

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Teori Penunjang

1. Bandar Udara

Bandar udara adalah kawasan di daratan dan/atau perairan dengan batas-batas tertentu yang digunakan sebagai tempat pesawat udara mendarat dan lepas landas, naik turun penumpang, bongkar muat barang, dan tempat perpindahan intra dan antarmoda transportasi, yang dilengkapi dengan fasilitas keselamatan dan keamanan penerbangan, serta fasilitas pokok dan fasilitas penunjang lainnya (Kementerian Perhubungan RI, 2021). Bandar udara menjadi pintu gerbang bagi penumpang domestik maupun internasional untuk mencapai berbagai tujuan perjalanan, seperti urusan pemerintahan, kegiatan bisnis, pendidikan, kunjungan keluarga, maupun wisata. Selain itu, bandar udara memiliki peranan yang sangat penting dalam sistem transportasi udara karena berfungsi sebagai titik penghubung yang mendukung perpindahan penumpang dan barang antar moda maupun dalam satu moda transportasi (Indah Permatasari et al., n.d.). Bandara memainkan peran penting dalam mendukung efisiensi dan kenyamanan transportasi udara. Kualitas kinerja layanan di bandara merupakan faktor krusial dalam meningkatkan kepuasan penumpang. Kepuasan penumpang merupakan faktor kritis dalam operasional bandara. Manajemen layanan bandara yang efektif dapat meningkatkan kepuasan penumpang. Penumpang kini tidak hanya mengharapkan perjalanan yang aman dan tepat waktu, tetapi juga kenyamanan yang pada akhirnya menentukan kepuasan mereka terhadap layanan yang diberikan (Faizal et al., 2025). Maka dari itu kualitas fasilitas yang ada di Bandar Udara Internasional SMB II Palembang sangat perlu diperhatikan. Seperti halnya kualitas dari air bersih yang ada pada bandara, jangan sampai saat sampai di penumpang ataupun pengunjung yang menggunakan terdapat keluhan dikarenakan kurangnya kualitas air bersih yang ada disana yang dapat mengurangi penilaian pada bandara tersebut. Sehingga dibutuhkan suatu inovasi yang optimal, efisien dan juga cukup teruji. Maka dari itu, kepuasan penumpang dan juga kemudahan bagi teknisi merupakan hal yang sangat penting.



Gambar II. 1 Bandar Udara Internasional Sultan Mahmud Badaruddin II Palembang
(Sumber: Dokumentasi Penulis, 2025)

2. *Water Treatment Plant (WTP)*

Bandar Udara Internasional Sultan Mahmud Badaruddin II Palembang merupakan salah satu fasilitas layanan transportasi udara bagi masyarakat yang akan berkunjung ke daerah Kota Palembang, Sumatera Selatan. Demi menjaga kenyamanan dan keamanan penumpang, bandara wajib memberikan layanan terbaik, termasuk penyediaan air bersih. Hal ini menuntut adanya sistem pengolahan air (*Water Treatment Plant*) yang andal untuk memastikan kebutuhan air bersih terpenuhi secara optimal dan terjamin keamanan dari air bersih tersebut.

Water Treatment Plant (WTP) merupakan suatu unit pengolahan yang berfungsi mengubah air baku menjadi air bersih melalui serangkaian proses fisik, kimia, dan biologi yang terintegrasi dalam suatu sistem yang kompak. Melalui proses tersebut, air yang dihasilkan diharapkan memenuhi standar atau baku mutu yang telah ditetapkan sehingga layak untuk digunakan sesuai peruntukannya (Mirelda Sari dan Rinawati, 2021). Dalam sistem *Water Treatment Plant* (WTP), pengolahan air dilakukan melalui beberapa tahapan yang meliputi proses *intake*, koagulasi, flokulasi, sedimentasi, filtrasi, desinfeksi, serta tahap akhir berupa penampungan air hasil pengolahan pada bak reservoir (Priyatna dan Andang, 2021). Sistem air bersih sendiri merupakan hal yang sangat penting demi menjaga kualitas air agar tetap dalam kondisi yang aman dan layak untuk digunakan bagi para pengguna fasilitas air baik di area bandara maupun di area

perkantoran, serta memberikan kepuasan bagi para pengguna mulai dari tersedianya air bersih yang digunakan, tersedianya air setiap saat.

3. Bak *Reservoir*

Bak *Reservoir* merupakan bak atau kolam penampungan air yang sebelumnya telah dilakukan dengan serangkaian proses pengolahan untuk menghasilkan air yang bersih. Air baku yang digunakan berasal dari WTP *Pond 1*, yang kemudian diproses melalui beberapa tahapan pengolahan air sebelum siap untuk didistribusikan. *Water Treatment Plant* Bandara Sultan Mahmud Badaruddin II memiliki 2 *reservoir* air bersih yaitu WPT *cargo* sebanyak 100 m³ dan WTP *Pond 1* sebanyak 500 m³. Air bersih akan di proses melalui system WTP, yaitu pompa *intake* akan menghisap air dari POND 1 yang akan didorong ke *clarifier tank* untuk dilakukan pencampuran obat. Setelah pencampuran selesai air akan melalui tahan *Filtering* untuk membersihkan air dari endapan lumpur-lumpur yang tersisa, setelah melalui semua proses ini air akan ditampung pada bak *Reservoir*. Air yang telah melawati sistem WTP siap dikirimkan ke *reservoir* WPT *cargo*.



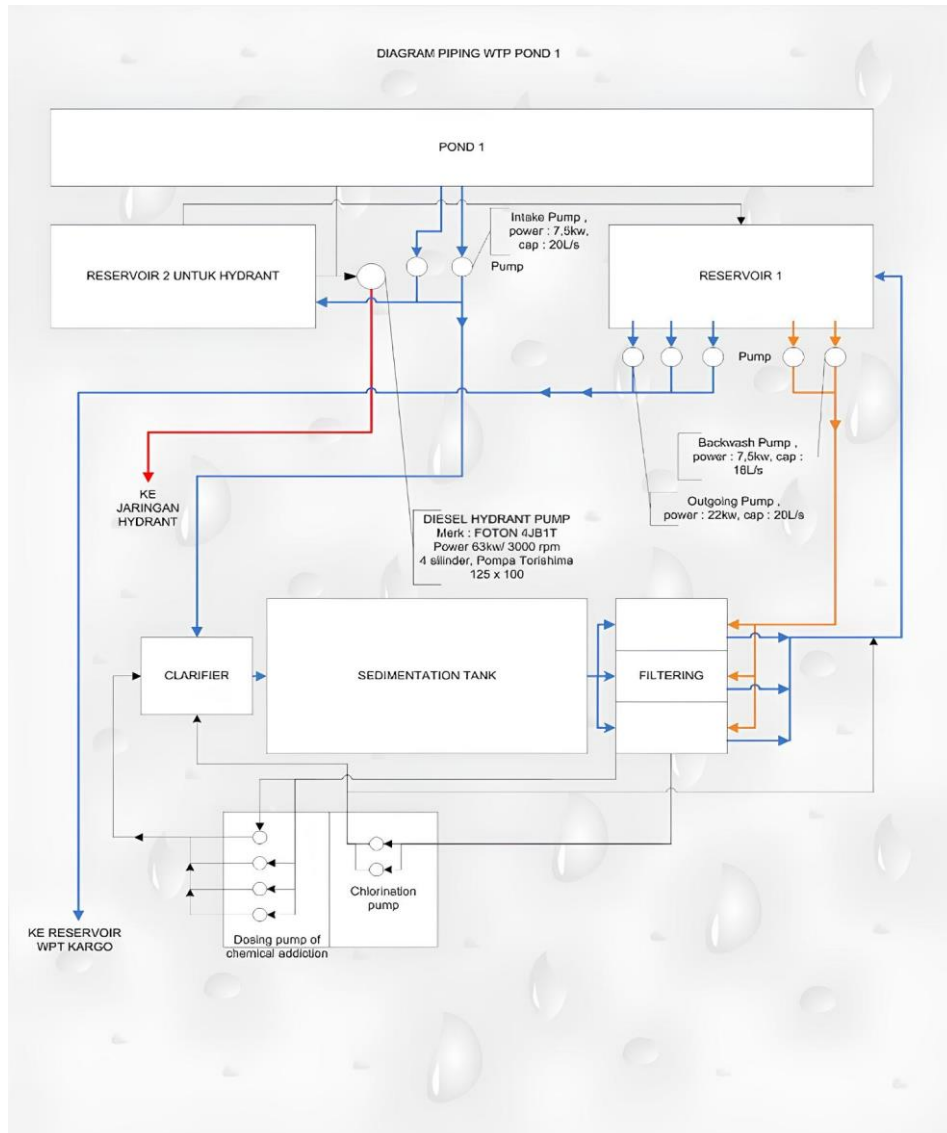
Gambar II. 2 Bak *Reservoir* Air Bersih SMB II Palembang
(Sumber: Dokumentasi Penulis, 2025)



Gambar II. 3 Denah Area Unit *Plumbing*
(Sumber: Dokumentasi Penulis, 2025)

Di atas merupakan area WTP unit *Plumbing* yang berada di area ujung perkantoran di Bandar Udara Internasional Sultan Mahmud Badaruddin II Palembang. Adapun urutan area yang ada di WTP unit *Plumbing*, sebagai berikut:

1. Air Waduk (*Pond 1*)
2. Ruang Bahan Kimia (Aluminium Sulfat dan Soda Ash)
3. Bak Sedimen
4. Bak Filtrasi
5. Bak Hidran
6. Bak *Reservoir*
7. Kantor Unit *Plumbing*



Gambar II. 4 Diagram *Piping WTP Pond 1*
(Sumber: Dokumentasi Penulis, 2025)

Deskripsi urutan bagaimana dari air waduk bisa menjadi air bersih, antara lain :

1. Proses pengolahan dimulai dengan pengisapan air baku dari Waduk *Pond 1* menggunakan pompa *intake*.
2. Kemudian air dialirkan menuju bak koagulasi. Pada bak koagulasi, air dicampurkan dengan bahan kimia soda ash dan aluminium sulfat (tawas) yang berfungsi untuk menetralkan pH serta menggumpalkan partikel-partikel kotoran halus di dalam air.
3. Lalu dialirkan ke bak sedimentasi, yaitu tempat terjadinya proses pengendapan partikel hasil koagulasi dan flokulasi. Partikel-partikel yang

memiliki massa lebih berat akan mengendap ke dasar bak, sehingga air menjadi lebih jernih.

4. Setelah melalui proses sedimentasi, air dialirkan ke bak filtrasi yang menggunakan media pasir kuarsa sebagai penyaring. Proses filtrasi ini bertujuan untuk menyaring sisa-sisa partikel halus yang masih terbawa dalam air.
5. Air yang telah melewati proses filtrasi kemudian dialirkan ke bak *reservoir*. Pada saat air mengalir dari bak filtrasi menuju bak *reservoir*, dilakukan proses desinfeksi menggunakan *chlorine* (klorin) untuk membunuh mikroorganisme patogen yang masih tersisa. Air yang tersimpan di bak *reservoir* selanjutnya siap untuk didistribusikan sebagai air bersih.

4. Pompa Dosing

Pompa Dosing (*Metering Pump*) adalah jenis pompa yang dirancang untuk mengatur dan menyalurkan sejumlah cairan tertentu secara presisi ke dalam fluida atau zat pelarut lainnya sesuai dengan dosis yang telah ditentukan sebelumnya. Mekanisme kerja pompa tersebut bergantung pada terciptanya perbedaan tekanan antara saluran masuk (*suction*) dan saluran keluar (*discharge*), sehingga cairan dapat dipindahkan sekaligus diinjeksikan dengan tingkat akurasi yang baik (Panigas et al., 2023).

Secara mekanis, prinsip kerja dari pompa dosing ini berlangsung melalui tiga tahapan utama yang saling berkesinambungan, yaitu proses penyedotan (*suction*), pengukuran (*metering*), dan pengaliran (*discharge*). Proses ini diawali dengan tahap penyedotan, di mana pompa menarik cairan kimia dari tangki penampung zat aditif melalui katup searah (*one-way valve*) akibat adanya tekanan negatif yang dihasilkan oleh pergerakan komponen internal pompa. Setelah cairan masuk, sistem akan melakukan tahap pengukuran melalui mekanisme internal pompa baik berupa pergerakan diafragma, piston (Sonjaya et al., 2025) maupun putaran roda peristaltic yang berfungsi membatasi volume cairan secara konsisten sesuai dengan pengaturan panjang langkah (*stroke*) atau kecepatan putar motor yang telah ditentukan. Siklus kerja ini diakhiri dengan tahap pengaliran, di mana komponen pemompa mendorong dan menginjeksikan

cairan kimia tersebut dengan tekanan yang cukup tinggi agar mampu menembus tekanan balik (*back-pressure*) yang terdapat pada sistem pipa utama atau bak *reservoir* air bersih.



Gambar II. 5 Pompa Dosing Roy Milton
(Sumber : <https://sc04.alicdn.com/>)

Berikut merupakan komponen bagian – bagian dari pompa dosing:

a. Motor Listrik

Sebagai sumber penggerak utama. Motor ini mengubah energi listrik menjadi energi mekanis berupa putaran yang nantinya akan diteruskan ke roda gigi internal untuk menggerakkan diafragma.

b. Kepala Pompa (*Liquid End/Pump Head*)

Sebagai tempat terjadinya proses pemompaan zat kimia. Di dalam komponen ini terdapat membrane diafragma yang bergerak maju – mundur untuk menyedot dan mendorong cairan.

c. Katup Tekan (*Discharge*)

Katup searah (check valve) yang akan terbuka saat diafragma bergerak mendorong cairan, sehingga bahan kimia dapat mengalir keluar menuju titik injeksi (bak reservoir) dan mencegah cairan kembali masuk ke dalam pompa.

d. Katup Hisap (*Suction*)

Katup searah yang akan terbuka saat diafragma bergerak mundur, sehingga cairan kimia dari tangki penampung tersedot masuk ke dalam

kepala pompa. Katup ini mencegah cairan mengalir balik ke tangka saat proses penekanan.

e. Kenop Pengatur Panjang Langkah (*Stroke Adjustment Knob*)

Komponen mekanis untuk mengatur kapasitas / debit aliran secara manual. Dengan memutar kontrol, sudah bisa mengubah Panjang langkah maju mundur diafragma, sehingga volume cairan kimia yang diinjeksikan per langkah bisa diatas secara presisi.

f. Rumah Penggerak (*Drive Housing*)

Melindungi komponen mekanis internal seperti roda gigi, poros eksentrik dan bantalan (*bearing*). Bagian dalam *housing* ini juga berfungsi sebagai bak penampung oli pelumas agar mekanisme penggerak tidak cepat aus.

g. Tutup Pengisian Oli / Katup Udara (*Oil Fill/Breather Cap*)

Lubang untuk memasukkan oli pelumas ke dalam drive housing sekaligus sebagai ventilasi untuk melepaskan tekanan udara akibat kenaikan suhu di dalam casing saat pompa beroperasi.

Pada sistem *Water Treatment Plant* (WTP) di Bandar Udara Internasional Sultan Mahmud Badaruddin II Palembang untuk pengontrolan injeksi bahan kimia menggunakan pompa dosing merk Roy Milton “Series G” dengan besaran power 250 W, kapasitas 2,25 LPH, tekanan 12 bar (175 Psi).

5. Air Bersih

Air bersih merupakan air yang sudah layak dan mempunyai kriteria yang sudah terlampir pada Permenkes RI Nomor 2 tahun 2023 tentang Kesehatan Lingkungan yang menyebutkan bahwa standar baku mutu Kesehatan untuk pH air dalam keperluan air minum dan *higiene* sanitasi ditetapkan kisaran 6,5 – 8,5. Definisi air bersih merupakan salah satu kebutuhan dasar manusia yang harus tersedia secara berkesinambungan. Secara umum, air bersih merupakan air yang memiliki kualitas yang memenuhi persyaratan untuk dimanfaatkan sebagai sumber air dalam berbagai kebutuhan sehari-hari, seperti untuk keperluan minum, mandi, dan mencuci. Secara lebih spesifik, Kementerian Kesehatan mendefinisikan air bersih sebagai air yang dimanfaatkan untuk keperluan sehari-hari dan telah memenuhi persyaratan tertentu, meliputi aspek fisik, kimia,

biologi, serta radiologis, sehingga penggunaannya atau konsumsinya tidak menimbulkan dampak yang merugikan bagi kesehatan.(Risa Destania et al., 2024).

6. Sistem Kontrol

Sistem kontrol merupakan suatu sistem yang dirancang untuk mengatur dan mengendalikan suatu proses, sehingga kondisi operasinya dapat dipertahankan sesuai dengan nilai yang diinginkan atau telah ditentukan. Dalam penerapannya, sistem kontrol banyak digunakan pada berbagai bidang teknik, termasuk pada sistem monitoring dan pengolahan air, guna memastikan parameter yang dikendalikan tetap berada dalam batas standar yang telah ditentukan. Sistem kontrol berbasis IoT mampu memonitor kondisi air secara *real-time* dan melakukan tindakan kontrol secara otomatis melalui jaringan internet (Adriansyah dan Ningrum, 2026).

7. Sistem Monitoring

Monitoring merupakan suatu kegiatan yang dilakukan secara rutin melalui proses pengumpulan data atau pemantauan terhadap suatu program maupun objek dengan tujuan untuk mengidentifikasi serta memperbaiki kesalahan yang terjadi. Kegiatan ini berfokus pada pelaksanaan proses dan hasil yang dicapai. Selain itu, monitoring juga berfungsi untuk memberikan informasi atau laporan secara berkala mengenai kondisi terkini serta perkembangan dari perubahan yang telah dilakukan (Hutagaol et al., 2022). Sistem monitoring adalah salah satu subsistem yang bertugas untuk menggambarkan kondisi suatu sistem secara terus-menerus (Ramadani et al., 2025). Monitoring juga dimaksudkan untuk memastikan suatu kondisi atau proses suatu sistem berjalan sesuai dengan kriteria yang telah kita tentukan, serta dapat melihat apabila ada kekurangan secara dini yang dapat menimbulkan kerugian dari suatu sistem atau kegiatan yang sedang kita pantau.

Dalam konteks monitor kualitas air pada Bandar Udara Internasional Sultan Mahmud Badaruddin II Palembang, sistem monitoring ini berfungsi untuk memantau parameter derajat keasaman (pH) dan *Total Dissolved Solids* (TDS) air yang ada di bak *reservoir*. Kontrol dan pemantauan pH dan TDS air secara

real-time berpengaruh terhadap kualitas air, keamanan bagi para pengguna air yang ada di bandara. Dengan menggunakan sistem monitoring ini para teknisi dengan cepat dapat mengetahui nilai pH dan TDS yang terkandung pada air bersih sebelum didistribusikan menuju pompa WPT *cargo* dan teknisi dapat melakukan pengendalian terhadap pompa *dosing* kimia berdasarkan hasil pemantauan nilai pH dan TDS air, sehingga proses dosing dilakukan ketika parameter kualitas air telah berada pada rentang standar yang ditetapkan. Dan juga penerapan sistem monitoring kualitas air bersih ini dapat mengurangi teknisi ketergantungan pada pengujian manual serta menyediakan data historis yang dapat digunakan untuk menganalisis dan pengambilan tindakan dari data tersebut.

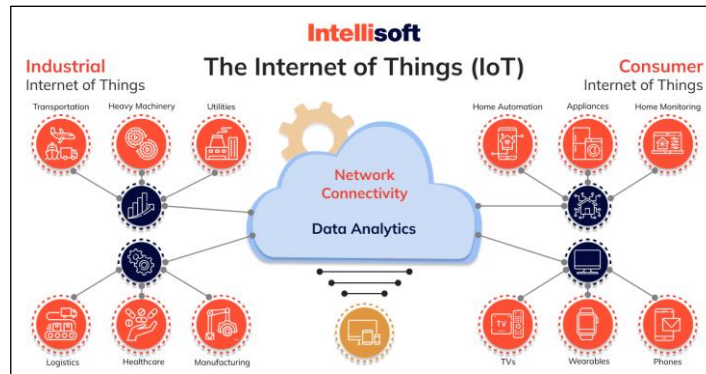


Gambar II. 6 Sistem Monitoring
(Sumber: stressperson.blogspot.com)

8. *Internet of Things* (IoT)

Internet of Things (IoT) dapat diartikan sebagai suatu konsep yang mendukung komunikasi dan pertukaran informasi melalui jaringan internet secara otomatis, tanpa bergantung pada interaksi langsung antara manusia maupun antara manusia dengan sistem komputer. Dengan skema ini, berbagai perangkat dapat saling terhubung dan berkomunikasi untuk menjalankan fungsi tertentu secara mandiri (Ulum, 2023). *Internet of Things* (IoT) juga merupakan merupakan suatu sistem yang tersusun atas integrasi antara perangkat keras (*hardware*), perangkat lunak (*software*), dan jaringan berbasis web. Konektivitas perangkat IoT dengan internet dapat dilakukan melalui berbagai media komunikasi, seperti *Wi-Fi*, *Ethernet*, maupun teknologi lainnya. Apabila suatu perangkat tidak memiliki akses internet secara langsung, perangkat tersebut dapat

dikelompokkan ke dalam beberapa kluster yang kemudian dihubungkan melalui sebuah unit koordinator. Penerapan IoT mampu meningkatkan kenyamanan serta efisiensi dalam berbagai aktivitas, karena arsitektur yang memanfaatkan jaringan internet memungkinkan terjadinya pertukaran data dan komunikasi antar perangkat pintar (*smart device*) secara efektif.



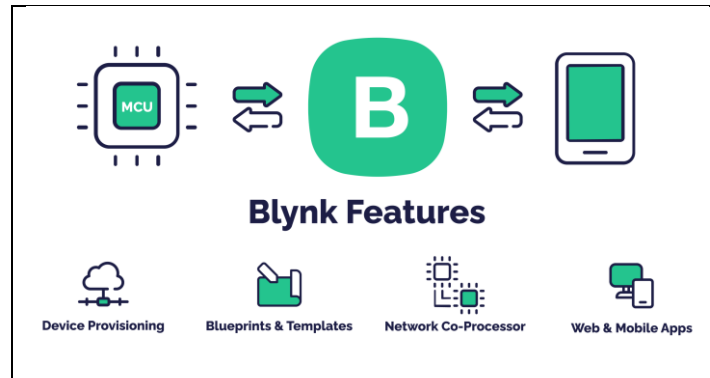
Gambar II. 7 Internet of Things (IoT)
(Sumber: <https://intellisoft.io/>)

Sehingga data kualitas air dapat di pantau secara *real-time*. Dengan bantuan IoT juga, para pengguna dapat mengontrol pemasokan air dan zat kimia yang melalui pompa dan dibantu dengan memantau nilai pH dan nilai TDS menggunakan sensor yang terkandung pada kolam air bersih tanpa harus menggunakan pengukuran alat parameter pH manual hanya dengan melalui perangkat elektronik seperti telepon atau komputer. Selain itu IoT bertujuan untuk mengotomatisasi proses yang sebelumnya dilakukan secara manual, mempermudah pemeriksaan kualitas air dan menghemat waktu serta biaya operasional.

9. Blynk

Aplikasi Blynk merupakan platform berbasis *Internet of Things* (IoT) yang berfungsi sebagai antarmuka pengguna (*user interface*) untuk melakukan pemantauan (*monitoring*) dan pengendalian perangkat elektronik dari jarak jauh melalui smartphone maupun perangkat lunak lainnya. Platform ini mendukung pengoperasian berbagai perangkat, seperti Arduino, Raspberry Pi, dan perangkat sejenis, dengan memanfaatkan koneksi internet sebagai media komunikasi antara pengguna dan perangkat yang dikendalikan. Platform ini memungkinkan pengguna untuk melakukan berbagai fungsi, antara lain mengontrol perangkat

keras, menampilkan hasil pembacaan sensor, menyimpan data, serta menyajikan data dalam bentuk visualisasi dan kebutuhan lainnya. Dalam implementasinya, Blynk tersusun atas tiga komponen utama yang saling terintegrasi, yaitu aplikasi (*application*), server, dan *libraries* yang berfungsi sebagai penghubung antara perangkat dan sistem (Wibowo Mufti dan Nandika, 2022).



Gambar II. 8 Skema Blynk
(Sumber: blynk.io)

Aplikasi Blynk berperan yang menampilkan informasi kontrol *dosing pump* dan nilai pH air dan TDS dalam bentuk numerik maupun indikator visual. Selain itu, aplikasi ini juga mendukung fitur notifikasi yang dapat memberikan peringatan kepada pengguna apabila nilai pH air berada di luar batas normal yang telah ditentukan. Mikrokontroler ESP32 dipilih karena memiliki kemampuan komunikasi nirkabel terintegrasi melalui jaringan WiFi, sehingga mampu mengirimkan data hasil pengukuran pH ke aplikasi Blynk secara real-time (Kahfi et al., 2026). Melalui penerapan sistem ini, pengawasan terhadap kualitas air bersih dapat dilaksanakan secara berkelanjutan dan terpadu, sehingga mendukung terciptanya sistem pengelolaan kualitas air yang lebih efisien dan berbasis teknologi modern.

10. ESP – IDF

Espressif IoT Development Framework (ESP-IDF) merupakan suatu *framework* pengembangan resmi (official development framework) yang dirilis oleh Espressif System untuk mikrokontroler berbasis System on Chip (SoC) seperti seri ESP32, ESP32-S, ESP32-C dan ESP32-H. ESP-IDF menyediakan komponen perangkat lunak yang komprehensif untuk mengembangkan aplikasi Internet of Things (IoT) menggunakan Bahasa pemograman C dan C++.

ESP-IDF dirancang untuk memberikan akses penuh terhadap seluruh fitur yang dimiliki oleh mikrokontroler ESP32, termasuk antarmuka komunikasi, jaringan Wi-Fi, Bluetooth, pengolahan data sensor, pengendalian aktuator, serta manajemen memori dan tugas secara bersamaan (multitasking). Teks editor ini menggunakan bahasa pemrograman C sebagai bahasa utama dalam pengembangan aplikasinya. Salah satu komponen utama yang terdapat pada ESP-IDF adalah sistem operasi *real time* FreeRTOS yang memungkinkan mikrokontroler menjalankan beberapa tugas secara paralel. Dengan adanya FreeRTOS, proses pembacaan sensor, pengiriman data ke aplikasi monitoring, pengendalian *relay*, dan pembaruan tampilan LCD dapat dijalankan secara bersamaan tanpa saling mengganggu. Pada penelitian ini, ESP-IDF digunakan sebagai framework pengembangan perangkat lunak untuk mengendalikan seluruh fungsi sistem monitoring dan kontrol kualitas air. Framework ini berperan dalam mengelola komunikasi antara sensor pH, sensor TDS, *relay* pompa *dosing*, LCD, serta sistem monitoring berbasis *Internet of Things* (IoT).

Bahasa pemrograman C adalah bahasa pemrograman berbasis prosedural yang pertama kali dikembangkan oleh Dennis Ritchie pada tahun 1972 di Bell Labs. Bahasa ini dibuat untuk mendukung pembuatan sistem operasi serta berbagai aplikasi yang membutuhkan performa tinggi dan pemanfaatan sumber daya yang optimal. Sampai saat ini, bahasa C masih banyak diterapkan dalam pengembangan sistem tertanam (*embedded system*), mikrokontroler, serta berbagai aplikasi berbasis *Internet of Things* (IoT), sehingga menjadi salah satu bahasa pemrograman yang tetap populer di bidang tersebut.

Dalam penelitian ini, bahasa pemrograman C digunakan untuk mengembangkan perangkat lunak pada mikrokontroler ESP32. Bahasa C berperan dalam mengatur proses pembacaan data sensor pH dan TDS, pengendalian relay pompa *dosing*, pengolahan data hasil pengukuran, pengiriman data ke aplikasi monitoring, serta pengelolaan tampilan informasi pada LCD. Penggunaan bahasa C dipilih karena memiliki performa yang baik, penggunaan memori yang efisien, serta kompatibilitas yang tinggi dengan *framework* ESP-IDF yang digunakan dalam penelitian.

Penerapan bahasa pemrograman C pada sistem monitoring dan kontrol kualitas air memungkinkan proses pengolahan data dilakukan secara cepat dan stabil sehingga mampu mendukung kinerja sistem secara keseluruhan dalam melakukan pengukuran serta pengendalian kualitas air secara otomatis.



Gambar II. 9 ESP – IDF
(Sumber: <https://roboticworx.io/>)

11. Derajat Keasaman (pH)

Derajat Keasaman (pH) merupakan parameter fundamental yang memengaruhi karakteristik kimia air dan perubahan tingkat pH memberikan pengaruh signifikan terhadap kualitas air secara keseluruhan (Kumar Dewangan et al., t.t.). Derajat keasaman juga merupakan salah satu parameter untuk menentukan asam dan basa suatu larutan. Nilai pH air juga menjadi salah satu parameter penting dalam penentuan kualitas air yang dapat dipengaruhi oleh sumber asam lainnya, serta berhubungan dengan konsentrasi zat yang terlarut dalam air. Derajat keasaman (pH) merupakan ukuran yang menyatakan konsentrasi ion hidrogen (H^+) dalam suatu larutan, sehingga dapat digunakan untuk mengetahui tingkat keasaman maupun kebasaan yang dimiliki larutan tersebut. Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023 tentang Kesehatan Lingkungan, nilai pH yang memenuhi standar baku mutu kesehatan untuk keperluan air minum dan higiene sanitasi berada pada rentang 6,5–8,5. Rentang nilai tersebut dinilai aman bagi kesehatan serta mendukung kualitas air yang baik untuk keperluan konsumsi maupun penggunaan sehari-hari. (Kementerian Kesehatan RI, 2023).

Tabel II. 1 Parameter Air untuk Keperluan Higiene dan Sanitasi

Jenis Parameter	Kadar Maksimum yang diperbolehkan	Satuan	Metode Pengujian
MIKROBIOLOGI			
E. coli	0	CFU/100 mL	SNI/APHA
Total Coliform	0	CFU/100 mL	SNI/APHA
FISIKA			
Suhu	± 3	°C	SNI/APHA
Total Dissolve Solid	< 300	mg/L	SNI/APHA
Kekeruhan	< 3	NTU	SNI atau yang setara
Warna	10	TCU	SNI/APHA
Bau	Tidak berbau	-	APHA
KIMIA			
pH	6,5 – 8,5	-	SNI/APHA
Nitrat (sebagai NO ₃ terlarut)	20	mg/L	SNI/APHA
Nitrit (sebagai NO ₂ terlarut)	3	mg/L	SNI/APHA
Kromium valensi 6 (Cr ⁶⁺) terlarut	0,01	mg/L	SNI/APHA
Besi (Fe) terlarut	0,2	mg/L	SNI/APHA
Mangan (Mn) terlarut	0,1	mg/L	SNI/APHA

(Sumber: Permenkes RI No 2 Tahun 2023)

Menurut panduan pH air minum dari EPA dan WHO, air dalam rentang pH 6,5–8,5 dianggap baik dan ditoleransi oleh tubuh serta mengurangi risiko masalah rasa, korosi pipa, dan masalah disinfeksi yang dapat memengaruhi kualitas air secara tidak langsung.

Air merupakan sumber daya yang sangat penting bagi setiap makhluk hidup di bumi untuk bertahan hidup (Razman et al., 2022). Keberadaan air yang memadai dan berkualitas berperan besar dalam menjaga keseimbangan ekosistem serta menunjang berbagai aktivitas biologis dan lingkungan. Selain itu juga, air yang memiliki kualitas yang baik sangat berpengaruh terhadap penilaian dan kebersihan bagi para penggunanya, karena air digunakan dalam berbagai kebutuhan sehari – hari seperti konsumsi dan kebersihan lingkungan apalagi menunjang kebersihan dan kualitas air yang dimiliki oleh Bandar Udara Internasional Sultan Mahmud Badaruddin II Palembang. Oleh karena itu,

kualitas air perlu kita perhatikan dengan baik, salah satunya melalui pengukuran tingkat keasaman atau derajat pH air, karena dengan nilai pH yang baik dan sesuai dengan standar dapat mencerminkan kondisi air yang aman, sehat dan layak digunakan. Berdasarkan Permenhub Nomor 41 Tahun 2023 tentang Pelayanan Jasa Kebandarudaraan di Bandar Udara wajib menyediakan fasilitas yang menunjang kenyamanan penumpang. Dan salah satu fasilitas yang tercantum yaitu fasilitas air dan bandara harus menyediakan air bersih yang layak bagi penumpang sebagai dari pelayanan bandara.

12. *Total Dissolved Solid (TDS)*

Total Dissolved Solids (TDS) merupakan parameter yang digunakan untuk menunjukkan total kandungan zat padat terlarut yang terdapat di dalam air. Secara umum, setiap sumber air mengandung berbagai jenis partikel terlarut, baik berupa unsur padat seperti besi, aluminium, tembaga, mangan, dan mineral lainnya, maupun partikel nonpadat seperti mikroorganisme yang terdapat secara alami di dalam air. Batas kadar TDS yang diperbolehkan untuk air bersih telah diatur dalam Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/Menkes/Per/IV/2010, yang menetapkan nilai maksimum sebesar 500 mg/L. Penetapan batas tersebut dimaksudkan untuk menjamin bahwa air yang digunakan maupun dikonsumsi oleh masyarakat memiliki kualitas yang sesuai dengan standar kesehatan serta aman bagi penggunaannya.

13. NodeMCU ESP 32

ESP32 merupakan mikrokontroler yang dikembangkan oleh perusahaan Espressif Systems yang berpusat di Shanghai, Tiongkok. Salah satu keunggulan utama yang dimiliki modul ini adalah telah terintegrasinya fitur WiFi dan Bluetooth, sehingga memudahkan pengembangan berbagai sistem berbasis *Internet of Things (IoT)* yang membutuhkan komunikasi nirkabel. Selain digunakan dalam penerapan IoT, ESP32 juga banyak dimanfaatkan pada berbagai aplikasi lainnya, seperti sistem kendali, pemantauan (*monitoring*), serta berbagai kebutuhan elektronika dan otomasi lainnya. Salah satu kelebihan yang dimiliki ESP32 adalah biaya implementasinya yang relatif rendah serta konsumsi daya yang efisien. Selain itu, mikrokontroler ini telah dilengkapi dengan modul Wi yang terintegrasi langsung pada chip dan mendukung

komunikasi *Bluetooth* mode ganda serta fitur hemat daya, sehingga menjadikannya lebih fleksibel untuk digunakan pada berbagai aplikasi. Selain itu, modul ESP32 hadir dalam bentuk papan *prototype* yang berukuran ringkas dan mudah diprogram menggunakan beberapa *platform* pengembangan, seperti Arduino IDE maupun Python, sehingga memudahkan proses perancangan dan implementasi sistem (Arrahma dan Mukhaiyar, 2023). Mikrokontroler ESP32 tersedia dalam dua pilihan konfigurasi, yaitu versi dengan 36 GPIO dan versi dengan 30 GPIO. Secara umum, kedua varian ESP32 memiliki fungsi yang hampir sama. Namun, varian 30 GPIO lebih banyak digunakan karena menyediakan tambahan dua pin GND. Popularitas ESP32 menjadikannya sebagai salah satu mikrokontroler yang banyak diterapkan dalam pengembangan sistem kendali maupun aplikasi berbasis *Internet of Things* (IoT). Popularitasnya didukung oleh berbagai fitur unggulan serta kemampuan komunikasi nirkabel yang dimilikinya. Selain itu, keberadaan modul WiFi yang telah terintegrasi langsung pada chip menjadikan ESP32 sangat sesuai untuk digunakan dalam perancangan dan implementasi berbagai sistem berbasis IoT (Wibowo et al., 2025). Mikrokontroler ESP32 berfungsi sebagai pusat pengendali (*control unit*) pada sistem kontrol pompa dan monitoring pH dan TDS air berbasis IoT yang dirancang. ESP32 disini bertugas mengolah data dari sensor pH, TDS menentukan kondisi pH dan TDS air berdasarkan nilai ambang batas, menampilkan data pada LCD serta mengontrol pompa, mengendalikan LED indikator, serta mengirimkan data hasil pengukuran ke aplikasi Blynk secara *real-time* melalui koneksi internet.

Tabel II. 2 Spesifikasi Node MCU ESP32

Kategori	PIN	Fungsi Utama	Keterangan
Power	VIN, 3.3V, GND	Suplai daya dan ground	VIN untuk input 5V eksternal, 3.3V sebagai output regulasi, GND sebagai ground sistem
Enable (EN)	EN	Reset sistem saat diberikan LOW	Digunakan untuk mereset atau mengaktifkan ESP32

14. Mini Pompa *Dosing*

Pompa dosing atau *metering pump* merupakan jenis pompa yang dirancang untuk mengatur dan menyalurkan sejumlah cairan tertentu ke dalam zat pelarut lainnya secara presisi sesuai dengan dosis yang telah ditentukan sebelumnya. Sistem penggerak pada pompa ini menggunakan solenoid yang dapat dikendalikan melalui sinyal dari sensor ketinggian air (*water level*) maupun sinyal analog. Pada skala laboratorium yang diterapkan di industri tempat penelitian dilakukan, pengoperasian pompa dosing masih dilakukan secara manual. Pengaturan tersebut dilaksanakan langsung di lapangan oleh operator dengan mempertimbangkan kadar sisa klorin yang terkandung dalam fluida. Proses pengoperasian manual dilakukan dengan memutar pengendali yang terdapat pada badan pompa untuk mengatur besarnya hisapan dan tekanan dorong, sehingga larutan disinfektan yang tersimpan di dalam tandon dapat diinjeksikan ke aliran fluida yang mengalir di dalam pipa secara sesuai dengan kebutuhan (Panigas et al., 2023). Seperti halnya pada pompa *dosing* untuk mengeluarkan bahan kimia untuk dicampurkan pada air dari proses pengolahan air pada saat di bak koagulasi di area WTP Bandar Udara Internasional Sultan Mahmud Badaruddin II Palembang.

Tabel II. 3 Spesifikasi Pompa *Dosing*

Spesifikasi	Nilai
Berat	90 gr
Input Voltage	12 V DC
Speed range	0 – 100 rpm
Flow rate	5 – 40 ml/menit



Gambar II. 11 Mini Pompa *Dosing*
(Sumber: rees52.com)

15. Sensor pH

Sensor pH meter merupakan perangkat yang digunakan untuk mengukur derajat keasaman maupun kebasaan suatu cairan atau larutan. Cara kerja sensor ini didasarkan pada perubahan reaksi kimia yang terjadi pada larutan, yang kemudian dideteksi dan diubah menjadi besaran tegangan listrik. Berdasarkan prinsip kerjanya tersebut, sensor pH termasuk ke dalam kelompok sensor kimia karena proses pengukurannya melibatkan respons terhadap perubahan sifat kimia suatu zat (Chuzaini et al., 2022). Sensor pH air yang dilengkapi dengan modul pengondisi atau penguat sinyal (*pH sensor module*) merupakan perangkat yang digunakan untuk mengukur derajat keasaman suatu larutan. Prinsip kerjanya didasarkan pada pendeteksian aktivitas ion hidrogen (H^+) yang terkandung di dalam air, kemudian hasil deteksi tersebut dikonversi menjadi sinyal listrik yang dapat diolah lebih lanjut oleh mikrokontroler. Komponen utama sensor ini adalah *probe* yang menggunakan elektroda kaca sensitif terhadap ion hidrogen. Pada bagian ujung *probe* terdapat larutan HCl yang memungkinkan sensor mendeteksi konsentrasi ion hidronium (H_3O^+) di dalam larutan, sehingga nilai pH dari cairan yang diukur dapat diketahui. Sensor pH memiliki bentuk elektroda kaca yang dirancang untuk dicelupkan langsung ke dalam media air. Selain itu, sensor ini dapat beroperasi pada rentang tegangan 3,3 V hingga 5 V dan mampu melakukan pengukuran pH pada kisaran 0 sampai 14.

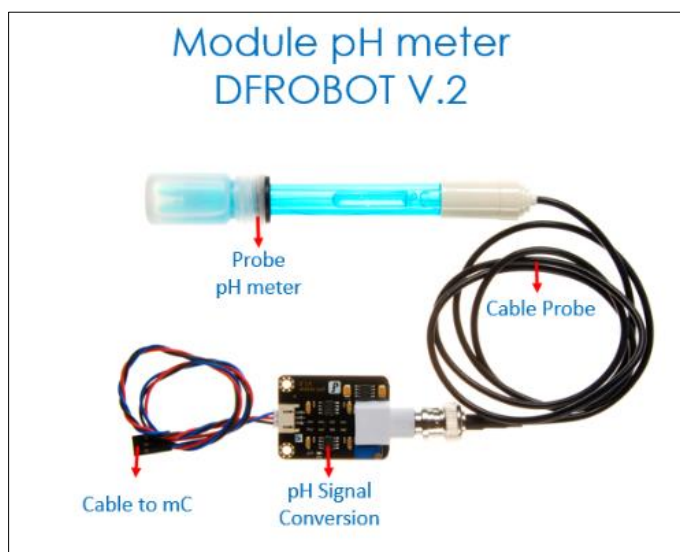
Tabel II. 4 Komponen Sensor pH

Komponen Utama	Definisi
Probe Sensor	Bagian yang dicelupkan ke dalam larutan, biasanya terbuat dari kaca dengan elektroda yang sensitif terhadap ion hidrogen (H^+)
Modul Sensor	Mengubah sinyal analog dari probe menjadi data digital atau analog yang bisa dibaca, dilengkapi dengan regulator tegangan dan trimpot untuk kalibrasi

Tabel II. 5 Spesifikasi Sensor pH

Spesifikasi	Nilai
Dimension	42 mm
Supply Voltage	3,3 – 5,5 V
Output voltage	0 – 3,0 V

Detection Range	0 – 14
Response Time	< 1 minute



Gambar II. 12 Sensor pH

(Sumber: Journal PKM Desain Automatic Control Ph (Potensial Hidrogen) Berbasis Mikrokontroller Arduino Dengan Media Komunikasi Berbasis Wifi)

16. Sensor TDS

Sensor Total Dissolved Solids (TDS) merupakan perangkat yang digunakan untuk mengukur tingkat konduktivitas zat-zat terlarut yang terdapat di dalam suatu cairan. Sensor ini banyak dimanfaatkan sebagai salah satu komponen penting dalam proses penilaian kualitas air, sehingga kondisi air dapat diketahui sebelum digunakan untuk berbagai keperluan (Chuzaini et al., 2022). Sensor TDS dilengkapi dengan dua buah elektroda yang berfungsi untuk mendeteksi konduktivitas pada suatu cairan. Hasil pengukuran yang diperoleh dipengaruhi oleh kandungan ion serta sifat elektrolit yang terdapat dalam larutan tersebut. Sensor ini digunakan untuk menentukan jumlah zat padat terlarut di dalam air, yang meliputi berbagai unsur seperti mineral, garam, serta senyawa anorganik lainnya. Yang berasal dari bahan kimia yang dimasukkan pada saat pengolahan air agar air terfiltrasi dan menghasilkan mutu air baku yang baik. Pengukuran TDS sendiri bertujuan untuk mengetahui tingkat kemurnian dari kandungan air sebelum didistribusikan ke pompa WPT *cargo*. Menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia nomor 492 tahun 2010 menyatakan standar maksimal TDS yang diperbolehkan adalah 500 mg/liter atau 500 ppm (Buana

dan Agus Stiyawan, 2020). Sensor TDS akan ditempatkan pada bak reservoir untuk memantau kadar Total Dissolved Solids (TDS) secara akurat dan berlangsung secara *real-time*. Informasi yang diperoleh dari sensor tersebut dapat digunakan oleh teknisi sebagai dasar dalam melakukan tindakan penanganan maupun perbaikan yang diperlukan secara cepat dan tepat sesuai dengan kondisi kualitas air yang terdeteksi. (Kurnianto et al., 2023).

Tabel II. 6 Spesifikasi Sensor TDS

Spesifikasi	Nilai
TDS Measurement Range	0 – 1000ppm
Input Voltage	3,3 – 5,5 V
Output Voltage	0 – 2,3 V
Module Size	42 x 32 mm
Colour	Black



Gambar II. 13 Sensor TDS
(Sumber: dfrobot.com)

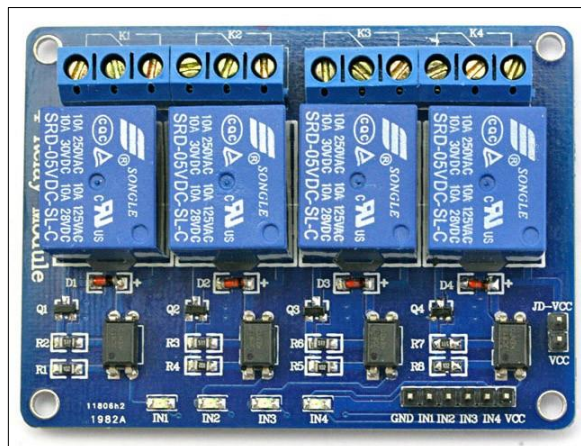
17. Relay 4 channel

Relay merupakan komponen elektronika yang berfungsi sebagai sakelar otomatis untuk menghubungkan atau memutuskan aliran arus listrik besar melalui kendali arus yang jauh lebih kecil. Secara teknis, prinsip kerja alat ini memanfaatkan medan elektromagnetik yang terbentuk akibat aliran arus listrik pada kumparan. Medan magnet tersebut menyebabkan inti besi lunak menjadi bersifat magnetis dan menghasilkan gaya tarik terhadap jangkar besi. Akibatnya, kontak sakelar akan tertutup sehingga arus utama dapat mengalir melalui rangkaian. Sebaliknya, saat arus pada kumparan dihentikan, sifat magnetnya

akan hilang dan sakelar pun kembali terputus. Dengan demikian, mekanisme *relay* sepenuhnya bergantung pada interaksi antara kumparan sebagai penerima sinyal input dan kontak sakelar yang bereaksi terhadap keberadaan arus tersebut.

Tabel II. 7 Spesifikasi *Relay*

Spesifikasi	Nilai
Maximum Load	AC 250V/10 A, DC 30V/10A
Jumlah channel	4
Working Voltage	5V



Gambar II. 14 *Relay 4 Channel*
(Sumber: lazada.co)

18. Indikator LED

LED atau *Light Emitting Diode* adalah komponen elektronik yang bisa memancarkan cahaya ketika dialiri arus listrik. Setiap LED memancarkan warna berbeda, dan semakin besar arus yang mengalir, semakin terang cahaya yang dihasilkan. Namun, harus dipertimbangkan batas arus yang boleh digunakan agar LED tidak rusak. Karena sifat-sifatnya ini, LED sering digunakan dalam berbagai perangkat elektronik sebagai tanda atau indikator status (Kurniawan, 2025). LED dalam sistem ini berfungsi sebagai indikator visual untuk memberi notifikasi saat parameter pH melebihi ambang batas yang ditetapkan, sehingga dapat memberikan peringatan dini berdasarkan hasil pemantauan sensor *real-time*.

Tabel II. 8 Spesifikasi *LED*

Spesifikasi	Nilai
Operating Voltage	Warna Lampu
2,0V	Merah / Kuning
3,0 – 3,2 V	Hijau/Biru/Putih
Tegangan Kerja	20 mA

Gambar II. 15 *Light Emitting Diode (LED)*
(Sumber: stelltron.co.za)

LED pada sistem monitoring pH air digunakan sebagai indikator visual untuk menunjukkan status pH air secara *real-time*. Pada alat monitoring pH air ini akan dibuat atau di atur dalam mikrokontroler ESP32, LED hijau dapat menyala ketika kondisi pH air netral, sedangkan LED merah menyala ketika pH air asam, dan untuk LED kuning menyala ketika kondisi pH air basa.

19. *Liquid Crystal Display (LCD)*

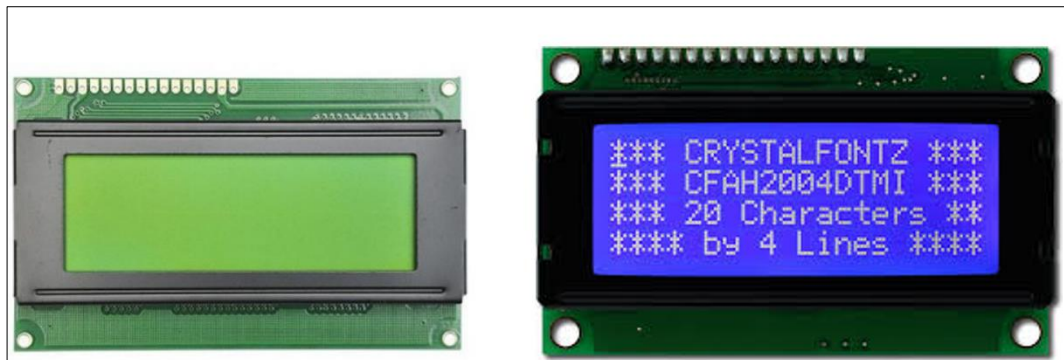
Liquid Crystal Display (LCD) merupakan perangkat tampilan yang memanfaatkan teknologi kristal cair untuk menampilkan informasi. Cara kerja LCD didasarkan pada pengaturan cahaya yang diterima atau pada penyalan LED sebagai sumber pencahayaan. Selain memiliki konsumsi daya yang relatif rendah, LCD juga banyak digunakan karena mampu menampilkan jumlah karakter atau informasi yang lebih banyak dibandingkan dengan beberapa jenis tampilan lainnya (Dwiyanthi Kusuma et al., 2023). Display karakter seperti LCD sering digunakan untuk menampilkan informasi monitoring secara *real-time*, termasuk status sensor, nilai parameter, atau informasi lain yang relevan dengan sistem. LCD disini menggunakan ukuran 20 x 04 dengan tegangan 5V terdiri dari 20 kolom dan 4 baris, mempunyai 192 karakter, mempunya alamat mode 4 bit dan 8 bit, dan dilengkapi dengan *back light*. LCD ini dapat diakses juga

dengan menggunakan paralel 4-bit/8-bit (standar) atau I2C (menggunakan *backpack* PCF8574) ini bisa digunakan untuk menghemat pin yang ada dimikrokontroler (Sulistyawati, 2023).

LCD pada sistem monitoring pH air berfungsi sebagai media tampilan untuk menampilkan nilai pH air dan status kondisi air secara *real-time*. LCD memudahkan teknisi dalam melakukan pemantauan langsung di lokasi bak reservoir, mengurangi ketergantungan pada alat ukur manual, serta mendukung sistem monitoring berbasis IoT sebagai tampilan informasi lokal.

Tabel II. 9 Spesifikasi LCD

Spesifikasi	Nilai
Supply Voltage	5 V
LCD	20 x 04
PCB Size	60 mm x 99 mm



Gambar II. 16 Liquid Crystal Display (LCD)
(Sumber: /lcd-character/)

B. Penelitian Terdahulu

Tabel II. 10 Penelitian Terdahulu

No	Penelitian, tahun, judul	Persamaan	Perbedaan
1	Fitri Ariska, et al. (2019), yang berjudul "Rancang Bangun Alat Pendeteksi Kelayakan Air Menggunakan Sensor PH"	Menggunakan sensor pH dan mikrokontroler Arduino Uno untuk mendeteksi kualitas air	Output data hanya ditampilkan melalui LCD dan belum menggunakan teknologi IoT untuk monitoring jarak jauh. Sedangkan, dalam penelitian ini sistem sudah berbasis IoT, dapat dipantau dari jarak jauh dan dilengkapi kontrol pompa <i>dosing</i> untuk menjaga kualitas air
2	Ariastuti Rahman, et al. (2025), "Sistem Monitoring Ph Air Berbasis Internet Of Things (Iot) Untuk Daerah Tambak Udang"	Menggunakan IoT (web dashboard), mikrokontroler ESP32, dan sensor pH	Hanya memberikan notifikasi peringatan dini ketika pH di luar batas ideal (7,5-8,5). Sedangkan, dalam penelitian ini sudah ditambahkan pengukuran parameter TDS dan kontrol pompa <i>dosing</i>
3	Benny Kurnianto, et al. (2023), "Sistem Monitoring Total Dissolved Solid (TDS) Pada Lower Basin Cooling Tower Menggunakan Sensor Berbasis Internet di Bandar Udara Internasional Yogyakarta – Kulon Progo"	Menggunakan teknologi IoT (Blynk) dan mikrokontroler di operasional bandar udara	Hanya berfokus pemantauan hanya pada parameter TDS untuk mencegah penurunan, efisiensi sistem pendingin. Sedangkan pada

			penelitian ini, sudah menggabungkan pengukuran pH dan TDS serta sudah dilengkapi sistem kontrol pompa <i>dosing</i> berbasis IoT
4	Pratama., et al. (2022), "Perancangan PH Meter Dengan Sensor PH Air Berbasis Arduino"	Menggunakan sensor pH air dan mikrokontroler Arduino sebagai alat ukur kadar keasaman digital	Ditujukan sebagai alat penguji praktis untuk berbagai larutan rumah tangga seperti susu, cuka, dan sabun. Sedangkan pada penelitian ini digunakan pada sistem pengolahan air bersih di bandara
5	Hariyadi, et al. (2020), "Sistem Pengecekan pH Air Otomatis Menggunakan Sensor pH Probe Berbasis Arduino Pada Sumur Bor"	Menggunakan sensor pH dan Arduino Uno untuk identifikasi air layak konsumsi	Fokus hanya pada satu parameter (pH) dan sistem bersifat portable dengan catu daya baterai 9V. Sedangkan penelitian ini, sudah ditambahkan parameter pengukuran TDS guna memonitoring kualitas air bersih dan kontrol pompa <i>dosing</i>

Pada penelitian ini penulis menggunakan lima penelitian terdahulu yang dapat dijadikan penulis referensi dan relevan sebagai acuan dalam melakukan pengembangan penelitian pada alat yang penulis angkat. Penelitian – penelitian tersebut membahas beberapa penelitian menggunakan *Internet of Things* (IoT), penggunaan mikrokontroler seperti Arduino dan ESP 8266/ESP32, serta sistem

monitoring dan pengendalian kualitas air menggunakan sensor. Namun di penelitian tersebut, masih terdapat beberapa keterbatasan, diantaranya sistem yang hanya menampilkan data secara *local* tanpa adanya dukungan monitoring jarak jauh, fokus parameter yang masih berfokus pada salah satu parameter saja dan penelitian sebelumnya sebagian belum diterapkan pada sistem reservoir air bersih di lingkungan bandar udara. Berdasarkan penelitian tersebut, penelitian ini mengembangkan sistem yang monitoring kualitas air bersih secara *real-time* dengan kontrol pompa *dosing* berbasis IoT, sehingga diharapkan dapat mampu meningkatkan efisiensi dan mengoptimalkan kinerja teknis dalam menjaga kualitas air bersih di bak *reservoir* di Bandar Udara Internasional Sultan Mahmud Badaruddin II Palembang.