembacaan nilai pH yang dimiliki oleh air yang akan di netralkan dengan nilai pH tingkat keakuratannya didapat 4,7%[14].</p>
3.	<p>Imam Fachri, Hilal Fauzan, Novy Hapsari, Hafizh Aliyudin Amrullah dan Bagus Hanafi[15]</p>	<p>Sistem Pengendalian Dan Pemantauan Kualitas Air Berbasis IoT</p>	<p>Sensor pH, TDS, dan Fotodiode yang terhubung dengan mikrokontrollr Arduino masing-masing bisa membaca parameter pH, TDS dan kekeruhan air dengan proses waktu antara 17 sampai 20 detik, hasil pembaca sensor dikirim ke mikrokontroller NodeMCU untuk di unggah di platform ThingSpeak. Sensor bekerja secara spesifikasi yang</p>

			<p>diberikan menurut standar air bersih, yaitu dengan pH 6.5-8.5 mg/L, nilai TDS<1000 mg/L, dan kekeruhan <25 NTU, komunikasi antara Arduino UNO dan NodeMCU ini berfungsi baik dengan hasil pembaca sensor yang ditampilkan pada layar LCD yang ada di platform ThingSpeak dengan hasil pembacaan yang sama, dan untuk hasil pemantauan yang dibuat dapat melakukan proses pemantauan air secara online, sehingga untuk hasil dapat dilihat di platform ThingSpeak dalam bentuk grafik[15].</p>
--	--	--	--