

**RANCANG BANGUN PROTOTIPE SISTEM MONITORING KUALITAS
AIR (PH DAN KEKERUHAN) DAN KONTROL LEVEL KETINGGIAN
AIR BERBASIS ARDUINO UNO PADA TANDON AIR**

SKRIPSI

OLEH :
TONY HIDAYAT
NPM 202222005



JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS KALTARA
2026

**RANCANG BANGUN PROTOTIPE SISTEM MONITORING KUALITAS
AIR (PH DAN KEKERUHAN) DAN KONTROL LEVEL KETINGGIAN
AIR BERBASIS ARDUINO UNO PADA TANDON AIR**

SKRIPSI

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana
Pada Program Sarjana Universitas Kaltara Tanjung Selor

Disusun dan Diajukan oleh

Tony Hidayat

NPM 202222005

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS KALTARA
TANJUNG SELOR**

2026

PENGESAHAN SKRIPSI

Skripsi ini telah dipertahankan di hadapan sidang panitia ujian skripsi Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Kaltara Tanjung Selor pada tanggal 29 Juli 2026

Dewan Penguji

Penguji I



Ayu Lingga Ratna Sari, S.Si., M.Pd

NIDN. 11080492.02

Penguji II



Dady Suliaman, M.Pd

NIDN. 11.141292.01

Mengesahkan,
Dekan Fakultas MIPA



Ratna Dwi Christyanti, M.Si

NIDN. 11.110388.02

Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika



Siti Maria Ulva, M.Pd

NIDN. 11.190990.01

JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS KALTARA
TANJUNG SELOR

Kami dengan ini menyatakan bahwa Skripsi yang telah ditulis oleh

TONY HIDAYAT
NPM 202222005

Dengan Judul penelitian:

**RANCANG BANGUN PROTOTIPE SISTEM MONITORING KUALITAS
AIR (PH DAN KEKERUHAN) DAN KONTROL LEVEL KETINGGIAN
AIR BERBASIS ARDUINO UNO PADA TANDON AIR**

Diterima sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana

Menyetujui :

Pembimbing



Siti Maria Ulva, M.Pd

NIDN 11.190990.01



Dekan, Fakultas MIPA

Ratna Dwi Christyanti, M.Si

NIDN 11.110388.02



Ketua Jurusan Fisika

Siti Maria Ulva, M.Pd

NIDN 11.190990.01

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Tony Hidayat

NPM : 202222005

Jurusan : Fisika

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilan tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri. Apabila dikemudian hari terbukti dan dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut

Tanjung Selor, 29 Juli 2026

Yang membuat pernyataan



(Tony Hidayat)

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

“Widya Castrena Dharma Siddha “
(Resimen Mahasiswa Indonesia)

“Satria Cendekia Utama”
(Satuan 874)

"Aja Keminter Mundak Keblinger, Aja Cidra Mundak Cilaka"
(Ki Lurah Semar Bodronoyo)

PERSEMBAHAN

Dengan rasa syukur saya persembahkan hasil tugas Skripsi ini kepada :

1. Keluarga penulis yang senantiasa memberikan dukungan materi maupun spiritual dalam menyelesaikan tugas akhir Skripsi ini khususnya kepada Kedua orang tua baik Ibu maupun Alm. Bapak, serta Istri dan Anak-Anak penulis.
2. Segenap civitas akademika Universitas Kaltara baik dosen Pembimbing, staff pengajar, karyawan, dan seluruh Mahasiswa.
3. Pimpinan dan staf UPTD Metrologi Legal Kabupaten Bulungan.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT atas segala limpahan Rahmat dan Karunia-Nya sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir Skripsi yang berjudul “Rancang Bangun Prototipe Sistem Monitoring Kualitas Air (pH dan Kekeruhan) dan Kontrol Level Ketinggian Air Berbasis Arduino Uno Pada Tandon Air”. Pelaksanaan penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium UPTD Metrologi Legal Kabupaten Bulungan.

Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan berupa saran, dukungan, dan semangat dalam pelaksanaan pengambilan data dan penyelesaian tugas akhir Skripsi kepada :

1. Ibu Ratna Dwi Christyanti, M.Si., selaku Dekan Fakultas MIPA Universitas Kaltara yang telah mengesahkan penyusunan laporan tugas akhir skripsi.
2. Ibu Siti Maria Ulva, M.Pd., selaku Kepala Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Kaltara yang telah membantu memperlancar administrasi penyusunan laporan tugas akhir skripsi; sekaligus sebagai Dosen Pembimbing yang telah memberikan bimbingan, dukungan, saran dan nasehat selama kegiatan penelitian;
3. Ibu Ayu Lingga Ratna Sari, S.Si, M.Pd selaku Dosen Penguji I dan Bapak Dady Sulaiman, M.Pd selaku Dosen Penguji II yang telah memberikan saran, masukan dan koreksi yang berharga dalam penyusunan laporan tugas akhir skripsi.
4. Ibu Rosmiati Arif, S.Si., selaku Staf Tata Usaha Fakultas MIPA Universitas Kaltara yang banyak membantu kelancaran proses administrasi dari awal perkuliahan sampai penyusunan laporan tugas akhir skripsi.
5. Bapak Zainal Abidin, ST., selaku Kepala UPTD Metrologi Legal Kabupaten Bulungan yang telah memberikan ijin, fasilitas dan bimbingan teknis selama kegiatan penelitian.

6. Semua pihak yang terlibat dalam penelitian dan penyusunan tugas akhir skripsi yang penulis tidak dapat sebutkan satu persatu.

Semoga semua pihak yang telah memberikan bantuan selama penelitian sampai terselesaikannya tugas akhir skripsi ini mendapatkan balasan yang setimpal dari Allah SWT. Penulis menyadari bahwa dalam pelaksanaan dan penyusunan tugas akhir skripsi ini memiliki banyak kekurangan, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang sifatnya membangun sebagai bahan introspeksi untuk kedepannya. Penulis mengucapkan terima kasih dan semoga tugas akhir skripsi ini berguna bagi pembaca.

Tanjung Selor, 29 Juli 2026

Penulis

Tony Hidayat, A.Md

ABSTRAK

TONY HIDAYAT. *Rancang Bangun Prototipe Sistem Monitoring Kualitas Air (pH dan Kekeruhan) dan Kontrol Level Ketinggian Air Berbasis Arduino Uno Pada Tandon Air.* (dibimbing oleh Siti Maria Ulva)

Mengontrol ketersediaan air yang digunakan untuk keperluan sehari-hari sangat perlu diperhatikan agar air tersedia kapanpun saat dibutuhkan. Tidak hanya kuantitas, dari segi kualitas air dalam hal ini pH dan kekeruhannya juga penting untuk diperhatikan agar terhindar dari dampak negatif ketidaksesuaiannya. Metode yang digunakan adalah eksperimen dan rancang bangun menggunakan mikrokontroler Arduino dengan input sensor ultrasonik, sensor pH dan sensor Turbidity. Adapun outputnya adalah pompa air untuk mengisi tandon beserta informasi yang menampilkan ketinggian level air, status pompa, nilai pH dan nilai kekeruhan. Penelitian ini bertujuan untuk mewujudkan rancangan pemodelan sistem monitoring kualitas air (pH dan kekeruhan) dan sistem kontrol level ketinggian air berbasis arduino. Penelitian yang dilakukan menghasilkan sistem monitoring pH dan kekeruhan serta kontrol otomatis yang dapat menghidupkan dan mematikan pompa air untuk mengisi tandon air. Pompa air akan menyala jika level kurang dari 6 cm dan akan mati saat level mencapai 25 cm. Kesalahan rata-rata pembacaan sensor ultrasonik sebesar 1,022 %, dan sensor pH sebesar -4,65%. Untuk sensor kekeruhan sebesar 0,43% pada tingkat kekeruhan 0,5 NTU. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan disimpulkan bahwa prototipe tersebut berhasil bekerja sesuai dengan yang diharapkan.

Kata kunci : kuantitas air, kualitas air, level air, pH, kekeruhan, ultrasonik, sensor, LCD, Arduino Uno.

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR PERSETUJUAN	iv
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	v
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR	vii
ABSTRAK	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	6
1.3 Batasan Masalah	7
1.4 Tujuan Penelitian	8
1.5 Manfaat Penelitian	8
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Filosofi, Definisi dan Urgensi Sistem Monitoring Real Time.....	10
2.2 Arsitektur Sistem Kontrol	12
2.3 Prinsip Kerja Kontrol Histerisis pada Tandon Air	13
2.4 Kualitas Air	15
2.5 Perangkat Penyusun Sistem Monitoring dan Kontrol	16
2.5.1 Sensor Ultrasonik	16
2.5.2 Arduino Uno	19
2.5.3 Display LCD	20
2.5.4 Relay dan Pompa Air	22
2.5.5 Modul Sensor pH	24

2.5.6 Modul Sensor Kekeruhan	27
2.6 Penelitian Terkait	30
2.7 Kerangka Berpikir	34
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	36
3.2 Jenis Penelitian	36
3.3 Alat dan Bahan Penelitian	36
3.4 Prosedur Kerja Penelitian	39
3.5 Perancangan <i>Hardware</i>	43
3.6 Flowchart Kerja Alat	48
3.7 Perancangan Skema Rangkaian	49
3.8 Perancangan <i>Software</i>	49
3.9 Uji Linearitas	53
3.9 Diagram Alir Penelitian	54
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Hasil Perancangan Perangkat Keras	55
4.2 Hasil Pengujian dan Kalibrasi Perangkat Keras	56
4.2.1 Sensor Ultrasonik	57
4.2.2 Sensor pH	59
4.2.3 Sensor Kekeruhan	63
4.3 Uji Fungsionalitas	66
4.3.1 LCD	66
4.3.2 Relay dan Pompa Air	66
4.4 Pembahasan	67
4.4.1 Temuan Penelitian	67
4.4.2 Kendala dan Solusi	67
4.4.3 Penyusunan Kode Instruksi	68
4.4.4 Output Sistem Terhadap Variasi Input	68
BAB V. PENUTUP	
5.1 Kesimpulan	70
5.2 Saran	71

DAFTAR PUSTAKA	72
LAMPIRAN - LAMPIRAN	76
RIWAYAT HIDUP	92

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Data Spesifikasi Sensor HC-SR04.....	17
Tabel 2.2 Instruksi Dasar Sensor Ultrasonik.....	18
Tabel 2.3 Spesifikasi Arduino Uno.....	19
Tabel 2.4 Spesifikasi LCD I2C 20 x 4.....	21
Tabel 2.5 Instruksi Dasar LCD.....	21
Tabel 2.6 Spesifikasi Relay.....	23
Tabel 2.7 Spesifikasi Sensor pH 4502C.....	26
Tabel 2.8 Spesifikasi Sensor SEN0189.....	28
Tabel 3.1 Alat-Alat Penelitian	37
Tabel 3.2 Bahan-Bahan Penelitian.....	38
Tabel 3.3. Jenis Sampel Cairan Uji	43
Tabel 3.3 Jalur Hubungan Pin LCD	44
Tabel 3.4 Jalur Hubungan Pin Sensor Ultrasonik.....	44
Tabel 3.5 Jalur Hubungan Pin Sensor Kekeruhan	45
Tabel 3.6 Jalur Hubungan Pin Sensor pH	46
Tabel 3.7 Jalur Hubungan Pin Relay.....	47
Tabel 4.1 Perbandingan Hasil Pembacaan Sensor dan Jarak Uji	76
Tabel 4.2 Hasil Uji Validitas Sensor Jarak	77
Tabel 4.3 Data Tegangan Saat pH 4,01	78
Tabel 4.4 Data Tegangan Saat pH 9,18.....	79
Tabel 4.5 Pembacaan Sensor dengan pH 4,01	80
Tabel 4.6 Pembacaan Sensor dengan pH 9,18.....	81
Tabel 4.7 Hasil Uji Validitas Pembacaan Sensor pada pH 4,01 dan pH 9,18	82
Tabel 4.8 Perbandingan Hasil Pembacaan pH meter dan sensor pH	82
Tabel 4.9 Hasil Uji Validitas Sensor pH Terhadap 5 Sampel.....	84
Tabel 4.10 Data Pembacaan Sensor Pada Kekeruhan 0,5 NTU	84
Tabel 4.11 Output Sistem Terhadap Variasi Input.....	69

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Modul Sensor Ultrasonic	18
Gambar 2.2	Board Arduino Uno.....	19
Gambar 2.3	Modul LCD I2C 20 x 4.....	20
Gambar 2.4	Modul Relay.....	22
Gambar 2.5	Pompa Air.....	23
Gambar 2.6	Modul Sensor pH.....	25
Gambar 2.7	Modul Sensor Kekeruhan.....	27
Gambar 2.8	Diagram Kerangka Berpikir.....	35
Gambar 3.1	Konektor BNC yang dihubung-singkatkan	40
Gambar 3.2	Integrasi LCD dengan Arduino Uno.....	44
Gambar 3.3	Integrasi Sensor Ultrasonik dengan Arduino Uno.....	45
Gambar 3.4	Integrasi Sensor Kekeruhan dengan Arduino Uno.....	46
Gambar 3.5	Integrasi Sensor pH dengan Arduino Uno.....	47
Gambar 3.6	Integrasi Relay dan Pompa Air dengan Arduino Uno.....	48
Gambar 3.7	Flowchart Kerja Alat.....	48
Gambar 3.8	Skema Rangkaian Alat.....	49
Gambar 3.9	Diagram Alir Penelitian	54
Gambar 4.1	Hasil Rancangan	55
Gambar 4.2	Gambar Prototipe	56
Gambar 4.3	Foto Kalibrasi Sensor Ultrasonik	58
Gambar 4.4	Grafik Hubungan Jarak Uji dengan Pembacaan Sensor Ultrasonik ..	59
Gambar 4.5	Grafik Hubungan Nilai pH Standar dan Pembacaan Sensor pH.....	61
Gambar 4.6	Grafik Hubungan Penunjukan pH meter dan Penunjukan Sensor pH.....	62
Gambar 4.7	Pengambilan Data pH dan Kekeruhan dari 5 Sampel Cairan.....	63
Gambar 4.8	Grafik dan Persamaan Hubungan Tegangan dan Kekeruhan.....	64
Gambar 4.9	Foto Kalibrasi Sensor Kekeruhan.....	65

Gambar 4.10 Tampilan LCD 20 x 4.....	66
Gambar 4.11 Modul Relay. Kiri : Relay Mati. Kanan : Relay Aktif.....	67

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Tabel Hasil Uji Bab IV	76
Lampiran 2 Kode Perintah Arduino Uno	85
Lampiran 3 Dokumentasi Kegiatan	90

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air adalah salah satu sumber daya alam yang sangat penting untuk memenuhi kebutuhan dan keberlangsungan hidup setiap makhluk hidup. Dalam segala macam kegiatan manusia yang ada, air merupakan suatu kebutuhan pokok untuk melangsungkan berbagai kegiatan sehari-hari, seperti halnya keperluan rumah tangga, misalnya untuk minum, masak, mandi, mencuci, keperluan suatu perusahaan atau industri, dan keperluan perdagangan, serta keperluan pertanian dan peternakan, keperluan pelayaran dan lain sebagainya. Tentu sangat banyak sekali kegiatan yang bergantung pada air itu sendiri, oleh karena itulah air sangat berfungsi penting dan sangat berperan bagi kehidupan makhluk hidup di bumi ini (Bilqis Hanifa, 2023).

Menurut Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023 tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan, Air untuk Keperluan Higiene dan Sanitasi adalah air yang digunakan untuk keperluan higiene perorangan dan/atau rumah tangga. Sedangkan Air Minum adalah air yang melalui pengolahan atau tanpa pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung diminum. Dalam peraturan tersebut terdapat standar kualitas setiap parameter fisik, kimia, biologis dan radiologis maksimum yang dibolehkan. Dari rincian parameter tersebut, terdapat standar pH dan kekeruhan yang diperbolehkan dalam air untuk keperluan higiene dan sanitasi yaitu sebesar 6,5 – 8,5 untuk pH air dan kurang dari 3 NTU untuk kekeruhan air. Sedangkan untuk air minum tingkat kekeruhan maksimalnya adalah 0,5 NTU.

Kasus ketidaksesuaian pH pada air PDAM yang dikonsumsi oleh masyarakat pernah terjadi di Desa Gempol Rawa-Karawang, dimana warga mengeluhkan air PDAM mengalami penurunan pH sampai kurang dari 6,5

yang disebabkan air PDAM mengalir melalui jaringan pipa besi yang sudah tua dan mengalami korosi berat (Universitas Buana Perjuangan, 2024). Kasus serupa juga terjadi di Instalasi Pengolahan Air PDAM Tirta Muare Ulakan Kabupaten Sambas. Hasil uji air sisa pengolahan menunjukkan pH cenderung berada di angka 6,71. Sifat asam ini terbukti disebabkan oleh tingginya paparan reaksi bahan kimia kaporit dan tawas (koagulan) yang digunakan untuk menjernihkan air sungai/baku. Jika PDAM tidak melakukan proses netralisasi secara sempurna (misalnya dengan menambah soda abu) sebelum air dipompa ke rumah warga, air ber-pH asam ini akan sangat merusak (mengkorosi) jaringan instalasi pipa kota (Universitas Tanjung Pura, 2022).

Kasus ketidaksesuaian tingkat kekeruhan air PDAM pernah terjadi di Kabupaten Malinau, dimana warga mengeluhkan air dari Perumda Air Minum Apa' Mening berwarna hitam pekat seperti kopi dan berujung meninggalkan endapan lumpur. PDAM setempat mengonfirmasi hal ini dipengaruhi oleh pecahnya pipa besar distribusi dan tingginya tingkat kekeruhan sungai (detiKalimantan, 2025). Kasus yang sama juga pernah terjadi di Sidoarjo, dimana lebih dari 10 ribu pelanggan PDAM Delta Tirta di berbagai wilayah melaporkan air keruh dan berbau tidak sedap selama berhari-hari. Masalah ini dipicu oleh tingginya tingkat kekeruhan di hulu Sungai Pelayaran, yang memaksa pihak PDAM melakukan flushing atau penggelontoran jaringan berjam-jam (Suara Surabaya, 2024).

Untuk memastikan kualitas air yang pantas konsumsi, dibutuhkan adanya upaya pengolahan yang baik serta pengawasan secara rutin. Oleh sebab itu, proses uji kelayakan air guna dikonsumsi sangat diperlukan oleh lembaga penguji maupun masyarakat. Saat ini, umumnya dilaksanakan pengujian kelayakan air di laboratorium. Kelemahan dari segi waktu pemeriksaan di laboratorium lingkungan terutama terletak pada proses yang memakan waktu, seperti inkubasi sampel dan analisis data. Selain itu, waktu tunggu hasil pemeriksaan juga bisa menjadi masalah, terutama jika data

tersebut dibutuhkan segera untuk pengambilan keputusan (Pratmono, Ardiansyah, Widodo, & Titiani, 2019).

Saat ini pembangunan rumah selalu dilengkapi dengan tandon air untuk menyimpan air yang diproduksi oleh Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) maupun yang bersumber dari air hujan. Hal ini bertujuan agar air dapat ditampung dengan harapan ketersediaannya bisa terjaga. Dalam memantau kualitas air dalam tandon, membutuhkan banyak peralatan dan sebagian besar tandon diletakkan di atas 4-5 meter dari permukaan tanah. Posisi tandon air yang tinggi memungkinkan pengguna tidak dapat mengetahui keadaan air dalam tandon tersebut apakah keruh atau tidak. Pemeriksaan tandon secara manual akan membutuhkan banyak peralatan dan cukup beresiko dikarenakan harus menggunakan tangga untuk mencapai tandon yang berada di atas permukaan tanah (Yudha Bagus, 2022). Tidak adanya indikator ketinggian air yang memberikan informasi yang akurat pada sebuah tandon bisa menyebabkan kesulitan dalam menentukan volume air pada tandon itu kosong ataupun penuh (Indra Gunawan, 2020).

Dalam pengisian penampungan air tentunya menggunakan pompa air untuk mengalirkan air di dalam tandon air. Pengisian air pada tandon yang ada sekarang masih menggunakan sistem manual oleh penggunanya. Pengisian air tandon dengan sistem manual sering menimbulkan pemborosan air jika penggunanya lalai mematikan pompa air, sehingga air akan keluar terus-menerus. Kelalaian mematikan pompa air akan berakibat pemborosan air dan secara tidak langsung akan berakibat menambah pemakaian energi listrik yang dikeluarkan oleh pengguna (Abu Lailil, 2019).

Pengelolaan air pada tandon atau penampungan air sudah dikembangkan sebelumnya dengan sistem pelampung dan sistem level switch. Sistem pelampung biasanya berbentuk bola pelampung yang akan mengatur buka-tutup air sesuai dengan level air dalam tandon. Sistem pelampung ini murni mekanis, saat level air dalam toren turun mencapai level terendah dari bola pelampung, maka alat ini secara mekanis akan

membuka aliran air untuk pengisian. Bila level air sudah mencapai level ketinggian dari bola pelampung, maka aliran air akan ditutup secara mekanis juga. Jadi sistem kerjanya adalah keran yang bisa buka-tutup secara otomatis. Terdapat beberapa Kelemahan pada sistem ini yaitu mudah bocor pada bagian keran tersebut, karena keran juga harus bisa menahan tekanan air dalam pipa yang keluar dari mesin pompa air (Eki Dewanto 2018).

Kasus peristiwa melubernya air tandon baik yang diakibatkan dari lupa mematikan pompa air maupun yang disebabkan oleh kran air pelampung yang gagal berfungsi bersumber dari fenomena media sosial (TikTok/Instagram): Kasus "plafon jebol gara-gara toren" sangat sering viral di media sosial. Banyak pemilik rumah membagikan rekaman CCTV atau video amatir saat plafon rumah mereka tiba-tiba runtuh layaknya air terjun di dalam ruang tamu atau kamar tidur. Begitu juga berdasarkan laporan layanan perbaikan rumah (Home Service/Tukang): Forum dan penyedia jasa perbaikan atap serta plafon mencatat genangan air dari tandon yang meluber sebagai salah satu penyebab utama kerusakan plafon selain kebocoran air hujan dari genteng. Air tandon yang meluber merembes deras ke plafon rumah. Material gypsum yang rapuh jika terkena air perlahan melengkung, menguning, dan akhirnya ambruk jatuh ke lantai, sering kali menimpa perabotan atau barang elektronik (seperti TV atau kasur) di bawahnya.

Tandon yang meluber karena lupa dimatikan mengalirkan air deras layaknya hujan buatan ke atap rumah tetangga, menjebol talang air tetangga, atau menggenangi halaman dan area jemuran mereka. Hal ini kerap memicu perselisihan, terutama jika kejadian berlangsung malam hari saat tetangga sedang tidur. Kasus seperti ini banyak ditemukan di Laporan RT/RW dan Mediasi Warga serta Grup Komunitas Regional (Facebook/WhatsApp): Sering ditemukan curhatan warga di grup komunitas daerah yang mengeluhkan tetangganya yang sering membiarkan air toren tumpah hingga merugikan rumah di sebelahnya.

Data yang diperoleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) & Dirjen Cipta Karya PUPR, mengeluarkan standarisasi rata-rata kebutuhan air bersih masyarakat Indonesia (150 liter per orang/hari untuk kawasan perkotaan). Lembar penyesuaian tarif tenaga listrik (Tariff Adjustment) dari PT. PLN untuk golongan rumah tangga (R-1) mendasari angka biaya per kWh sebesar Rp1.444,70. Spesifikasi Teknis Pabrikasi Pompa Air (seperti Shimizu, Sanyo, Grundfos) memberikan acuan untuk kapasitas debit air rata-rata (30-40 liter/menit) dan konsumsi daya listrik sekitar 500 Watt (0,5 kW).

Berdasarkan data diatas dengan asumsi debit pompa 30 liter/menit (1.800 liter/jam), jika pompa lupa dimatikan selama 3 jam maka air yang terbangun sebanyak 5.400 liter (setara dengan kebutuhan air untuk 36 orang/hari). Pemborosan energi listrik jga terjadi sebesar 1,5 kW dimana secara ekonomi setara dengan Rp. 2167,05/hari atau Rp. 65.011,5/bulan.

Sistem pemantauan air secara manual memerlukan pengawasan rutin oleh manusia, yang rawan kelalaian dan tidak efisien. Sistem otomatis yang dapat memantau dan menampilkan kondisi air secara real-time menjadi solusi yang dibutuhkan untuk meningkatkan efektivitas pengelolaan air. Integrasi LCD dalam sistem ini memungkinkan pengguna memantau informasi level dan pH air secara langsung tanpa alat tambahan. Hal ini menambah nilai praktis dan user-friendly dari sistem yang dirancang, terutama untuk pengguna umum. Sistem ini sejalan dengan tren "smart home" dan pengelolaan sumber daya air berbasis teknologi. Dapat berkontribusi pada edukasi masyarakat dalam menggunakan teknologi sederhana untuk mendukung konservasi air (P. N. Setiawati, 2025).

Penelitian sebelumnya telah dilakukan oleh Febrianto (2020) dengan judul "Prototype Monitoring dan Kontrol Pengisian Air Tandon Otomatis di Balai Riset Dan Standardisasi Industri Samarinda Berbasis Arduino". Penelitian ini merancang prototype yang dapat digunakan untuk mengendalikan dan monitoring air pada tandon yang menggunakan modul

tambahan yaitu yang pertama modul pH untuk mengetahui asam basa pada air dan modul TDS/ kekeruhan yang berfungsi untuk mengetahui tingkat kekeruhan pada air. Kelemahan dari penelitian ini adalah penggunaan sensor TDS yang kurang tepat jika diaplikasikan untuk mengukur tingkat kekeruhan. Untuk mengukur kekeruhan air seharusnya menggunakan Sensor Kekeruhan.

Dari penelitian yang telah ada tersebut dan mengingat pentingnya efisiensi pengelolaan kuantitas dan kualitas air, penelitian ini memiliki nilai terapan yang tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem monitoring kualitas air dan kontrol level ketinggian air pada tandon secara otomatis dan real-time, dengan biaya yang relatif murah namun efektif. Sistem ini dapat diterapkan di mana saja, maka penulis bermaksud untuk melakukan penulisan ilmiah dengan judul **“Rancang Bangun Prototipe Sistem Monitoring Kualitas Air (pH dan Kekeruhan) dan Kontrol Level Ketinggian Air Berbasis Arduino Uno Pada Tandon Air”**

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka penulis dapat mengidentifikasikan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana melakukan uji kinerja komponen untuk memastikan bahwa setiap komponen yang diperlukan bisa bekerja sesuai dengan tujuan perancangan.
2. Bagaimana melakukan kalibrasi sensor ultrasonik untuk memastikan kebenaran hasil pengukuran jarak.
3. Bagaimana melakukan kalibrasi sensor pH untuk memastikan kebenaran hasil pengukuran pH.
4. Bagaimana melakukan kalibrasi sensor kekeruhan untuk memastikan kebenaran hasil pengukuran kekeruhan air.

5. Bagaimana melakukan uji protipe sistem untuk memastikan apakah sistem bisa berfungsi sesuai tujuan perancangan.

1.3 Batasan Masalah

Dalam perancangan sistem ini, penulis memberikan batasan masalah pada penelitian ini meliputi :

- 1) Secara keseluruhan sistem yang dirancang adalah prototipe dengan skala yang lebih kecil baik dari segi dimensi, kapasitas dan tegangan catu daya dibandingkan dengan tandon air dan pompa yang biasanya digunakan dalam skala rumah tangga.
- 2) Sistem bertugas mengisi tandon air secara otomatis menggunakan pompa air yang dikendalikan oleh mikrokontroler Arduino Uno dan menampilkan nilai pH dan kekeruhan air pada tandon air.
- 3) Perangkat masukan yang digunakan pada sistem ini adalah sensor ultrasonik sebagai untuk mengukur level ketinggian air, sensor pH untuk mengukur nilai pH air pada tandon dan sensor kekeruhan untuk mengukur tingkat kekeruhan air.
- 4) Perangkat keluaran yang digunakan adalah modul LCD hanya untuk menampilkan informasi ketinggian air, status pompa, pH dan kekeruhan air; serta pompa air untuk mengisi tandon air.
- 5) Sensor ultrasonik, sensor pH dan sensor kekeruhan yang digunakan dalam penelitian ini tidak tahan atau tidak kedap air (Non Waterproof).
- 6) Pembacaan level air dari 6 cm sampai dengan 28 cm. Pembacaan pH dari 1 sampai dengan 7. Pembacaan kekeruhan dari 0,5 NTU sampai dengan 3000 NTU.
- 7) Daya baca minimum untuk level air sebesar 1 cm; pH 0,1 dan kekeruhan 0,1.
- 8) Tandon air yang digunakan adalah wadah yang bisa menampung pengisian air dan terdapat kran pembuangan yang berfungsi sebagai simulasi keadaan berkurangnya kapasitas air akibat pemakaian.

- 9) Pompa air yang digunakan adalah pompa akuarium.
- 10) Catu daya yang digunakan dalam sistem, debit air yang dihasilkan pompa, sistem kelistrikan AC dan parameter wajib air minum (selain pH dan kekeruhan) tidak termasuk dalam pembahasan.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang masalah diatas, maka tujuan penulisan penelitian ini yaitu :

- 1) Setiap komponen yang diperlukan bisa bekerja sesuai dengan tujuan perancangan.
- 2) Sensor ultrasonik sudah dipastikan kebenaran hasil pengukuran jaraknya.
- 3) Sensor pH untuk sudah dipastikan kebenaran hasil pengukuran pH-nya.
- 4) Sensor Kekeruhan sudah dipastikan kebenaran hasil pengukuran kekeruhan airnya.
- 5) Keseluruhan sistem bisa berfungsi sesuai tujuan perancangan.

1.5 Manfaat Penelitian

- 1) Praktis
 - a. Menjaga ketersediaan air dalam tandon secara otomatis secara efisien tanpa ada pemborosan air dan listrik.
 - b. Mengetahui kualitas air dalam tandon berdasarkan nilai pH dan tingkat kekeruhan sebelum dikonsumsi/digunakan.
- 2) Ilmiah / Keilmuan
 - a. Validasi Teori Secara Empiris
Teori, algoritma, atau persamaan matematis yang sudah ada diaplikasikan ke dalam prototipe. Manfaat ilmiahnya adalah membuktikan apakah teori akademis tersebut benar-benar

berfungsi secara efisien saat dihadapkan pada variabel dunia nyata, seperti tekanan udara, fluktuasi suhu, permukaan kontak sensor dan tingkat pencahayaan lingkungan sekitar.

b. Identifikasi Limitasi dan Anomali

Dalam tataran teori, sebuah sistem mungkin tampak sempurna. Namun, saat dirancang dan dibangun, peneliti sering kali menemukan gap (kesenjangan) antara kondisi ideal dan kondisi aktual. Secara ilmiah, mengidentifikasi kelemahan, anomali, atau batas maksimal (threshold) dari sebuah prototipe merupakan temuan yang sangat berharga karena mencegah peneliti lain mengulangi kesalahan yang sama di masa depan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Filosofi, Defiisi, dan Urgensi Sistem Monitoring Real-Time

Secara etimologis, istilah monitoring berakar dari bahasa Latin *monere* yang bermakna mengamati, memantau, atau memberikan peringatan dini terhadap kondisi suatu objek. Dalam ranah ilmu rekayasa sistem otomasi dan instrumentasi modern, sistem monitoring real-time didefinisikan sebagai arsitektur teknologi terintegrasi yang melakukan akuisisi data, pengolahan sinyal fisik, serta visualisasi kondisi parameter operasional secara kontinyu tanpa penundaan waktu yang signifikan (Hanafi, 2017; Al-Fuqaha et al., 2015). Pengawasan secara kontinu ini memegang peranan pivotal dalam mengidentifikasi fluktuasi, deviasi, maupun anomali kinerja sistem sebelum terjadi kegagalan fatal yang berpotensi merusak infrastruktur pendukung.

Transformasi paradigma pengawasan dari metode konvensional berbasis inspeksi manual berkala menuju sistem pemantauan terotomatisasi berbasis Internet of Things (IoT) driven by microcontrollers merupakan keniscayaan teknologis (Zhang et al., 2021). Inspeksi manual kerap dihadapkan pada keterbatasan presisi pengamatan, tenggat keterlambatan respon kemunculan anomali, serta tingginya tingkat ketergantungan pada kelalaian faktor manusia (*human error*). Sebaliknya, sistem monitoring terkomputasi mampu menyajikan derajat resolusi data yang tinggi, konsistensi periode sampling, serta kemampuan dokumentasi data historis yang esensial untuk analisis prediktif (Kumar & Sahoo, 2019).

Secara arsitektural, sebuah sistem monitoring terintegrasi yang fungsional dan andal wajib mentransformasikan empat blok komponen pendukung utama, yaitu: (1) Unit Akuisisi Data (Data Acquisition / Input Unit) yang terdiri atas transducer dan modul sensorika fisiko-kimia untuk

mengonversi besaran non-listrik di lingkungan menjadi sinyal elektrik; (2) Unit Pengolah Sentral (Processing Unit) berbasis mikrokontroler atau pemroses embedded yang mengeksekusi ekstraksi, penapisan sinyal (filtering), dan algoritma komputasi; (3) Unit Interaksi dan Visualisasi (Display / Output Unit) yang menyajikan informasi parameter terukur dalam format angka kuantitatif, grafik, maupun panel antarmuka pengguna; serta (4) Unit Peringatan dan Kontrol (Alerting & Actuation Unit) yang membangkitkan sinyal alarmi atau perintah aktuasi otomatis saat parameter melewati batas ambang toleransi aman (Supriyadi et al., 2020).

Urgensi pengaplikasian sistem pemantauan real-time pada penampungan air (tandon air) rumah tangga maupun industri didorong oleh kebutuhan proteksi sumber daya air serta optimalisasi konsumsi energi listrik pompa. Air bersih yang terdistribusi dalam penampungan rentan mengalami degradasi kualitas akibat akumulasi sedimen padatan tersuspensi, pembentukan deposit kerak, hingga fluktuasi tingkat keasaman yang dipicu oleh interaksi kimiawi lingkungan dan masa tinggal air (stagnancy period) di dalam tandon (Pratama & Kurniawan, 2022). Tanpa adanya sistem monitoring yang memantau indikator derajat keasaman (pH) dan kekeruhan (turbiditas) secara real-time, pengguna tidak memiliki mekanisme pembuktian kelayakan air higienis sebelum dikonsumsi atau dimanfaatkan untuk aktivitas sanitasi harian.

Di samping aspek kualitas, pemantauan dinamika level ketinggian air secara konstan menjadi faktor determinan dalam mewujudkan efisiensi pengelolaan air rumah tangga. Ketiadaan instrumen pemantau ketinggian sering kali mengakibatkan dua permasalahan klasik berulang, yaitu kondisi kekosongan air (dry running) yang memicu kavitasi dan kerusakan termal pada kumparan pompa air, atau sebaliknya kondisi luapan air (overflow) yang menyebabkan pemborosan volume air murni dan pemborosan daya listrik (Kadir, 2015). Oleh karena itu, pengintegrasian fungsi pemantauan

kualitas dan kontrol otomasi ketinggian air dalam satu unit prototipe berbasis mikrokontroler merupakan solusi komprehensif yang bernilai praktis dan akademis tinggi.

2.2 Arsitektur Sistem Kontrol

Disiplin rekayasa sistem kendali (*control engineering*), arsitektur sistem diklasifikasikan berdasarkan keberadaan lintasan umpan balik (*feedback path*) yang menghubungkan sinyal keluaran (*output*) dengan masukan pengendali (*input controller*) (Ogata, 2010; Kuo, 2014). Penentuan jenis sistem kendali sangat menentukan karakteristik kestabilan (*stability*), akurasi, dan ketahanan (*robustness*) sistem terhadap gangguan luar (*disturbance*).

Sistem Kendali Lingkaran Terbuka (*Open-Loop Control System*) bekerja secara unidirectional, di mana aksi pengontrolan dieksekusi murni berdasarkan sinyal masukan acuan tanpa mempertimbangkan respon atau variabel kondisi nyata pada keluaran sistem (Astrom & Murray, 2021). Pada sistem open-loop, apabila terjadi perubahan kondisi lingkungan atau akumulasi kesalahan (*error*), mikrokontroler tidak memiliki sarana informasi untuk melakukan koreksi otomatis. Sebagai ilustrasi, pengisian tandon berbasis timer sederhana yang menyalakan pompa selama 30 menit setiap pagi tanpa mengukur volume air nyata di dalam tandon adalah contoh sistem open-loop. Jika tandon ternyata sudah penuh sebelum 30 menit berakhir, pemborosan air dan luapan tidak dapat dihindari.

Sebaliknya, Sistem Kendali Lingkaran Tertutup (*Closed-Loop Control System*) secara fundamental memanfaatkan koreksi umpan balik secara kontinyu (*closed feedback loop*). Sinyal keluaran diukur secara kontinu oleh instrumen sensor, kemudian diumpan-balikkan ke komparator untuk dibandingkan dengan nilai acuan (*setpoint / SP*). Selisih antara nilai acuan dan nilai aktual terukur didefinisikan sebagai sinyal galat atau error $e(t)$, yang dirumuskan secara matematis sebagai:

$$e(t) = SP - PV(t) \quad \dots \text{(Pers. 2.1)}$$

di mana SP mewakili setpoint (level ketinggian target) dan $PV(t)$ menyatakan *Process Variable* (nilai ketinggian air terukur pada waktu t). Sinyal error $e(t)$ inilah yang diolah oleh mikrokontroler untuk menghasilkan sinyal kendali $u(t)$ kepada aktuator (relay dan pompa air). Dengan demikian, jika $PV(t)$ telah mencapai atau melampaui SP , sinyal error menjadi nol atau negatif, sehingga mikrokontroler secara otomatis memerintahkan aktuator untuk menghentikan aliran air. Integrasi pemrosesan sinyal umpan balik pada prototipe penampungan air menjamin akurasi elevasi permukaan air serta mencegah terjadinya kavitasi maupun *overflow* (Kadir, 2015).

2.3 Prinsip Kerja Kontrol Histeresis (Bang-Bang Control) pada Level Air Tandon

Salah satu strategi kontrol lingkaran tertutup paling efisien untuk aplikasi pengendalian level cairan adalah metode Kontrol Histeresis, yang juga dikenal sebagai Kontrol On-Off atau Bang-Bang Control (Franklin et al., 2019). Metode ini menerapkan prinsip switching biner di mana aktuator (relay penggerak pompa) hanya memiliki dua status diskrit: ON (aktif penuh) atau OFF (non-aktif penuh).

Pengaplikasian kontrol On-Off murni tanpa pita histeresis kerap memicu fenomena chattering, yaitu kondisi di mana saklar relay mengalami kontak mekanis berfrekuensi sangat tinggi (skala milidetik) saat permukaan air berada tepat di sekitarnya. Riak permukaan air (*surface ripple effect*) akibat getaran atau turbulensi masukan air dapat menyebabkan sinyal pembacaan sensor berfluktuasi melintasi garis batas tunggal secara berulang. Chattering yang dibiarkan akan memperpendek umur pakai relay mekanis, menimbulkan kelelahan isolasi listrik, serta merusak motor listrik pompa

akibat lonjakan arus inrush current yang kontinyu (Pratama & Kurniawan, 2022).

Untuk mengeliminasi efek chattering tersebut, diterapkanlah pita histeresis (hysteresis band / H) dengan menetapkan dua ambang batas keputusan terpisah, yakni Ambang Batas Bawah (Low Level Threshold / L_{min}) dan Ambang Batas Atas (High Level Threshold / L_{max}). Logika kendali biner histeresis untuk status aktuator $u(t)$ dirumuskan sebagai berikut:

$$u(t) = 1 \text{ (ON)} \quad \text{jika } PV(t) \leq L_{min} \quad \dots(\text{Pers. 2.2})$$

$$u(t) = 0 \text{ (OFF)} \quad \text{jika } PV(t) \geq L_{max} \quad \dots(\text{Pers. 2.3})$$

$$u(t) = u(t-1) \quad \text{jika } L_{min} < PV(t) < L_{max} \quad \dots(\text{Pers. 2.4})$$

Melalui formulasi logika (Persamaan 2.2 – 2.4), saat ketinggian air mengalami penurunan akibat pemakaian hingga menyentuh atau berada di bawah L_{min} , mikrokontroler memberikan sinyal logika HIGH ke relay untuk menyalakan pompa ($u(t) = 1$). Pompa akan terus beroperasi mengisi tandon melewati L_{min} tanpa mengalami perubahan status meskipun permukaan air bergolak. Pemompaan terus berlanjut hingga permukaan air naik melampaui ambang batas atas L_{max} . Tepat saat $PV(t) \geq L_{max}$, mikrokontroler mengirimkan sinyal LOW untuk mematikan pompa ($u(t) = 0$). Selama level air berada di area transisi antara L_{min} dan L_{max} , sistem mempertahankan status operasional sebelumnya $u(t-1)$. Penerapan kontrol histeresis ini terbukti memberikan proteksi optimal terhadap komponen aktuator elektro-mekanis serta menjamin ketersediaan air tandon secara kontinu (Wijaya et al., 2020).

2.4 Kualitas Air

pH atau derajat keasaman digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau basa yang dimiliki oleh suatu zat, larutan, atau benda. pH normal memiliki nilai 7, pH lebih besar dari 7 menunjukkan sifat basa, sedangkan nilai pH kurang dari 7 menunjukkan sifat asam. pH 0 menunjukkan derajat keasaman yang tinggi, dan pH 14 menunjukkan derajat keasaman yang rendah (Joko, 2010). Nilai pH yang lebih dari nilai 7 menunjukkan sifat korosi yang rendah sebab semakin rendah pH maka sifat korosinya semakin tinggi. Nilai pH air yang lebih besar dari nilai 7 memiliki kecenderungan untuk membentuk kerak dan kurang efektif dalam membunuh bakteri sebab akan lebih efektif pada kondisi netral atau bersifat asam lemah (Astari, 2009).

Rumus utama yang digunakan untuk menghitung pH dalam suatu larutan adalah sebagai berikut :

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+] \quad \dots (\text{Pers. 2.5})$$

dimana :

$[\text{H}^+]$ = Konsentrasi ion hidrogen dalam satuan Molaritas (mol/L)

Kekeruhan dinyatakan dalam satuan unit turbiditas yang setara dengan 1 mg/liter SiO_2 . Kekeruhan disebabkan oleh adanya benda tercampur atau partikel koloid di dalam air. Hal ini membuat perbedaan nyata dari segi estetika maupun dari segi kualitas air. Skala NTU (*Nephelometric Turbidity Unit*) ditentukan berdasarkan metode nephelometric. Pada metode ini, sumber cahaya dilewatkan pada sampel dan intensitas cahaya yang dipantulkan oleh partikel terlarut diukur dengan menggunakan suspensi polimer formazin sebagai larutan standar. Semakin tinggi intensitas cahaya yang dihamburkan, maka semakin tinggi pula kekeruhannya (Hefni Effendi, 2003). Pengkonsumsian air keruh dapat mengakibatkan timbulnya berbagai jenis penyakit seperti diare dan

penyakit kulit, selain itu juga tentunya tidak baik untuk konsumsi manusia dari segi kesehatan (Dani Rohpandi, 2021).

Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023 tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan (Menggantikan Permenkes No. 492/2010), ditentukan bahwa standar baku mutu pH untuk air higienis sanitasi adalah antara 6,5 sampai dengan 8,5. Sedangkan nilai maksimal kekeruhan sebesar 3 NTU. Sedangkan untuk air minum tingkat kekeruhan maksimalnya adalah 0,5 NTU.

2.5 Perangkat Penyusun Sistem

2.5.1 Sensor Ultrasonik

Sensor jarak yang digunakan pada penelitian ini adalah modul sensor Ultrasonik HC-SR04. Sensor ini merupakan sensor Ultrasonik siap pakai, satu alat yang berfungsi sebagai pengirim, penerima, dan pengontrol gelombang Ultrasonik. Sensor ini bekerja pada tegangan 5V dengan kuat arus listrik 15 mA. Rentang jarak yang dapat diukur yaitu 2 cm sampai 400 cm. (Amin, 2018)



Gambar 2.1 Modul Sensor Ultrasonik
(Sumber : www.arduinoindonesia.id)

Pada Gambar 3 terdapat 4 pin, yaitu pin Vcc, Gnd, trigger dan pin echo. Pin Vcc untuk listrik positif dan Gnd untuk groundnya. Pin Trigger untuk trigger keluarnya sinyal dari sensor dan pin Echo untuk menangkap sinyal pantul dari benda (Amin, 2018).

Mekanisme pengukuran jarak didasarkan pada metode Acoustic Time-of-Flight (ToF). Transmitter (pemancar) ultrasonik memancarkan berkas gelombang suara berupa burst pulsa berfrekuensi 40 kHz selama durasi tertentu. Gelombang suara merambat melalui medium udara, menumbuk permukaan air tandon yang bertindak sebagai bidang pantul (reflector), lalu dipantulkan kembali menuju Receiver (penerima) ultrasonik (Supriyadi et al., 2020).

Tabel 2.1 Data Spesifikasi Sensor HC-SR04

Spesifikasi	Keterangan
Input Tegangan	5 V DC
Arus	15 mA
Frekuensi Kerja	40 kHz
Jarak Maksimum	400 cm
Jarak Minimum	2 cm
Sudut Pengukuran	15°

(sumber : Penulis)

Pengukuran jarak dengan gelombang ultrasonik didasarkan pada prinsip ToF (*Time of Flight*) atau waktu tempuh gelombang yang memantul pada suatu objek. Rumus dasarnya adalah:

$$S = \frac{v \times t}{2} \quad \dots$$

(Pers. 2.6)

dimana :

s = jarak antara sensor dan obyek (m);

v = cepat rambat gelombang ultrasonik di udara (m/s);

t = waktu total perjalanan gelombang dari dipancarkan
hingga diterima sensor kembali (m)

Berikut ini adalah kode intruksi dasar yang digunakan untuk antarmuka sensor ultrasonik :

Tabel 2.2 Instruksi Dasar Sensor Ultrasonik

Fungsi	Keterangan Fungsi	Contoh Baris Kode
Memanggil library	memasukkan library ke dalam program	#include <NewPing.h>
Inisialisasi Obyek	Menentukan pin trigger dan pin echo serta jarak maksimum (dalam cm)	NewPing sonar(9, 10, 200)
Pembacaan Jarak	Perintah untuk mendapatkan jarak dalam bentuk angka (dalam cm)	int jarak=sonar.ping_cm();

(sumber : Penulis)

Faktor-faktor yang mempengaruhi akurasi dan presisi sensor ultrasonik meliputi: (1) kondisi lingkungan seperti suhu, kelembapan, dan tekanan udara (yang mempengaruhi kecepatan suara), (2) karakteristik objek yang diukur (misalnya, tekstur, orientasi, dan absorpsi suara), (3) jarak pengukuran, dan (4) jenis sensor ultrasonik serta kualitasnya.

Regulasi yang digunakan dalam melaksanakan proses kalibrasi dan verifikasi besaran panjang adalah Keputusan Direktur Jenderal Standardisasi dan Perlindungan Konsumen Kementerian

Perdagangan Nomor : 132/SPK/KEP/10/2025 tentang Syarat Teknis Alat Ukur Permukaan Cairan Otomatis (*Automatic Level Gauge*).

2.5.2 Arduino Uno

Arduino merupakan sebuah pengendali mikro single-board yang bersifat open-source, diturunkan dari Wiring platform dan dirancang untuk memudahkan penggunaan elektronik dalam berbagai bidang. Arduino Uno adalah board microcontroller berbasis ATmega328 yang didalamnya terdapat komponen utama yaitu sebuah chip microcontroller dengan jenis AVR dari perusahaan Atmel. Microcontroller itu sendiri adalah chip atau IC (Integrated Circuit) yang bisa diprogram menggunakan komputer. Tujuan menanamkan program pada microcontroller adalah agar rangkaian elektronik dapat membaca input, proses dan output sebuah rangkaian elektronik. Adapun gambar dari board ini dapat dilihat pada Gambar di bawah ini (Fajrin, 2020)



Gambar 2.2 Board Arduino Uno
(Sumber : www.arduinoindonesia.id)

Tabel 2.3 Spesifikasi Arduino Uno

Spesifikasi	Keterangan
Mikrokontroller	ATmega 328
Tegangan Kerja	5 V DC
Tegangan Input	7 - 12 V DC
Pin I/O Digital	14
Pin Analog	6

Spesifikasi	Keterangan
Memory Flash	32 kB
SRAM	2 kB
EEPROM	1 kB
Kecepatan Clock	16 MHz

(sumber : Penulis)

2.5.3 LCD

LCD (Liquid Crystal Display) atau display elektronik adalah komponen elektronika yang berfungsi sebagai perangkat output yang dapat menampilkan data berupa karakter huruf, angka, karakter maupun grafik. (Akbar, 2018), LCD (Liquid Crystal Display) dengan teknologi CMOS logic dengan prinsip kerja memantulkan cahaya disekelilingnya terhadap front-lit atau mengirimkan cahaya dari back-lit. Lapisannya terbuat dari campuran bahan organik diantara lapisan kaca bening dengan elektroda transparan indium oksida yang membentuk tampilan dot matrik dan elektroda pada kaca belakang. Ketika elektroda diaktifkan dengan medan listrik (tegangan) molekul organik dan silindris akan menyesuaikan elektroda dari dot matrik. (Putra, 2021).



Gambar 2.3. Modul LCD I2C 20 x 4
(Sumber : www.arduinoindonesia.id)

LCD yang digunakan adalah LCD berukuran 20x4 karakter dengan tambahan chip module I2C untuk mempermudah programmer nantinya dalam mengakses LCD tersebut. Sebab dengan

digunakannya modul I2C akan lebih memperhemat penggunaan pin arduino yang akan digunakan karena hanya diperlukan 4 buah pin arduino, yaitu pin SCL, pin SDA, pin VCC dan pin GND.

Tabel 2.4 Spesifikasi LCD I2C 20 x 4

Spesifikasi	Keterangan
Tegangan Operasi	3,3 - 5 V DC
Jumlah Karakter	20 karakter x 4 baris
Ukuran Titik	0,55 mm x 0,55 mm
Backlight Type	LED
Driver	HD 44780
Chip Antarmuka I2C	PCF8574 / PCF8574AT
Jalur Komunikasi	2 kawat (SDA dan SCL)

(Sumber: Displaytech Hardware Manual & Putra (2021))

Pengoperasian layar LCD 20x4 I2C di dalam skrip program Arduino dipermudah dengan pemanggilan library LiquidCrystal_I2C.h (Akbar, 2018). Ringkasan fungsi instruksi program disajikan pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Instruksi Dasar LCD

Kode Perintah	Fungsi
<code>#include <LiquidCrystal_I2C.h></code>	Memanggil library LCD I2C
<code>LiquidCrystal_I2C lcd(alamat, cols, rows);</code>	Membuat objek LCD. Alamat default biasanya 0x27 atau 0x3F. Ukuran standar 16, 2 atau 20, 4.
<code>lcd.begin(20,4)</code>	Menentukan banyak kolom dan baris yang digunakan
<code>lcd.setCursor(x,y)</code>	Menentukan posisi kursor untuk memasukkan karakter pada kolom x dan baris y

Kode Perintah	Fungsi
<code>lcd.print("isi")</code>	Menuliskan teks “isi” pada LCD
<code>lcd.clear()</code>	Membersihkan karakter pada LCD

(sumber : Penulis)

2.5.4 Relay dan Pompa Air

Relay merupakan komponen elektronika berupa saklar atau switch elektrik yang dioperasikan secara listrik dan terdiri dari 2 bagian utama yaitu Elektromagnet (coil) dan mekanikal (seperangkat kontak Saklar/Switch). Komponen elektronika ini menggunakan prinsip elektromagnetik untuk menggerakkan saklar sehingga dengan arus listrik yang kecil (low power) dapat menghantarkan listrik yang bertegangan lebih tinggi. Prinsip kerja Relay adalah saklar akan terhubung apabila teraliri listrik dan akan terputus apabila tidak dialiri listrik. (Aldiyan, 2021)



Gambar 2.4. Modul Relay
(Sumber : www.arduinoindonesia.id)

Pada penelitian ini menggunakan relay HKE HRS4H-S-DC5V. Relay ini menggunakan tegangan rendah +5 volt sehingga dapat langsung dihubungkan pada perangkat arduino uno. Pin pengendali pada relay dihubungkan dengan pin 11 pada perangkat arduino uno. (Amin, 2018)

Tabel 2.6 Spesifikasi Relay

Spesifikasi	Keterangan
Merek	HKE
Tipe	HRS4H-S-DC5V
Tegangan Koil	5 V DC
Kapasitas Kontak (NO)	10A / 250VAC atau 10A / 24VDC
Kapasitas Kontak (NC)	6A / 250VAC

(sumber : Penulis)

Pompa adalah peralatan yang digunakan untuk menaikkan cairan dari dataran rendah ke dataran tinggi atau untuk mengalirkan cairan dari daerah bertekanan rendah ke daerah yang bertekanan tinggi dan juga sebagai penguat laju aliran pada suatu sistem jaringan perpipaan. Hal ini dicapai dengan membuat suatu tekanan yang rendah pada sisi masuk atau suction dan tekanan yang tinggi pada sisi keluar atau discharge dari pompa. (Irwansyah, 2024).

Gambar 2.5. Pompa Air
(Sumber : Penulis)

Pompa air listrik (electric water pump) adalah perangkat yang menggunakan tenaga listrik untuk memindahkan air dari satu tempat

ke tempat lain. Ini bisa digunakan untuk berbagai aplikasi, seperti memompa air dari sumur, meningkatkan tekanan air di rumah, atau mensirkulasikan air dalam sistem pendingin. Pompa air listrik menggunakan motor listrik untuk memutar impeller atau bagian berputar lainnya yang mendorong air melalui pipa. Pompa air yang umumnya dipakai pada proyek mikrokontroller ada beberapa jenis seperti pompa celup, pompa DC dan pompa air mini. Pompa celup adalah pompa air yang dirancang untuk terendam dalam cairan yang akan dipompa. Pompa ini bekerja dengan memutar impeller di dalam casing yang terendam untuk mendorong cairan ke permukaan. (Irwansyah, 2024).

2.5.5 Modul Sensor pH

Alat pH meter digital bekerja dengan dasar sensor berupa elektroda gelas. Pada prinsipnya pengukuran suatu pH didasarkan pada potensial elektro-kimia yang terjadi antara larutan yang terdapat didalam elektroda gelas (membrane gelas) yang telah diketahui dengan larutan yang terdapat diluar elektroda gelas yang tidak diketahui. Hal ini dikarenakan lapisan tipis dari gelembung kaca akan berinteraksi dengan ion hidrogen yang ukurannya relatif kecil dan aktif, elektroda gelas tersebut akan mengukur potensial elektrokimia dari ion hidrogen atau diistilahkan dengan potential of hydrogen. Dimana setiap larutan akan memberikan bentuk tegangan yang berbeda dari kadar ion-ion yang ada dalam larutan. Hal ini akan ditangkap oleh sensor untuk menghasilkan output berupa sinyal analog. (Fajrin, 2020)

Fungsi elektroda pada pH meter adalah memonitor perubahan voltase yang disebabkan oleh perubahan aktivitas ion hidrogen (H^+) dalam larutan. Elektroda pH idealnya berperilaku sebagai sel elektrokimia dan bereaksi terhadap konsentrasi ion $[H^+]$ bahwa

setiap larutan akan memberikan bentuk tegangan yang berbeda dari kadar ion-ion yang ada dalam larutan. Dalam elektroda gelas terdapat dua macam elektroda antara lain:

- a) Elektroda referensi berfungsi untuk menjaga dan memberikan potensial yang tetap dan tidak dipengaruhi oleh karakteristik.
- b) Elektroda pengukur berfungsi sebagai pengukur karena potensialnya berubah-ubah sesuai dengan konsentrasi ion hidrogen dari larutan yang sedang diukur.

Parameter A27 PH Sensor Module adalah modul yang digunakan untuk menguatkan tegangan keluaran dari output sensor yang kecil. Karena tegangan cukup kecil, maka diperlukan pengkondisi sinyal atau penguat tegangan. Cara kerja dari modul ini adalah rangkaian sensor pH akan membaca nilai pH dari elektroda sensor berupa sinyal analog. Keluaran dari sensor diterima oleh rangkaian pengkondisian sinyal. Desain ini memungkinkan untuk membantu pengguna dalam memantau pH tanpa harus menambahkan sirkuit atau komponen tambahan ke dalam sistem (Fajrin, 2020)



Gambar 2.6. Modul Sensor pH
(Sumber : www.cncstorebandung)

Tabel 2.7 Spesifikasi Sensor pH 4502C

Spesifikasi	Keterangan
Rentang Pengukuran	0 - 14 pH
Akurasi	0,1 pH (pada 25 ⁰ C)
Tegangan Input	5 V DC
Tegangan Output	0 - 5 V DC

(sumber : Penulis)

Kalibrasi berkala merupakan syarat mutlak untuk menjamin keabsahan pengukuran sensor pH. Pengujian dan verifikasi metrologi pH mengacu pada dokumen standar nasional: Direktorat Standar Nasional Satuan Ukuran Termoelektrik dan Kimia Badan Standardisasi Nasional Nomor : SNSU PK.K-01:2022 tentang Panduan Pengukuran pH dengan Teknik Kalibrasi 2-Titik (BSN, 2022). . Tanpa kalibrasi, hasil pengukuran pH mungkin tidak tepat, yang dapat berdampak negatif pada berbagai bidang, termasuk industri, penelitian, dan pengolahan air. Kalibrasi memastikan bahwa pH meter memberikan hasil yang akurat dan konsisten, serta membantu memperpanjang umur alat dan mengurangi biaya perbaikan.

Prosedur kalibrasi 2-titik dilakukan dengan mencelupkan probe elektroda ke dalam dua larutan dapar (buffer solution) standar yang diketahui nilainya secara presisi, yaitu larutan buffer pH 4,01 (kondisi asam) dan larutan buffer pH 9,18 (kondisi basa). Pembacaan tegangan analog V1 (saat pH 4,01) dan V2 (saat pH 9,18) diplot untuk menentukan kemiringan (gradient m) dan pergeseran offset (c) pada persamaan linier $y = m * x + c$

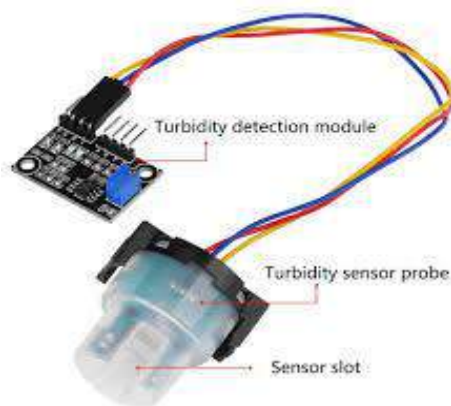
Berikut ini adalah contoh kode instruksi pembacaan nilai pH setelah dikalibrasi dengan pH buffer 4,01 dan 9,18 :

```

const int pHpin = A0; // Interface sensor ke pin A0
float pHValue = 0;
void setup() {
  Serial.begin(9600);
}
void loop()
{
  int sensorValue = analogRead(pHpin); // baca tegangan analog
  float v1 = tegangan rata-rata saat pH 4,01;
  float v2 = tegangan rata-rata saat pH 9,18;
  float pHstep =  $\frac{v1-v2}{9.18-4.01}$ ;
  float pHValue = 4.01 +  $\left(\frac{4.17-sensorValue}{pHstep}\right)$ ; // konversi
  tegangan ke pH
  Serial.print("pH: ");
  Serial.println(pHValue, 2); // Tampilkan nilai pH dengan 2 digit
  belakang koma
  delay(1000); // tunggu 1 detik sebelum pembacaan berikutnya
}

```

2.5.6 Modul Sensor Kekeruhan



Gambar 2.7. Modul Sensor Kekeruhan
(Sumber : www.cncstore.bandung)

Sensor SEN0189 adalah modul sensor kekeruhan (turbidity sensor) analog yang sangat populer di kalangan pengembang sistem berbasis Arduino atau ESP32. Sensor ini diproduksi oleh DFRobot dan dirancang khusus untuk mendeteksi kualitas air dengan memantau tingkat kekeruhan (DFRobot, 2023).

Sensor SEN0189 bekerja berdasarkan prinsip kombinasi hamburan cahaya (optical scattering) dan transmisi cahaya infra merah pada panjang gelombang 850 nm (Myint et al., 2017). Di dalam kepala probe optik, dipasang dua komponen optoelektronika yang saling berhadapan pada celah sampel: Infrared LED Emitter sebagai pemancar gelombang infra merah, dan Infrared Phototransistor Receiver sebagai penerima intensitas cahaya.

Tabel 2.8 Spesifikasi Sensor SEN0189

Spesifikasi	Keterangan
Rentang Pengukuran	0 - 3000 NTU
Waktu Respon	< 500 ms
Tegangan Operasional	5 V DC
Tegangan Output	0 - 4,5 V DC
Panjang Gelombang LED IR	850 nm (Infra Merah)
Suhu Operasional Kerja	5 – 90°C

(sumber: Cindy (2022))

Cara kerja sensor ini bergantung pada kepadatan partikel (lumpur, pasir, mikroorganisme) di dalam air. Saat air jernih, cahaya dari LED IR dapat merambat lurus dengan hambatan minimal menuju fototransistor. Akibatnya, penerima menerima intensitas cahaya yang maksimal. Sedangkan saat kondisi air keruh, partikel-partikel tersuspensi di dalam air akan memantulkan, menyerap, dan menghamburkan cahaya ke segala arah. Hal ini menyebabkan

jumlah cahaya yang sampai ke fototransistor berkurang secara signifikan. Perubahan intensitas cahaya yang diterima oleh fototransistor diubah menjadi perubahan tegangan listrik. Semakin jernih air, semakin besar cahaya yang diterima, maka tegangan output semakin tinggi (mendekati 4.5V). Sebaliknya semakin keruh air, semakin sedikit cahaya yang diterima, maka tegangan output semakin rendah. (Cindy, 2022)

Berikut ini adalah contoh kode instruksi pembacaan nilai kekeruhan setelah dikalibrasi dengan cairan NTU 0,5 didapatkan pembacaan tegangan sebesar 4,1 volt :

```
const int turbpin = A0; // Interface sensor ke pin A0
float turb = 0;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
}

void loop()
{
  float vturb = analogRead(turbpin); // baca tegangan analog
  if (vturb < 2.5) {
    NTU = 3000; // Kriteria air sangat keruh
  } else if (vturb >= 4.2) {
    NTU = 0.5; // Batas Air demineral
  } else {
    // Rumus sesuai datasheet
    NTU = -1120.4 * sq(vturb) + 5742.3 * vturb - 4352.9;
  }
  Serial.print("pH: ");
```

```
Serial.println(pHValue); // Tampilkan nilai pH
delay(1000); // tunggu 1 detik sebelum pembacaan berikutnya
}
```

Regulasi yang digunakan dalam melaksanakan proses kalibrasi dan verifikasi sensor kekeruhan adalah dokumen ISO : 7027-1.

2.6 Penelitian Terkait

Pengembangan prototipe sistem monitoring dan kontrol air berbasis mikrokontroler telah menjadi fokus riset intensif dalam lima tahun terakhir, baik di tingkat nasional maupun internasional. Peninjauan terhadap *state-of-the-art* penelitian terdahulu esensial untuk memetakan keterbatasan sistem yang pernah dibangun serta menegaskan kebaruan (novelty) dan kontribusi ilmiah dari penelitian ini.

1. Hanafi (2017) merancang sistem pemantauan kualitas air kolam berbasis Arduino Uno dengan menggunakan sensor pH dan suhu. Namun, penelitian tersebut belum melengkapi sistem dengan indikator kekeruhan (turbiditas) serta belum mengintegrasikan mekanisme kontrol otomatis level air penampungan.
2. Amin (2018) meneliti pemanfaatan sensor ultrasonik HC-SR04 untuk otomatisasi pompa air tandon rumah tangga berbasis ATmega328P. Fokus penelitian Amin hanya terbatas pada kontrol elevasi air tanpa memperhatikan aspek kualitas fisik dan kimiawi air yang ditampung.
3. Akbar (2018) memodelkan sistem visualisasi parameter air menggunakan tampilan LCD 16x2 dengan modulasi sensor analog. Namun demikian, keterbatasan ukuran layar 16x2 menyebabkan informasi parameter terpotong dan belum dilengkapi dengan protokol ekspansi I2C PCF8574 untuk penghematan pin digital mikrokontroler.

4. Fajrin (2020) mengimplementasikan sensor pH modul 4502C pada sistem akuaponik. Fajrin menekankan pentingnya teknik kalibrasi dua titik pada elektroda kaca, namun penelitian tersebut tidak mengikutsertakan pemantauan kekeruhan dan pengujian regulasi standar baku mutu air bersih domestik.
5. Putra (2021) merancang sistem otomasi penampungan air menggunakan tampilan LCD 20x4 I2C. Penggunaan layar 20x4 terbukti meningkatkan kejelasan visualisasi multi-parameter, akan tetapi Putra belum mengintegrasikan akuisisi data sensor kekeruhan optik SEN0189.
6. Cindy (2022) mengevaluasi linieritas sensor kekeruhan SEN0189 DFRobot terhadap larutan standar Formazin. Cindy berhasil merumuskan persamaan konversi tegangan analog terhadap NTU, namun belum memadukannya dengan instrumen pH dan kontrol level air secara simultan.
7. Irwansyah (2024) meneliti perancangan aktuasi pompa celup (submersible pump) untuk otomatisasi tandon rumah tangga. Irwansyah menyoroti perlunya integrasi sensor keselamatan guna menghindari kekosongan air (dry running).
8. Di tingkat internasional, Prasad et al. (2020) mengembangkan IoT-based water quality monitoring system berbasis NodeMCU ESP8266. Meskipun mampu mentransmisikan data ke cloud, sistem tersebut memiliki kendala pada stabilitas ADC 10-bit internal ESP8266 yang sangat rentan terhadap derau (noise) tegangan referensi dibandingkan dengan ADC dedicated pada modul Arduino Uno.
9. Ullo & Sinha (2020) menegaskan dalam tinjauan komprehensifnya bahwa penggabungan pemantauan multi-parameter (pH, turbidity, level) dalam satu arsitektur terpadu berbasis kontrol histeresis merupakan pendekatan paling ekonomis dan andal untuk implementasi di negara berkembang.

Pemetaan komparatif antara penelitian-penelitian terdahulu dengan penelitian yang dilakukan saat ini dirangkum pada Tabel 2.9.

Tabel 2.9 Pemetaan Penelitian Terkait (*State of the Art*) dan matriks kebaruan penelitian

Peneliti & Tahun	Metode / Mikrokontroler	Parameter Terukur	Keterbatasan Sistem	Kontribusi Penelitian ini
Hanafi (2017)	Arduino Uno	Ph & Suhu	Tidak ada parameter kekeruhan & kontrol level air	Menambahkan sensor kekeruhan & Kontrol level Ultrasonik
Amin (2018)	Atmega328 P	Level Ketinggian	Hanya mengontrol level, kualitas air tidak dipantau	Integrasi pemantauan kualitas air (pH & kekeruhan) simultan
Akbar (2018)	Arduino Uno	Ph & Kekeruhan	Konsumsi pin I/O banyak, layar sempit, tanpa kontrol level	Menggunakan LCD 20x4 I2C & kontrol histeresis pompa
Fajrin (2020)	Arduino Uno	pH air	Hanya 1 parameter pH, tanpa kalibrasi baku mutu air minum	Kalibrasi 2-titik BSN SNSU PK.K-01:2022 & uji Permenkes 2023
Putra (2021)	Arduino Uno	Level Ketinggian	Belum ada monitoring pH	Penggabungan visualisasi

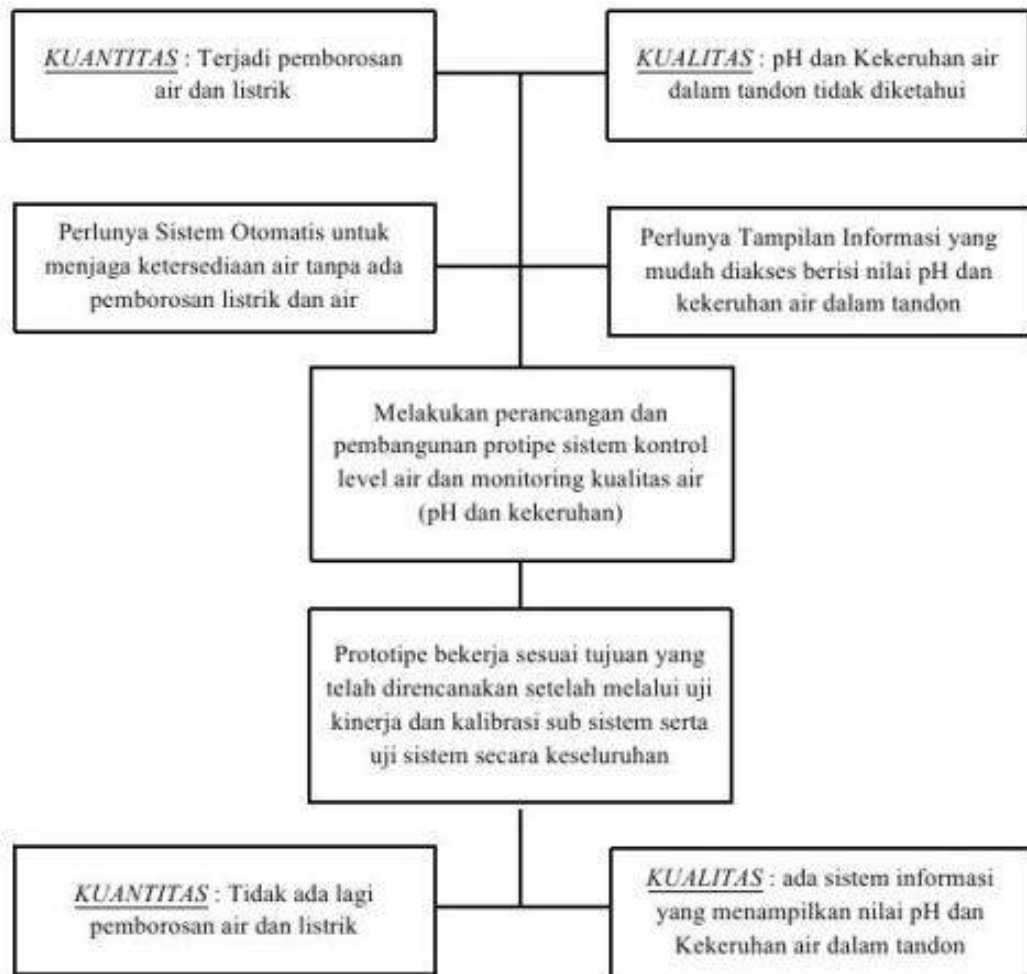
Peneliti & Tahun	Metode / Mikrokontroler	Parameter Terukur	Keterbatasan Sistem	Kontribusi Penelitian ini
			dan kekeruhan air	20x4 I2C untuk 3 parameter simultan
Cindy (2022)	Arduino Uno	Kekeruhan (NTU)	Belum terintegrasi dalam prototipe tandon air fisik	Pengaplikasian kurva polinomial NTU pada sistem tandon nyata
Irwansyah (2024)	Arduino Uno	Level Ketinggian	Tanpa pengujian parameter kimia dan fisik kualitas air	Sistem terpadu monitoring fisik-kimia & kontrol elevasi air
Prasad et al. (2020)	NodeMCU ESP8266	pH, Turbidity, Temp	ADC 10-bit ESP8266 kurang stabil terhadap noise analog	Penggunaan ADC Arduino Uno dengan pengkondisi sinyal 4502C
Ullo & Sinha (2020)	Review Wireless Sensor	Multi-parameter	Studi literatur tanpa pengujian laboratorium fisik	Realisasi prototipe fisik terukur dengan analisis ilmiah padat

(Sumber: Hasil Sintesis Literatur Penulis)

2.7 Kerangka Berpikir

Air sebagai salah satu kebutuhan pokok dalam rumah tangga umumnya ditampung pada tandon air. Menjaga ketersediaan air pada tandon sangatlah penting agar jika sewaktu-waktu diperlukan, kuantitas air dapat mencukupi. Kondisi umumnya saat ini seringkali kelalaian penghuni rumah untuk mengisi tandon sehingga saat dibutuhkan, ketersediaan air tidak mencukupi. Begitu juga sebaliknya terjadi dimana pada saat pengisian tandon, pemilik rumah lalai untuk mematikan pompa padahal tandon air sudah penuh. pH atau derajat keasaman dan kekeruhan merupakan parameter fisik dasar yang menentukan kualitas air yang digunakan dalam rumah tangga. Adanya informasi nilai pH dan kekeruhan secara real-time pada tandon air akan memberikan tambahan manfaat.

Berdasarkan hal-hal diatas, solusi yang diperlukan adalah suatu sistem yang dapat menjaga level ketinggian air secara otomatis dan menampilkan nilai pH dan kekeruhan pada tandon air.



Gambar 2.8 Diagram Kerangka Berpikir
(Sumber : Penulis)

BAB III

METODOLOGI

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dijadwalkan berlangsung selama lima bulan, terhitung mulai bulan Oktober 2025 sampai dengan Februari 2026. Rentang waktu tersebut mencakup keseluruhan alur kegiatan penelitian, mulai dari tahap persiapan instrumen, perancangan sistem, pengujian eksperimental, hingga analisis data dan penyusunan laporan akhir. Adapun lokasi pelaksanaan kegiatan pengujian dan pengambilan data bertempat di Laboratorium UPTD Metrologi Kabupaten Bulungan. Pemilihan lokasi ini didasarkan pada ketersediaan fasilitas serta standar alat ukur yang memadai untuk mendukung ketercapaian tujuan penelitian.

3.2 Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan kombinasi metode rancang bangun (design and development) dan metode eksperimen untuk mengembangkan serta menguji kinerja prototipe yang diteliti. Metode rancang bangun difokuskan pada proses perancangan dan realisasi fisika prototipe sesuai spesifikasi yang ditetapkan. selanjutnya, metode eksperimen dilakukan melalui pengujian terukur guna memperoleh data empiris mengenai efisiensi dan keandalan prototipe tersebut

3.3 Alat dan Bahan Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.1 berikut:

Tabel 3.1 Alat-Alat Penelitian

No.	Nama Alat	Foto
1	Komputer, Proc : Intel Core i5-3320M RAM : 8 GB OS : Linux Mint 22.2 64 bit Arduino IDE	
2	Multimeter Digital, yang dilengkapi fitur cek koneksi kabel	
3	Project Board, berisi 400 lubang	
4	Tang Potong Kabel	
5	Solder + Timah, daya 40 watt dengan timah 60/40	
6	Isolasi Kabel	
7	Buffer pH pH 4,01 dan pH 9,18	

(Sumber : Penulis)

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.2 berikut:

Tabel 3.2 Bahan-Bahan Penelitian

No.	Nama Bahan	Foto
1	<u>Arduino Uno</u> Clock 16 MHz, 16 digital I/O, ROM : 32 kb, RAM : 2 kb	
2	<u>Sensor Ultrasonik</u> HC SR-04 Tegangan kerja 5 Volt, jarak minimum 4 cm dan maksimum 400 cm	
3	<u>LCD 20 x 4</u> terinterasi modul protokol i2c tegangan kerja 5 volt	
4	<u>Modul Sensor pH</u> SEN 4502C dilengkapi modul driver Tegangan kerja 5 volt	
5	<u>Modul Sensor Kekeruhan</u> SEN 0189 DFRobot Tegangan Kerja 5 volt	
6	<u>Relay</u> Aktif High, input : 5 - 12 V DC Load : 220 v AC <u>Pompa Air</u> Tegangan kerja 220 V AC Tinggi maksimal 1,2 meter Debit 120 liter per menit	 
7	<u>Kabel</u> Panjang 30 cm isi 40 kabel	

No.	Nama Bahan	Foto
	<u>Konektor</u> Dupont male dan female	

(Sumber : Penulis)

3.4 Prosedur Kerja Penelitian

a) Kaji Pustaka

Media yang digunakan sebagai sumber informasi bisa berupa buku maupun referensi internet. Materi yang diperlukan adalah spesifikasi masing-masing bahan, cara kerja, antarmuka komponen dan bahasa pemrograman.

b) Uji Kinerja Komponen

Pengujian ini dilakukan untuk memastikan bahwa setiap komponen yang diperlukan bisa bekerja sesuai dengan tujuan perancangan. Sensor Ultrasonik, Sensor Kekeruhan, Sensor pH, LCD, Modul Relay dan Pompa Air setelah diintegrasikan dengan mikrokontroler dipastikan berfungsi dengan baik dan tidak ada kerusakan.

c) Kalibrasi Sensor Ultrasonik

Kalibrasi dilakukan untuk memastikan kebenaran hasil pengukuran jarak.

Alat dan Bahan :

1. Mistar besi dengan panjang lebih dari 30 cm yang sudah terverifikasi.

2. Benda padat berbentuk kubus atau persegi panjang sebagai benda obyek kalibrasi.

Prosedur Kalibrasi :

1. Letakkan benda obyek pada jarak 5 cm dari titik nol mistar. Kemudian catat pembacaan jarak pada LCD.
2. Ulangi langkah (1) untuk jarak 10 cm sampai jarak 35 cm dengan kelipatan 5 cm.
3. Jika ada perbedaan pembacaan jarak dengan jarak sesungguhnya, buat faktor koreksi sensor ultrasonik menggunakan regresi linier.

d) Kalibrasi Sensor pH

Kalibrasi dilakukan untuk memastikan kebenaran hasil pengukuran pH.

Alat dan Bahan :

1. Serbuk Buffer pH 4,0 dan 9,18;
2. Air demineral
3. Wadah air minimal 250 ml

Prosedur Kalibrasi :

1. Hubung singkatkan konektor BNC pada modul driver sensor pH dan putar potensiometer pada modul tersebut sehingga nilai tegangan terbaca mendekati 2,5 volt.



Gambar 3.1 Konektor BNC yang dihubungkan-singkatkan
(Sumber : Penulis)

2. Siapkan wadah yang berisi air demineral sebanyak 250 ml dengan suhu 25°C. Larutkan serbuk buffer pH 4,01 kedalam wadah tersebut.
3. Siapkan wadah lagi dan lakukan hal yang sama untuk serbuk pH 9,18.
4. Hubungkan probe pH dengan modul driver dan integrasikan dengan Arduino.
5. Masukkan probe pH ke larutan pH 4,01 dan catat pembacaan tegangan rata-rata (v1)
6. Masukkan probe pH ke larutan pH 9,18 dan catat pembacaan tegangan rata-rata(v2).
7. Dari data diatas dapat dibuat persamaan nilai pH berdasarkan tegangan dan nilai pH standar sebagai berikut :

$$\text{pH Step} = \frac{V_1 - V_2}{9,18 - 4,01} = \frac{V_1 - V_2}{5,17}$$

$$\text{pH} = 4,01 - \left(\frac{V_1 - V_{\text{sensor}}}{\text{pH Step}} \right)$$

8. Masukkan nilai persamaan yang didapat sebagaimana pada poin (7) ke dalam kode instruksi dan lakukan pengukuran ulang pada larutan pH 4,01 dan pH 9,86.

e) Kalibrasi Sensor Kekeruhan

Kalibrasi dilakukan untuk memastikan kebenaran hasil pengukuran kekeruhan air.

Alat dan Bahan :

1. Air demineralisasi sebagai dasar penentuan 0,5 NTU
2. Wadah air minimal 250 ml

Prosedur Kalibrasi :

1. Dikarenakan tidak adanya larutan kalibrasi NTU (berbahan suspensi mikrosfer polimer atau Formazin) yang digunakan untuk mengkalibrasi turbidimeter maka digunakan air demineralisasi kemasan sebagai standar uji 0,5 NTU. Sebagaimana dalam peraturan menteri kesehatan bahwa untuk air minum tingkat kekeruhannya maksimal 0,5 NTU.
2. Untuk menghindari noise pada output sensor berupa gelombang sinusoidal maka ditambahkan 1 buah kapasitor elektrolit sebesar 10.000 mikrofarad yang dipasangkan secara paralel pada output sensor.
3. Atur suhu ruangan hingga stabil di suhu 25⁰ C.
4. Tulis kode instruksi *“float adcturb = analogRead(A0);”* untuk mendapatkan nilai ADC dan *“float vturb = adcturb * (5.0 / 1023.0);”* untuk mengubah nilai ADC ke tegangan.
5. Tulis kode instruksi *“lcd.print(adcturb);”* untuk menampilkan nilai ADC di layar LCD.
6. Tuang air demineral pada wadah, jangan melebihi tinggi sensor. Masukkan sensor dan catat nilai tegangan rata-rata (vturb) yang dihasilkan dengan durasi kurang lebih 1 menit.
7. Tulis kode pada Arduino sesuai datasheet sensor :

$$NTU = -1120,4(vturb)^2 + 5742,3(vturb) - 4352,9$$

f) Uji Prototipe Sistem

Setelah setiap komponen sudah dikalibrasi dan dipastikan bisa berfungsi sesuai tujuannya, langkah selanjutnya adalah mengintegrasikan antarmuka setiap komponen dengan Arduino Uno dan memastikan software yang di-upload ke Arduino Uno bisa berjalan dengan semestinya. Setelah semua komponen terhubung

menjadi suatu sistem dilakukan pengujian apakah sistem bisa berfungsi sesuai tujuan perancangan.

Untuk pengujian pasca kalibrasi pada sensor pH dan kekeruhan menggunakan 5 (lima) jenis sampel cairan uji sesuai dengan tabel berikut :

Tabel 3.3. Jenis Sampel Cairan Uji

Sampel	Keterangan
1	Air PDAM 400 ml
2	Air PDAM 400 ml + cuka makan 10 tetes
3	Air PDAM 400 ml + detergen bubuk 1 sendok takar
4	Air PDAM 400 ml + 1 batang kapur tulis warna merah
5	Air PDAM 400 ml + 2 batang kapur tulis warna merah

(Sumber : Penulis)

Indikator keberhasilan sistem ini adalah sebagai berikut :

1. Pompa hidup dan mati secara otomatis menyesuaikan dengan kondisi ketinggian level air.
2. Nilai pH air ditampilkan ke LCD
3. Nilai kekeruhan air ditampilkan ke LCD.

Apabila salah satu indikator diatas tidak terpenuhi maka harus diperiksa lagi koneksi perkabelan dan dipastikan bahwa *coding* tidak ada kesalahan.

3.5 Perancangan *Hardware*

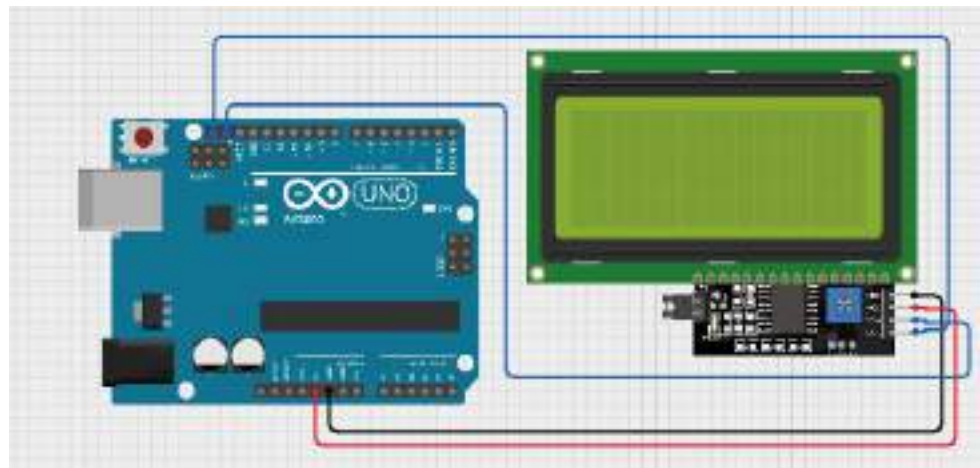
3.5.1 LCD

Berikut ini adalah jalur hubungan pin antara LCD, Arduino Uno dan soket *power supply* :

Tabel 3.3 Jalur Hubungan Pin LCD

No.	Pin LCD	Pin Arduino	Pin Power
1	SCL	SCL	
2	SDA	SDA	
3	Vcc		+
4	Gnd		-

(Sumber : Penulis)

Gambar 3.2 Integrasi LCD dengan Arduino Uno
(Sumber : Penulis)

3.5.2 Sensor Ultrasonik

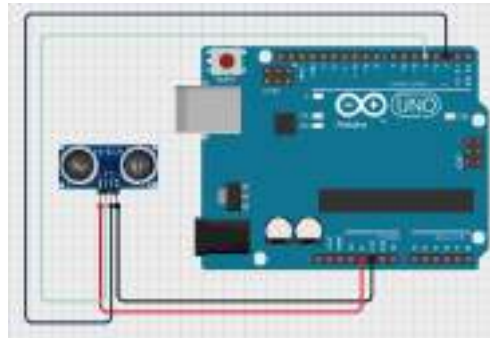
Berikut ini adalah jalur hubungan pin antara sensor ultrasonik, Arduino Uno dan soket *power supply* :

Tabel 3.4 Jalur Hubungan Pin Sensor Ultrasonik

No.	Pin Sensor	Pin Arduino	Pin Power
1	Vcc		+
2	Trigg	D4	
3	Echo	D2	
No.	Pin Sensor	Pin Arduino	Pin Power

4	Gnd		-
---	-----	--	---

(Sumber : Penulis)



Gambar 3.3 Integrasi Sensor Ultrasonik dengan Arduino Uno
(Sumber : Penulis)

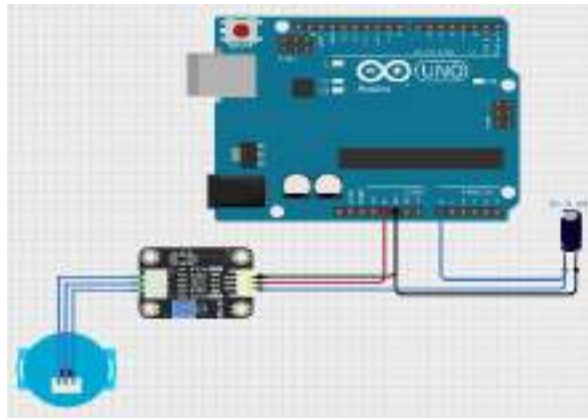
3.5.3 Sensor Kekeruhan

Berikut ini adalah jalur hubungan pin antara sensor kekeruhan, Arduino Uno dan soket *power supply* :

Tabel 3.5 Jalur Hubungan Pin Sensor Kekeruhan

No.	Pin Sensor	Pin Arduino	Pin Power
1	Gnd		-
2	Vcc		+
3	Analog Out	A0	

(Sumber : Penulis)



Gambar 3.4 Integrasi Sensor Kekeruhan dengan Arduino Uno
(Sumber : Penulis)

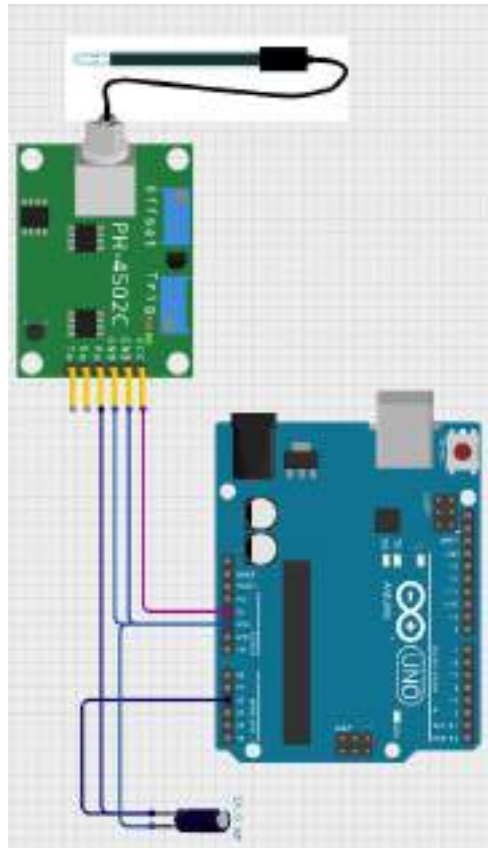
3.5.4 Sensor pH

Berikut ini adalah jalur hubungan pin antara sensor pH, Arduino Uno dan soket *power supply* :

Tabel 3.6 Jalur Hubungan Pin Sensor pH

No.	Pin Sensor	Pin Arduino	Pin Power
1	Vcc		+
2	Gnd		-
3	Gnd		-
4	pH Out	A2	

(Sumber : Penulis)



Gambar 3.5 Integrasi Sensor pH dengan Arduino Uno
(Sumber : Penulis)

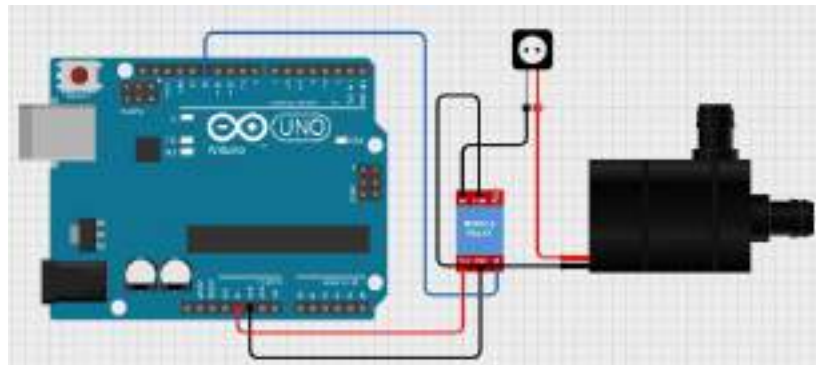
3.5.5 Relay dan Pompa Air

Berikut ini adalah jalur hubungan pin antara Relay, Arduino Uno dan soket *power supply* :

Tabel 3.7 Jalur Hubungan Pin Relay

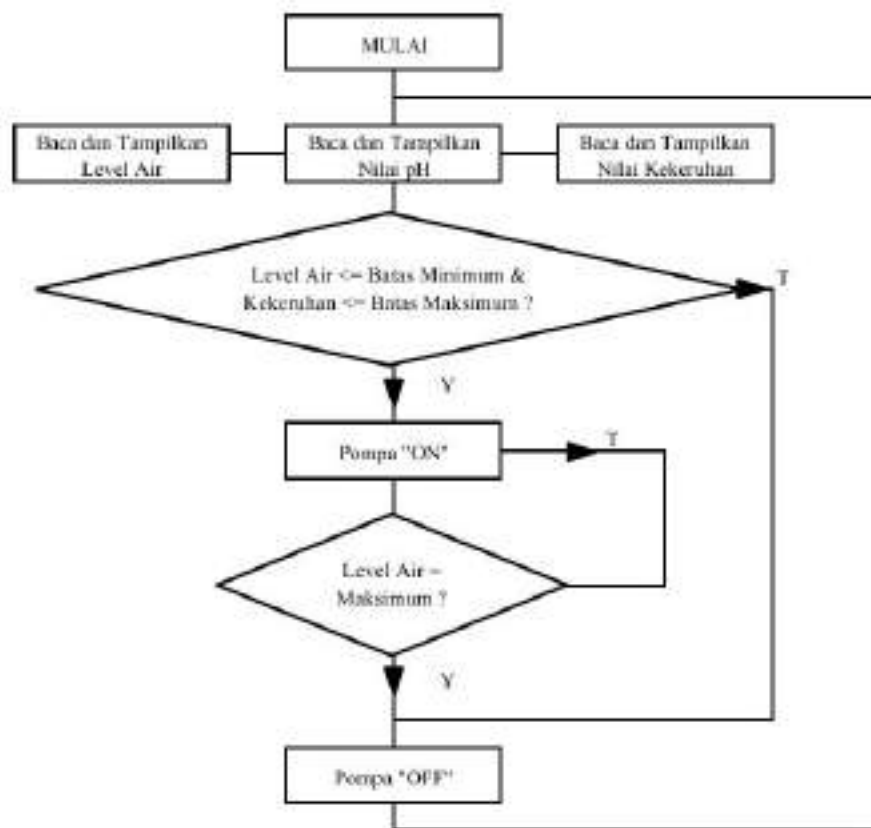
No.	Pin Relay	Pin Arduino	Pin Power
1	Gnd		-
2	Vcc		+
3	Data In	D12	

(Sumber : Penulis)



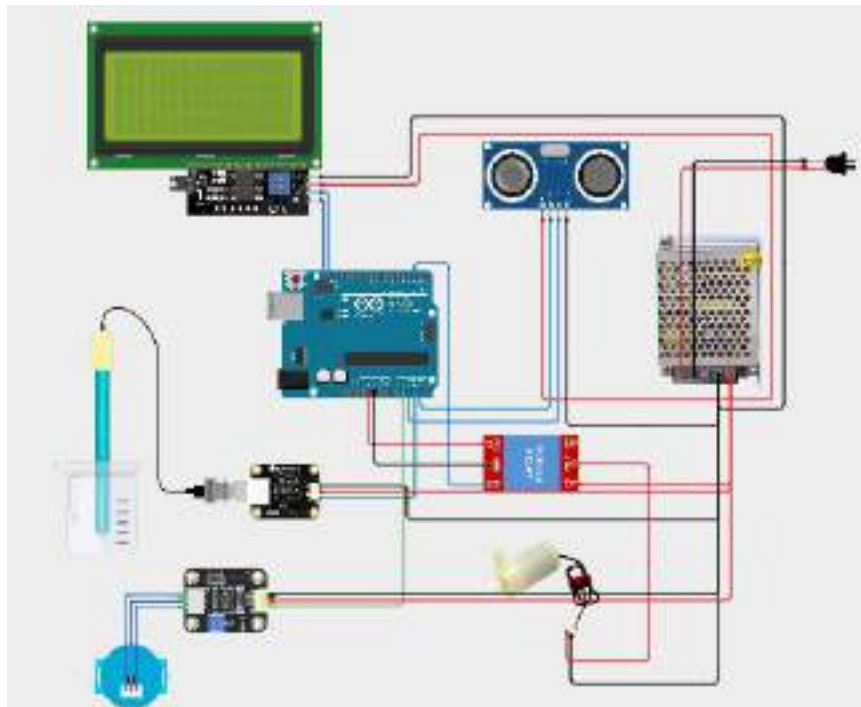
Gambar 3.6 Integrasi Relay dan Pompa Air dengan Arduino Uno
(Sumber : Penulis)

3.6 Flowchart Kerja Alat



Gambar 3.7 Flowchart Kerja Alat
(Sumber : Penulis)

3.7 Perancangan Skema Rangkaian



Gambar 3.8 Skema Rangkaian Alat
(Sumber : Penulis)

3.8 Perancangan *Software*

```
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <NewPing.h>
#include <Wire.h>
#define pintriger 4 // pin 4 sebagai triger
#define pinecho 2 // pin 2 sebagai echo
#define MAX_DISTANCE 33 // Menentukan jarak maksimum
yang dibaca sensor
NewPing sonar(pintriger, pinecho, MAX_DISTANCE); //
Deklarasi fungsi NewPing
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,20,4); // set the LCD dg alamat 0x27
untuk tampilan 20 karakter x 4 baris
```

```
const int relay=12;
int durasi, jarak, level;
float NTU;

void setup()
{
    lcd.init();           // initialize the lcd
    // Print a message to the LCD.
    lcd.backlight();
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("LEVEL =");
    lcd.setCursor(14,0);
    lcd.print("cm");
    lcd.setCursor(1,1);
    lcd.print("PUMP =");
    lcd.setCursor(8,1);
    lcd.print("OFF");
    lcd.setCursor(3,2);
    lcd.print("PH =");
    lcd.setCursor(2,3);
    lcd.print("NTU =");
    pinMode(relay,OUTPUT);
    digitalWrite(relay, LOW);
}

void loop()
{
    //ultrasonic dan Relay
    lcd.setCursor(8,0);
    lcd.print("    ");
```

```
delay(50);
jarak=sonar.ping_cm();
level = 33-jarak;
lcd.setCursor(8,0);
lcd.print(level);
//lcd.print(jarak);
if (level <= 6.00)
{
    digitalWrite(relay, HIGH);
    lcd.setCursor(8,1);
    lcd.print("ON ");
}
if (level >=28.00)
{
    digitalWrite(relay, LOW);
    lcd.setCursor(8,1);
    lcd.print("OFF");
}
delay(500);

//Turbidity
lcd.setCursor(8,3);
lcd.print("    ");
delay(50);
int adcturb = analogRead(A0);
float vturb = adcturb * (5.0 / 1024.0);
NTU = 874-(vturb/4.27)*874;
lcd.setCursor(8,3);
lcd.print(NTU);
```

```
        delay(500);

        //pH
        vph=analogRead(A3)/1023)*5;
        ph = 7.00 - (vph/(ph4-ph9));
        lcd.setCursor(8, 2);
        lcd.print(ph);
        delay(500);
    }
```

3.9 Uji Linearitas

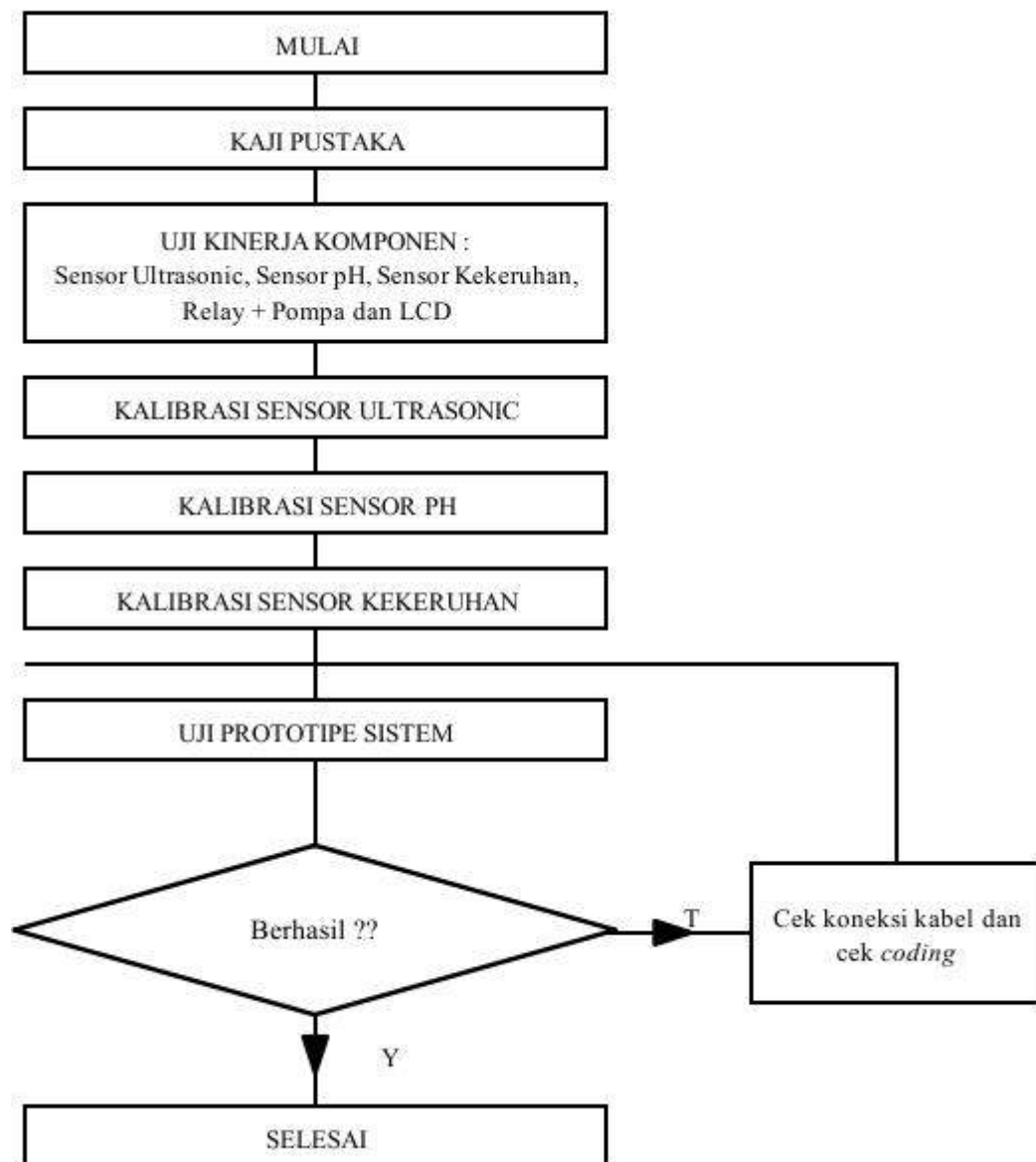
Menurut Muhammad Rizal (2020) dalam buku *Pengukuran Teknik : Dasar dan Aplikasi* yang diterbitkan oleh Syah Kuala University Press menjelaskan Uji linearitas pada sensor adalah prosedur untuk mengukur seberapa jauh hubungan antara perubahan parameter fisik input (measurand) dan sinyal output analog sensor menyimpang dari karakteristik garis lurus ideal. Karakteristik output yang linear sangat penting agar proses kalibrasi sensor menjadi lebih mudah serta meminimalkan ketidakpastian/kesalahan dalam pembacaan data.

Berikut adalah dasar teori dan implementasinya menggunakan aplikasi spreadsheet (seperti Microsoft Excel atau Google Sheets) :

- a) Blok kolom data Variabel X dan Variabel Y.
- b) Klik Insert (Sisipkan) -> pilih Chart (Diagram).
- c) Ubah jenis diagram menjadi Scatter Chart (Diagram Sebar).
- d) Buka menu edit diagram (Customize/Sesuaikan) -> pilih Series (Rangkaian).
- e) Centang pilihan Trendline (Garis Tren) dan pilih jenis Linear.
- f) Pada bagian Label, pilih Use Equation (Gunakan Persamaan) untuk menampilkan rumus linearitas ($y = mx + c$) serta tampilkan nilai R^2

Koefisien Determinasi (R^2) atau Koefisien Korelasi (r): Output sensor dinilai memiliki tingkat linearitas yang sangat kuat apabila nilai $R^2 \geq 0,95$ atau mendekati nilai 1,00.

3.10 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.9 Diagram Alir Penelitian
(Sumber : Penulis)

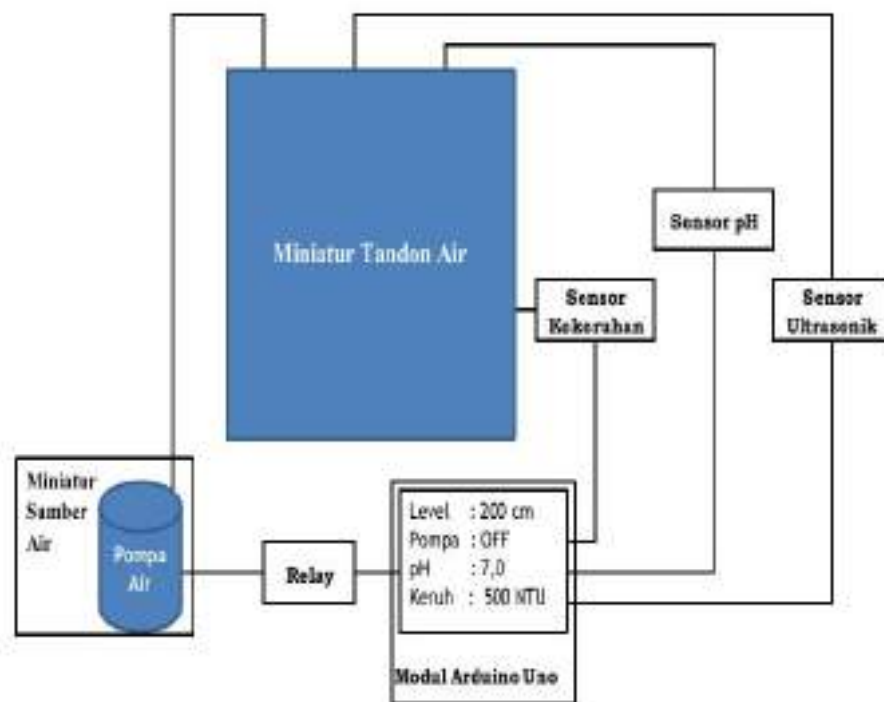
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Gambar Rancangan

4.1.1 Hasil Rancangan

Gambar dibawah ini adalah skema hasil rancangan perangkat keras yang menginformasikan nama dan penempatan tiap-tiap komponen hingga rencana tampilan LCD.



Gambar 4.1 Hasil Rancangan
(Sumber : Penulis)

4.1.2 Gambar Prototipe

Gambar dibawah ini adalah bentuk jadi prototipe dari hasil rancangan sebelumnya.



Gambar 4.2 Gambar Prototipe
(Sumber : Penulis)

4.2 Hasil Pengujian dan Kalibrasi Perangkat Keras

Setelah semua sensor diintegrasikan dengan Arduino Uno, maka wajib dilakukan pengujian apakah sensor tersebut dapat berfungsi sebagaimana yang diharapkan. Langkah awal adalah menulis coding agar sensor dapat bekerja. Setelah sensor bekerja selanjutnya dilakukan pengujian hasil pengukurannya apakah sesuai atau tidak jika dibandingkan

dengan alat ukur standar. Apabila tidak sesuai maka wajib dilakukan kalibrasi untuk memastikan kebenaran hasil pengukurannya. Uji validitas dan linearitas juga dilakukan untuk menjamin bahwa sensor tersebut linier (mengukur apa yang seharusnya diukur) dan konsisten (memberikan hasil yang sama pada pengukuran berulang). Uji validitas memastikan kesesuaian data sensor terhadap realitas, sedangkan uji linearitas memastikan nilai yang dihasilkan sedekat mungkin dengan nilai sebenarnya.

4.2.1 Sensor Ultrasonik

Sensor ultrasonik dalam sistem ini berfungsi untuk mengukur tinggi cairan dalam tandon air. Jika tinggi cairan kurang dari atau sama dengan 6 cm maka secara otomatis pompa air aktif untuk mengisi air sampai ketinggian 25 cm. Setelah mencapai ketinggian tersebut maka pompa berhenti bekerja untuk menghindari air meluber melebihi kapasitas tandon agar tidak terjadi pemborosan air dan listrik. Proses ini berulang secara otomatis yang dikendalikan oleh mikrokontroller Arduino Uno.

Penempatan sensor diletakkan di bagian atas tandon dengan arah kebawah, sehingga didapatkan jarak maksimum pengukuran yaitu jarak antara sensor dan dasar tandon adalah 31 cm.

Karena sensor hanya bisa membaca jarak antara sensor dan permukaan air (*jarak*), maka untuk mendapatkan pembacaan tinggi level air (*level*) digunakan persamaan :

$$level = 31 - jarak..... persamaan (4.1)$$

Kode untuk membaca (*jarak*) adalah "*jarak=sonar.ping_cm()*" dalam satuan sentimeter dengan daya baca 1 sentimeter.

Pengujian dilakukan dengan meletakkan benda uji (padat) diatas mistar besi yang sudah terkalibrasi dari jarak 5 cm sampai dengan 30 cm dengan interval tiap 5 cm untuk dibaca sensor ultrasonik masing-masing sebanyak 5 (lima) kali sehingga jumlah data sebanyak 30 (tiga puluh) buah.

Dari data pengujian tersebut sebagaimana pada tabel 4.1 Perbandingan Hasil Pembacaan Sensor dan Jarak Uji (terlampir) didapatkan kesalahan rata-rata sebesar 1,022 %. Kesalahan maksimum terdapat pada jarak uji 5 cm sebesar 20%. Karena kesalahan rata-rata relatif kecil dan terjadinya kesalahan sebanyak 5 data dari total 30 data maka tidak perlu dilakukan kalibrasi.



Gambar 4.3 Foto Kalibrasi Sensor Ultrasonik
(Sumber : Penulis)

Untuk pengujian validitas menggunakan *freeware* Jamovi sebagai alternatif dari SPSS, sedangkan untuk uji linearitas menggunakan analisis regresi. Dari hasil pengujian validitas didapatkan nilai Pearson's r sebesar 0,999 dan $p\text{-value} < 0.001$ (terlampir Tabel 4.2 Hasil Uji Validitas Sensor Jarak).



Gambar 4.4 Grafik Hubungan Jarak Uji dengan Pembacaan Sensor Ultrasonik (Sumber : Penulis)

Berdasarkan gambar diatas didapatkan nilai $R^2=0.9976$ ($R^2 \geq 0,95$; sangat linier) yang berarti model kalibrasi sensor sangat andal dan mampu menjelaskan lebih dari 95% variasi data aktual. Data pembacaan sensor (variabel aktual) cocok dengan data jarak uji (variabel target).

Dapat disimpulkan bahwa sensor jarak tersebut valid (dengan $p\text{-value} < 0,05$ dan korelasi Pearson sangat kuat $> 0,9$) dan linier ($R^2 \geq 0,95$).

4.2.2 Sensor pH

Sensor pH digunakan untuk mengetahui derajat keasaman air dalam tandon dengan satuan pH sebagai salah satu parameter dasar untuk menentukan kualitas air. Sensor ini merupakan sensor analog sehingga untuk mendapatkan nilai pH perlu dilakukan pengaturan awal terkait nilai ADC dan nilai tegangan yang dikeluarkan oleh sensor. Pada sensor analog tidak terdapat kode perintah untuk mendapatkan nilai output secara langsung. Sehingga rumusan untuk

mengubah dari tegangan menjadi besaran pH memerlukan langkah kalibrasi.

Kalibrasi yang dilakukan pada sensor pH menggunakan metode 2 (dua) titik yaitu pada pH 4,01 dan pH 9,18. Dari hasil sampling tegangan sebanyak 50 (lima puluh) kali pada pH 4,01 didapatkan rata-rata tegangan sebesar 4,3 volt (Tabel 4.3 Data Tegangan Saat pH 4,01 terlampir). Sedangkan pada pH 9,18 dengan cara yang sama didapatkan rata-rata tegangan sebesar 3,75 volt (Tabel 4.4 Data Tegangan Saat pH 9,18 terlampir).

Secara matematis data-data diatas sebelum membuat persamaan pH bisa ditulis sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{ph1} &= 4,01 & \text{v1} &= 4,3 \\ \text{ph2} &= 9,18 & \text{v2} &= 3,75 \end{aligned}$$

Kemudian bisa dibuat persamaan pH nya sebagai berikut :

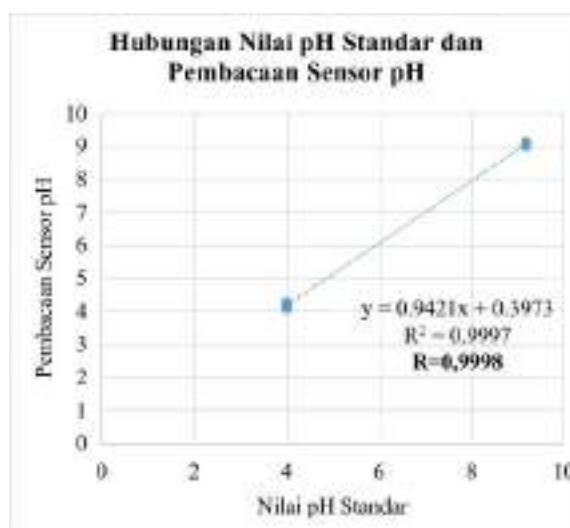
$$\begin{aligned} \text{Step} &= \frac{\text{v1}-\text{v2}}{\text{ph2}-\text{ph1}} \dots\dots\dots \text{persamaan (4.2)} \\ &= \frac{4,3-3,75}{9,18-4,01} \\ &= \frac{0,55}{5,17} \\ &= 0.106382979 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{pH} &= \text{ph1} + \left(\frac{\text{v1}-\text{vsensor}}{\text{step}} \right) \dots\dots\dots \text{persamaan (4.3)} \\ &= 4,01 + \left(\frac{4,3-\text{vsensor}}{0,106382979} \right) \end{aligned}$$

Setelah persamaan diatas dimasukkan pada baris perintah, perlu dilakukan verifikasi lagi terhadap nilai pH 4,01 dan pH 9,18 untuk mengetahui kesalahan rata-rata sensor. Pada pH 4,01

didapatkan pembacaan rata-rata 4,175 dengan kesalahan rata-rata 4,11% sebagaimana terlampir dalam Tabel 4.5 Pembacaan Sensor dengan pH 4,01. Pada pH 9,18 didapatkan pembacaan rata-rata 9,046 dengan kesalahan rata-rata sebesar -1,046% sebagaimana terlampir pada Tabel 4.6 Pembacaan Sensor dengan pH 9,18.

Pada pengujian validitas didapatkan Pearson's r sebesar 1.000 dengan p -value < 0.01 (terlampir Tabel 4.7 Hasil Uji Validitas Pembacaan Sensor pada pH 4,01 dan pH 9,18).



Gambar 4.5 Grafik Hubungan Nilai pH Standar dan Pembacaan Sensor pH (sumber : penulis)

Pada pengujian linearitas berdasarkan gambar diatas didapatkan nilai $R^2 = 0.9997$ ($R^2 \geq 0.95$; sangat linier) yang berarti model kalibrasi sensor sangat andal dan mampu menjelaskan lebih dari 95% variasi data aktual. Data pembacaan sensor (variabel aktual) cocok dengan nilai pH standar (variabel target).

Dapat disimpulkan bahwa sensor pH tersebut valid (dengan p -value < 0.01 dan korelasi Pearson sangat kuat > 0.9) dan linier ($R^2 \geq 0.95$).

Setelah dinyatakan valid dan reliabel dilanjutkan dengan pengujian terhadap 5 (lima) sampel cairan dan didapatkan kesalahan rata-rata sensor pH sebesar -4,61% (terlampir Tabel 4.8 Perbandingan Hasil Pembacaan pH meter dan sensor pH).

Dilanjutkan dengan pengujian validitas kinerja sensor pH terhadap 5 (lima) sampel tersebut didapatkan nilai Pearson's r sebesar 1 dengan p -value $< 0,01$ (terlampir Tabel 4.9 Hasil Uji Validitas Sensor pH Terhadap 5 Sampel).



Gambar 4.6 Grafik Hubungan Penunjukan pH meter dan Penunjukan Sensor pH (sumber : penulis).

Pada pengujian linearitas berdasarkan gambar diatas didapatkan nilai $R^2=0.9998$ ($R^2 \geq 0,95$; sangat linier) yang berarti model kalibrasi sensor sangat andal dan mampu menjelaskan lebih dari 95% variasi data aktual. Data pembacaan sensor (variabel aktual) cocok dengan nilai pH standar (variabel target).

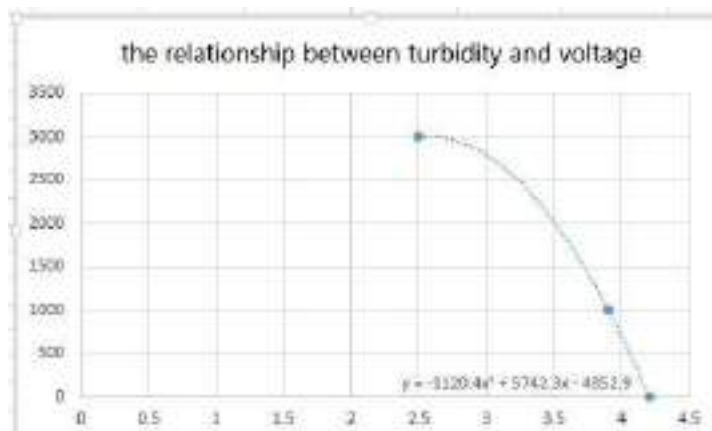
Dapat disimpulkan bahwa sensor pH tersebut valid (dengan p -value $< 0,01$ dan korelasi Pearson sangat kuat $> 0,9$ dan linier ($R^2 \geq 0,95$)).



Gambar 4.7 Pengambilan Data pH dan Kekeruhan dari 5 Sampel Cairan (Sumber : Penulis)

4.2.2 Sensor Kekeruhan

Sensor Kekeruhan digunakan untuk mengetahui tingkat kekeruhan air dalam tandon dengan satuan NTU sebagai salah satu parameter dasar untuk menentukan kualitas air. Sensor ini merupakan sensor analog sehingga untuk mendapatkan nilai NTU perlu dilakukan pengaturan awal terkait tegangan yang dikeluarkan oleh sensor. Pada sensor analog tidak terdapat kode perintah untuk mendapatkan nilai output secara langsung.



Gambar 4.8 Grafik dan Persamaan Hubungan Tegangan dan Kekeruhan (Sumber : DFRobot)

Pada gambar 4.6 diatas menunjukkan hubungan tegangan keluaran sensor dengan nilai NTU yang dihasilkan. Pada tegangan lebih dari 4,2 volt menghasilkan 0,5 NTU, sedangkan pada tegangan kurang dari atau sama dengan 2,5 volt menghasilkan kekeruhan maksimal yaitu 3.000 NTU. Untuk tegangan diluar nilai tersebut nilai NTU menggunakan persamaan :

$$y = -1120.4x^2 + 5742.3x - 4352 \dots \dots \dots \text{persamaan (4.4)}$$

dimana :

y = Nilai NTU yang dihasilkan

x = Tegangan keluaran sensor (volt)

Berdasarkan informasi diatas dapat disusun kode instruksi pembacaan NTU sebagai berikut :

```
if (vturb < 2.5)
{
    NTU = 3000; // Kriteria air sangat keruh
} else if (vturb >= 4.2)
```

```

{
    NTU = 0.5; // Batas Air demineralisasi
} else
{
    // Rumus sesuai datasheet
    NTU = -1120.4 * sq(vturb) + 5742.3 * vturb - 4352.9;
}

```

Setelah kode instruksi diunggah, maka dilakukan pengujian pembacaan kekeruhan. Karena tidak adanya larutan NTU standar kalibrasi berupa larutan Formazine maka digunakan sampel berupa air demineralisasi dengan asumsi nilainya 0,5 NTU sebagaimana syarat maksimum kekeruhan untuk kategori air minum.

Dari hasil pengujian sebagaimana terlampir pada Tabel 4.10 Data Pembacaan Sensor Pada Kekeruhan 0,5 NTU didapatkan pembacaan rata-rata sebesar 0,54 NTU dengan kesalahan rata-rata sebesar 7%.



Gambar 4.9 Foto Kalibrasi Sensor Kekeruhan
(Sumber : Penulis)

4.3 Uji Fungsionalitas

4.3.1 LCD

Untuk menampilkan informasi berupa level air, status pompa, pH dan kekeruhan digunakan LCD dengan kapasitas 20 kolom dan 4 baris (20x4). Adapun tampilan dari LCD setelah dilakukan penulisan program sebagai berikut :



Gambar 4.10 Tampilan LCD 20 x 4
(Sumber : Penulis)

4.3.2 Relay dan Pompa Air

Berikut ini adalah hasil pengujian kinerja relay dan pompa berdasarkan ketinggian level air :

1. $6\text{ cm} < \text{level} < 25\text{ cm}$: Relay dan pompa air dalam kondisi mati atau tidak bekerja karena belum terpicu oleh batas minimum dan batas maksimum level air. Pada kondisi ini nilai kekeruhan air tidak berpengaruh terhadap output relay dan pompa.
2. $\text{level} \leq 6\text{ cm}$ dan $\text{NTU} < 25$: Relay aktif dan menghidupkan pompa untuk mengisi air ke tandon. Pengisian ini terus berlangsung hingga tercapainya level setinggi 25 cm. Setelah mencapai ketinggian tersebut relay tidak aktif dan mematikan pompa.



Gambar 4.11 Modul Relay. Kiri : Relay Mati.
Kanan : Relay Aktif (Sumber : Penulis)

4.4 Pembahasan

4.4.1 Temuan Penelitian

- a) Kecepatan gelombang ultrasonik pada udara tidaklah konstan tetapi tergantung kepada media, suhu dan tekanan udara. Sehingga saat melakukan kalibrasi wajib dilakukan pengkondisian suhu dan tekanan udara yang sama dengan kondisi riil.
- b) Paket library untuk membaca jarak dari sensor ultrasonik terbatas pada jarak 2 cm sampai dengan 400 cm dengan daya baca terkecil sebesar 1 cm.

4.4.2 Kendala dan Solusi

- a) Sensor pH dan kekeruhan untuk skala project mini tidak tahan air, sehingga perlu ditambahkan proteksi agar bisa dicelupkan ke dalam air.
- b) Larutan Formazine Standar sangat diperlukan untuk kalibrasi sensor kekeruhan. Dalam penelitian ini larutan formazine tersebut tidak dimiliki oleh laboratorium sehingga sebagai

gantinya menggunakan air demineralisasi dengan asumsi kekeruhannya sebesar 0,5 NTU.

4.4.3 Penyusunan Kode Instruksi

Setelah semua peralatan terkalibrasi dan sudah berfungsi sebagaimana yang diharapkan, maka kode perintah untuk masing-masing perangkat input dan output digabung menjadi satu sebagai suatu kesatuan sistem. Kode perintah secara lengkapnya terdapat pada lampiran tersendiri sebagai bagian yang tidak terpisah dari laporan ini.

4.4.4 Output Sistem Terhadap Variasi Input

Berdasarkan flowchart kerja alat sebagaimana yang dirancang pada Bab 3, kalibrasi dan diterjemahkan melalui kode perintah, maka output sistem terhadap variasi input dapat diuraikan sebagai berikut :

a. Sistem Monitoring pH

Sistem monitoring pH bersifat pasif hanya menampilkan informasi pH sebagaimana input yang diterima sensor tanpa memberikan respon atau umpan balik untuk diproses ke tindakan selanjutnya. Jadi berapapun nilai pH yang ditampilkan tidak berpengaruh terhadap eksekusi sistem kontrol.

b. Sistem Kontrol Level Air

Pada sistem kontrol menggunakan 2 (dua) buah input yaitu level air dan kekeruhan untuk menentukan eksekusi pengisian tandon air melalui pompa air. Pada Tabel 4.11 dibawah ini menunjukkan output sistem saat menerima variasi input :

Tabel 4.11 Output Sistem Terhadap Variasi Input

No.	Input		Output
	Level	NTU	
1	≤ 6 cm	≤ 25	Pompa aktif sampai level 25 cm
2	≤ 6 cm	> 25	Pompa mati
3	> 6 cm dan < 25 cm	≤ 25	Pompa mati
4	> 6 cm dan < 25 cm	> 25	Pompa mati
5	≥ 25 cm	≤ 25	Pompa mati
6	≥ 25 cm	> 25	Pompa mati

(Sumber : Penulis)

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengujian yang dilakukan sebelumnya didapatkan data sebagai berikut :

1. Uji kinerja komponen untuk memastikan bahwa setiap komponen yang diperlukan bisa bekerja sesuai dengan tujuan perancangan telah berhasil dilakukan dengan indikator bahwa komponen input (sensor ultrasonik, sensor pH dan sensor kekeruhan) mampu mengeluarkan sinyal output untuk diolah Arduino Uno. Sedangkan pada komponen output (LCD, relay dan pompa) mampu beroperasi sesuai dengan program yang ditulis pada Arduino Uno..
2. Kalibrasi sensor ultrasonik untuk memastikan kebenaran hasil pengukuran jarak telah dilakukan dan didapatkan kesalahan rata-rata untuk jarak pengukuran 5 cm sampai dengan 31 cm sebesar 1,022 %.
3. Hasil dari kalibrasi sensor pH untuk memastikan kebenaran hasil pengukuran pH didapatkan kesalahan rata-rata pada pengukuran pH standar 4,01 sebesar 4,11 %, Sedangkan pada pH standar 9,18 sebesar -1,46 %.
4. Hasil dari kalibrasi sensor kekeruhan didapatkan kesalahan rata-rata pada pengukuran 0,5 NTU sebesar 0,43 %
5. Secara umum sistem monitoring kualitas air (pH dan kekeruhan) dan kontrol level ketinggian air berhasil bekerja sesuai indikator keberhasilan sebagai berikut :
 - a. Pompa hidup dan mati secara otomatis menyesuaikan dengan kondisi ketinggian level air.
 - b. Nilai pH air ditampilkan ke LCD
 - c. Nilai kekeruhan air ditampilkan ke LCD.

5.2 Saran

Sebagai langkah perbaikan dan pengembangan kedepannya, penulis menyarankan beberapa hal sebagai berikut :

1. Penggunaan PCB (*Printed Circuit Box*) yang digunakan dalam penelitian ini berjenis matriks dimana jalur konduktor dibuat secara manual yang rentan terhadap noise yang dapat mengganggu sinyal dari sensor. Lebih baik menggunakan PCB jenis *cooper clad* untuk menghasilkan jalur konduktivitas yang lebih baik.
2. Pada proses kalibrasi sensor kekeruhan sebaiknya menggunakan larutan standar formazin untuk menghasilkan pembacaan NTU yang lebih akurat.
3. Pemasangan sensor pH dan kekeruhan sebaiknya dipasang pada jalur sebelum tandon, sehingga kalau nilainya tidak memenuhi syarat kesehatan maka pompa tidak akan bekerja untuk mengisi air ke dalam tandon.
4. Untuk menghindari hal-hal yang tidak terduga sebaiknya ditambahkan *Emergency Stop Switch*.
5. Untuk pengembangan lebih lanjut bisa diintegrasikan melalui IoT (Internet of Thing) agar dapat dimonitor dari jarak jauh.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, R. (2018). Implikasi penggunaan display LCD 16x2 dan 20x4 I2C pada instrumentasi pengukuran berbasis mikrokontroler. *Jurnal Otomasi dan Kontrol Sistem*, 5(2), 45–52.
- Aldiyan, M. (2021). Analisis keandalan saklar relay elektromagnetik terhadap lonjakan transient listrik pada aktuasi beban induktif pompa air AC. *Jurnal Teknik Elektro dan Vokasi*, 7(1), 112–119.
- Al-Fuqaha, A., Guizani, M., Mohammadi, M., Aledhari, M., & Ayyash, M. (2015). Internet of Things: A survey on enabling technologies, protocols, and applications. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 17(4), 2347–2376. <https://doi.org/10.1109/COMST.2015.2444095>
- Amin, Ahmadil., (2018). Monitoring Water Level Control Berbasis Arduino Uno Menggunakan LCD LM016L, *Jurnal EEICT* Vol. 1 Tahun 2018 : 041-052 eISSN: 2615-2169.
- Amin, M. (2018). Rancang bangun sistem otomatisasi pengisian tandon air rumah tangga berbasis sensor ultrasonik HC-SR04 dan mikrokontroler ATmega328P. *Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sistem Komputer*, 4(1), 23–30.
- Astrom, K. J., & Murray, R. M. (2021). *Feedback systems: An introduction for scientists and engineers* (2nd ed.). Princeton University Press.
- Badan Standardisasi Nasional. (2022). Panduan pengukuran pH dengan teknik kalibrasi 2-titik (Nomor SNSU PK.K-01:2022). Direktorat Standar Nasional Satuan Ukuran Termoelektrik dan Kimia BSN.
- Bilqis, Haniefa, (2023). *Pengelolaan Air Bersih Di Wilayah Perkotaan (Studi Pada PAM Jaya dan DInas Sumber Daya Air Provinsi DKI Jakarta)*. Diploma thesis, Universitas Nasional.
- Cindy, A. (2022). Uji linieritas dan pemodelan polinomial sensor kekeruhan optik SEN0189 DFRobot terhadap larutan standar Formazin. *Jurnal Sensor dan Instrumentasi Fisika*, 3(2), 77–84.
- Dewanto, Eki dkk (2018). *Tandon Air Otomatis Dengan Sistem Monitoring Melalui Android Berbasis Arduino Uno*. Skripsi, Teknik Elektronika, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta 2018.

- DFRobot. (2023). Analog turbidity sensor for Arduino (SEN0189) wiki manual. DFRobot Technology. https://wiki.dfrobot.com/Turbidity_sensor_SKU__SEN0189
- Displaytech. (2021). LCD module 20x4 character specification sheet. Displaytech Ltd.
- Fajrin, N. (2020). Pengkondisian sinyal dan teknik kalibrasi elektroda gelas sensor pH modul 4502C pada pemantauan kualitas air akuaponik. *Jurnal Rekayasa Elektro dan Informatika*, 8(2), 101–108.
- Franklin, G. F., Powell, J. D., & Emami-Naeini, A. (2019). *Feedback control of dynamic systems* (8th ed.). Pearson.
- Gunawan, Indra (2020). Prototipe Penerapan Internet Of Things (Iot) Pada Monitoring Level Air Tandon Menggunakan Nodemcu Esp8266 Dan Blynk.
- Hanafi, A. (2017). Sistem monitoring kualitas air kolam terintegrasi sensor pH dan suhu berbasis Arduino. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika dan Instrumentasi*, 2(1), 12–19.
- Hanifah Fajrin, (2020). Alat Pengukur pH Berbasis Arduino, *Jurnal Teknik Elektromedik* Vol. 5 Tahun 2020 : ISSN 2716-0505.
- Irwansyah, F. (2024). Perancangan aktuasi pompa celup DC berdasar elevasi air tandon berbasis kontrol biner Arduino. *Jurnal Rekayasa Mesin dan Otomasi*, 9(1), 55–63.
- Joko, T. (2010). *Unit produksi dalam sistem penyediaan air minum*. Penerbit Graha Ilmu.
- Kadir, A. (2015). *Panduan praktis mempelajari mikrokontroler dan pemrogramannya menggunakan Arduino*. Penerbit Andi.
- Kumar, S., & Sahoo, S. (2019). Smart water quality monitoring system using wireless sensor networks: A review. *IEEE Sensors Journal*, 19(22), 10123–10134. <https://doi.org/10.1109/JSEN.2019.2932145>
- Kuo, B. C. (2014). *Automatic control systems* (9th ed.). Wiley.
- Kurniawan, A. (2019). Pemrograman antarmuka I2C PCF8574 untuk ekspansi LCD alfanumerik pada mikrokontroler 8-bit. *Jurnal Sains Komputer dan Teknologi Informasi*, 6(1), 33–40.

- Laili1, Abu dkk (2019). Saklar Otomatis Pengisian Tandon Air Berbasis Arduino Uno.
- Lawler, D. F., & Benjamin, M. M. (2013). Water quality engineering: Physical / chemical treatment processes. John Wiley & Sons.
- Mulyanto, Yudi (2025). Rancang Bangun Sistem Kontrol dan Monitoring Air Tandon Memanfaatkan Ultrasonik HC-SR04 dan Sensor Kekeruhan Optik Berbasis Internet Of Things (IOT). *Jurnal TEKNIMEDIA* Volume 6, Nomor 1 Juni 2025: 135 - 141.
- Myint, C. Z., Gopal, L., & Aung, Y. L. (2017). Reconfigurable smart water quality monitoring system in IoT environment. *IEEE/CAA Journal of Automatica Sinica*, 6(1), 55–62. <https://doi.org/10.1109/JAS.2017.7510804>
- NXP Semiconductors. (2015). PCF8574/PCF8574A remote 8-bit I/O expander for I2C-bus datasheet. NXP Semiconductors N.V.
- Ogata, K. (2010). Modern control engineering (5th ed.). Prentice Hall.
- P. N. Setiawati (2025). "Sistem Monitoring Realtime Kualitas Air Berbasis IOT dengan NodeMCU ESP32." *JIKA (Jurnal Informatika)*, 9(3), 347-354.
- Prasad, A. N., Mamun, K. A., Islam, F. R., & Haq, H. (2020). Smart water quality monitoring system using IoT and machine learning. *IEEE Access*, 8, 124567–124579. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3006789>
- Pratama, I., & Kurniawan, D. (2022). Penerapan pita histeresis untuk eliminasi chattering saklar relay pada sistem otomasi tandon air. *Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, 10(2), 145–152.
- Putra, Beri Aditama (2021), *Rancang Bangun Resirkulasi dan Monitoring pH air pada Akuarium Ikan Hias dengan NodeMCU ESP8266 Berbasis IoT*. Skripsi, Universitas Siliwangi.
- Putra, E. (2021). Desain tampilan multi-parameter kualitas dan level air pada LCD 20x4 I2C berbasis Arduino Uno. *Jurnal Teknologi Informasi dan Otomasi*, 7(3), 89–96.
- Rahaditia, (2020). *Sistem Pendeteksi Kualitas Air Bersih Menggunakan Sensor pH dan Sensor TDS Berbasis Mobile*. Skripsi, UIN Syarif Hidayatullah, 1-2.
- Rizal, M., (2020). *Pengukuran Teknik : Dasar dan Aplikasi*. Syah Kuala University Press.

- Rohpandi, D. (2021). Kajian efektivitas desinfeksi klorinasi terhadap tingkat kekeruhan dan pH air bersih domestik. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 20(1), 40–47.
- Supriyadi, S., Wibowo, A., & Hidayat, T. (2020). Analisis akurasi pengukuran sensor ultrasonik HC-SR04 dan sensor pH pada sistem instrumentasi air. *Jurnal Fisika Terapan dan Instrumentasi*, 8(1), 29–36.
- Ullo, S. L., & Sinha, G. R. (2020). Advances in smart environment monitoring systems using IoT and wireless sensor networks. *Sensors*, 20(11), Article 3113. <https://doi.org/10.3390/s20113113>
- Wicaksono, M.F. (2019). *Aplikasi Arduino dan Sensor*. Informatika.
- Wijaya, H., Santoso, B., & Setiawan, R. (2020). Analisis efisiensi daya dan keandalan motor pompa air pada kontrol biner histeresis. *Jurnal Energi dan Kelistrikan*, 12(2), 99–107.
- Zhang, K., Wang, Y., & Liu, X. (2021). Real-time IoT-based water quality and level monitoring: Architecture and field evaluation. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 70, 1–12. <https://doi.org/10.1109/TIM.2021.3098765>

Lampiran 1. Tabel Hasil Uji Bab IV

Tabel 4.1 Perbandingan Hasil Pembacaan Sensor dan Jarak Uji

Jarak Uji (cm)	Pembacaan Sensor (cm)	Kesalahan
5	6.0	20.00%
5	5.0	0.00%
5	5.0	0.00%
5	5.0	0.00%
5	5.0	0.00%
10	10.0	0.00%
10	10.0	0.00%
10	10.0	0.00%
10	10.0	0.00%
10	10.0	0.00%
15	15.0	0.00%
15	15.0	0.00%
15	15.0	0.00%
15	15.0	0.00%
15	15.0	0.00%
20	20.0	0.00%
20	20.0	0.00%
20	20.0	0.00%
20	20.0	0.00%
20	20.0	0.00%

Jarak Uji (cm)	Pembacaan Sensor (cm)	Kesalahan
25	25.0	0.00%
25	26.0	4.00%
25	26.0	4.00%
25	25.0	0.00%
25	24.0	-4.00%
30	31.0	3.33%
30	31.0	3.33%
30	30.0	0.00%
30	30.0	0.00%
30	30.0	0.00%
Kesalahan Rata-Rata		1.022%

(Sumber : Penulis)

Tabel 4.2 Hasil Uji Validitas Sensor Jarak

	Mistar	Sensor
Mistar	Pearson's r	—
	df	—
	p-value	—
	N	—
Sensor	Pearson's r	0.999
	df	28
	p-value	<.001
	N	30

(Sumber : Penulis)

Tabel 4.3 Data Tegangan Saat pH 4,01

No.	Volt	No.	Volt	No.	Volt
1	4.3	21	4.3	41	4.3
2	4.29	22	4.29	42	4.3
3	4.3	23	4.29	43	4.3
4	4.3	24	4.29	44	4.31
5	4.29	25	4.3	45	4.3
6	4.3	26	4.29	46	4.29
7	4.3	27	4.3	47	4.3
8	4.3	28	4.28	48	4.29
9	4.29	29	4.29	49	4.3
10	4.29	30	4.29	50	4.3
11	4.29	31	4.29	Rata2	4.3
12	4.29	32	4.29		
13	4.29	33	4.29		
14	4.29	34	4.29		
15	4.29	35	4.29		
16	4.29	36	4.29		
17	4.28	37	4.29		
18	4.3	38	4.3		
19	4.29	39	4.3		
20	4.3	40	4.29		

(Sumber : Penulis)

Tabel 4.4 Data Tegangan Saat pH 9,18

No.	Volt	No.	Volt	No.	Volt
1	3.75	21	3.76	41	3.77
2	3.76	22	3.76	42	3.76
3	3.75	23	3.75	43	3.76
4	3.77	24	3.75	44	3.76
5	3.76	25	3.76	45	3.76
6	3.76	26	3.76	46	3.76
7	3.77	27	3.76	47	3.77
8	3.77	28	3.75	48	3.75
9	3.75	29	3.75	49	3.76
10	3.76	30	3.76	50	3.76
11	3.76	31	3.76	Rata2	3.75
12	3.75	32	3.76		
13	3.76	33	3.76		
14	3.76	34	3.76		
15	3.77	35	3.75		
16	3.76	36	3.76		
17	3.75	37	3.76		
18	3.75	38	3.77		
19	3.75	39	3.76		
20	3.75	40	3.77		

(Sumber : Penulis)

Tabel 4.5 Pembacaan Sensor dengan pH 4,01

No.	pH	No.	pH	No.	pH
1	4.14	21	4.1	41	4.15
2	4.19	22	4.22	42	4.1
3	4.15	23	4.16	43	4.18
4	4.1	24	4.22	44	4.08
5	4.18	25	4.15	45	4.14
6	4.08	26	4.16	46	4.23
7	4.14	27	4.13	47	4.19
8	4.13	28	4.27	48	4.15
9	4.17	29	4.23	49	4.17
10	4.15	30	4.2	50	4.24
11	4.23	31	4.21	Rata2	4.175
12	4.23	32	4.21	Error	4.11%
13	4.19	33	4.18		
14	4.15	34	4.24		
15	4.17	35	4.19		
16	4.24	36	4.22		
17	4.27	37	4.21		
18	4.15	38	4.15		
19	4.16	39	4.14		
20	4.15	40	4.17		

(Sumber : Penulis)

Tabel 4.6 Pembacaan Sensor dengan pH 9,18

No.	pH	No.	pH	No.	pH
1	8.98	21	9.04	41	9.03
2	8.98	22	9.07	42	9.02
3	9.07	23	9.05	43	9.06
4	9.09	24	9.13	44	9.03
5	9.02	25	9.09	45	9.03
6	8.98	26	9.02	46	9.02
7	8.99	27	9.1	47	9
8	9.03	28	9.13	48	9.02
9	8.98	29	9.06	49	9.07
10	9.02	30	9.09	50	9.06
11	9.01	31	9.06	Rata2	9.046
12	9.1	32	9.05	Error	-1.46%
13	9.1	33	9.02		
14	9.12	34	9.07		
15	9.06	35	9.04		
16	8.99	36	9.04		
17	8.99	37	9.06		
18	9.02	38	9.04		
19	9.08	39	9.07		
20	9.02	40	9.1		

(Sumber : Penulis)

Tabel 4.7 Hasil Uji Validitas Pembacaan Sensor pada pH 4,01 dan pH 9,18

	pH Standar	pH Sensor
pH Standar	Pearson's r	—
	df	—
	p-value	—
pH Sensor	Pearson's r	1
	df	98
	p-value	<.001

(Sumber : Penulis)

Tabel 4.8 Perbandingan Hasil Pembacaan pH meter dan sensor pH

Sampel	Penunjukan pH meter	Penunjukan sensor pH	Kesalahan sensor pH
1	6.86	6.51	-5.10%
	6.86	6.52	-4.96%
	6.86	6.55	-4.52%
	6.86	6.52	-4.96%
	6.86	6.50	-5.25%
2	3.81	3.66	-3.94%
	3.81	3.59	-5.77%
	3.81	3.63	-4.72%
	3.81	3.62	-4.99%
	3.81	3.65	-4.20%
3	10.96	10.50	-4.20%
	10.96	10.54	-3.83%

Sampel	Penunjukan pH meter	Penunjukan sensor pH	Kesalahan sensor pH
	10.96	10.52	-4.01%
	10.96	10.47	-4.47%
	10.96	10.52	-4.01%
4	7.18	6.90	-3.90%
	7.18	6.86	-4.46%
	7.18	6.83	-4.87%
	7.18	6.86	-4.46%
	7.18	6.87	-4.32%
5	8.66	8.25	-4.73%
	8.66	8.23	-4.97%
	8.66	8.21	-5.20%
	8.66	8.23	-4.97%
	8.66	8.27	-4.50%
Kesalahan Rata-rata			-4.61%

(Sumber : Penulis)

Tabel 4.9 Hasil Uji Validitas Sensor pH Terhadap 5 Sampel

	pH meter	pH sensor
pH meter	Pearson's r	—
	df	—
	p-value	—
pH sensor	Pearson's r	1
	df	23
	p-value	<.001

(Sumber : Penulis)

Tabel 4.10 Data Pembacaan Sensor Pada Kekeruhan 0,5 NTU

NTU Standar	Pembacaan Sensor	Pembacaan Rata-rata	Kesalahan Rata-Rata
0.5	0.5	0.54	7%
	0.5		
	0.6		
	0.6		
	0.5		

(Sumber : Penulis)

Lampiran 2. Kode Perintah Arduino Uno

```
#include<avr/wdt.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <NewPing.h>
#include <Wire.h>
#define pintriger 4 // pin 4 sebagai triger
#define pinecho 2 // pin 2 sebagai echo
#define MAX_DISTANCE 32 // Menentukan jarak maksimum yang dibaca
sensor
NewPing sonar(pintriger, pinecho, MAX_DISTANCE); // Deklarasi fungsi
NewPing
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,20,4); // set LCD dg alamat 0x27 untuk tampilan 20
karakter x 4 baris
const int relay=12;
float durasi, NTU, level, jarak;
String NTUS;
String phs;
String levels;
const int sensorPin = A2; // Pin sensor pH
float teganganReferensi = 5.0;

void setup()
{
  wdt_disable();
  delay(2000);
  Serial.begin(9600);
  lcd.init();           // initialize lcd
  // Print a message to the LCD.
  lcd.backlight();
  lcd.clear();
```

```

lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("LEVEL =");
lcd.setCursor(14,0);
lcd.print("cm");
lcd.setCursor(1,1);
lcd.print("PUMP =");
lcd.setCursor(8,1);
lcd.print("OFF");
lcd.setCursor(3,2);
lcd.print("PH =");
lcd.setCursor(2,3);
lcd.print("NTU =");
pinMode(relay,OUTPUT);
digitalWrite(relay, LOW);
wdt_enable(WDTO_8S);
}

```

```

void loop()
{
  //ultrasonic
  lcd.setCursor(8,0);
  lcd.print("  ");
  delay(50);
  jarak=sonar.ping_cm();
  level = 31-jarak;
  levels=String(level,1);
  Serial.println(jarak,1);
  lcd.setCursor(8,0);
  lcd.print(levels);
}

```

```

delay(500);

//Turbidity
lcd.setCursor(8,3);
lcd.print("  ");
delay(50);
unsigned long startTimet = millis();
long totalNilaiADCt = 0;
int jumlahSampelt = 0;

// Loop selama 1000ms (1 detik)
while (millis() - startTimet < 1000)
{
totalNilaiADCt += analogRead(A0);
jumlahSampelt++;
delay(1); // Jeda kecil antar sampel untuk stabilitas
}
// Menghitung rata-rata ADC
float rataADCt = (float)totalNilaiADCt / jumlahSampelt;

// Konversi ADC ke Tegangan (ADC 10-bit: 0-1023)
float vturb = (rataADCt * 5) / 1023.0;

if (vturb < 2.5) {
NTU = 3000; // Kriteria air sangat keruh
} else if (vturb >= 4.2) {
NTU = 0.5; // Batas Air demineral
} else {
// Rumus sesuai datasheet
NTU = -1120.4 * sq(vturb) + 5742.3 * vturb - 4352.9;

```

```
}  
NTUS = String(NTU,1);  
lcd.setCursor(8,3);  
lcd.print(NTUS);  
  
//relay  
if (level <= 6.00 && NTU <= 25)  
{  
    digitalWrite(relay, HIGH);  
    lcd.setCursor(8,1);  
    lcd.print("ON ");  
}  
if (level <= 6.00 && NTU > 25)  
{  
    digitalWrite(relay, LOW);  
    lcd.setCursor(8,1);  
    lcd.print("OFF ");  
}  
if (level >=25.00)  
{  
    digitalWrite(relay, LOW);  
    lcd.setCursor(8,1);  
    lcd.print("OFF");  
}  
  
//pH  
unsigned long startTime = millis();  
long totalNilaiADC = 0;
```

```
int jumlahSampel = 0;

// Loop selama 1000ms (1 detik)
while (millis() - startTime < 1000)
{
    totalNilaiADC += analogRead(sensorPin);
    jumlahSampel++;
    delay(1); // Jeda kecil antar sampel untuk stabilitas
}

// Menghitung rata-rata ADC
float rataADC = (float)totalNilaiADC / jumlahSampel;

// Konversi ADC ke Tegangan (ADC 10-bit: 0-1023)
float teganganRata = (rataADC * teganganReferensi) / 1023.0;
float ph = 4.01 + ((4.17 - teganganRata)/0.106382979);
phs = String(ph,2);
lcd.setCursor(8,2);
lcd.print(phs);

wdt_reset();
}
```

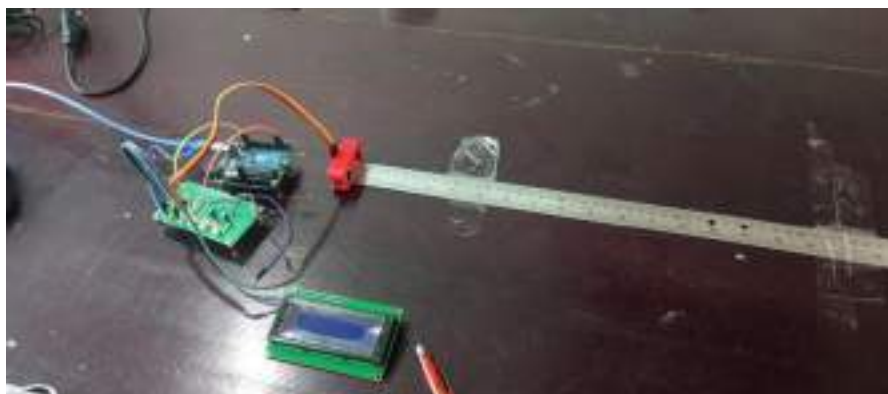
Lampiran 3. Dokumentasi Kegiatan



Pengujian Sensor Kekeruhan



Pengujian Relay



Persiapan Pengujian Sensor Ultrasonik



Pengujian LCD



Kondisi Meja Kerja



Pengujian Awal Kode Instruksi

RIWAYAT HIDUP



TONY HIDAYAT, A.Md, lahir di Malang pada tanggal 22 Agustus 1982, merupakan anak pertama dari Bapak Suwarto dan Ibu Sri Endriani. Pendidikan formal dimulai pada tahun 1988 di Sekolah Dasar Negeri Gondanglegi Kulon 02 Kecamatan Gondanglegi, tamat pada tahun 1994.

Pada tahun yang sama melanjutkan pendidikan ke Sekolah Lanjutan Tingkat Pertama Negeri 01 Gondanglegi, tamat pada tahun 1997. Pada tahun 1997 melanjutkan pendidikan di Sekolah

Menengah Atas Negeri 01 Gondanglegi, tamat pada tahun 2000. Pendidikan tinggi yang pertama dimulai pada tahun 2000 di Politeknik Universitas Brawijaya Jurusan Teknik Elektro Program Studi Teknik Elektronika. Pendidikan tinggi selanjutnya ditempuh tahun 2022 di Universitas Kaltara Tanjung Selor Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Jurusan Fisika. Pada Bulan Agustus 2025 melaksanakan Kuliah Kerja Nyata Mandiri (KKN-M) di UPTD Metrologi Legal, Kecamatan Tanjung Selor, Kabupaten Bulungan dan memulai penelitian untuk tugas akhir (Skripsi) pada bulan Oktober 2025 dan berakhir pada Bulan Februari 2026.