

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Bab ini akan membahas tinjauan pustaka yang terkait dan mendukung penelitian ini, berikut merupakan tinjauan pustaka yang diambil :

M. Fadhli Roby, Aryuanto Soetedjo, Irmalia Suryani Faradisa (2022) membuat penelitian dengan judul “Pengembangan Sistem Monitoring Kualitas Air pada IPAL Tirtarona Tlogomas Kota Malang Menggunakan IoT Berbasis Lora” dalam penelitiannya membahas pengembangan sistem pemantauan kualitas air Limbah menggunakan IoT berbasis Lora dengan menggunakan mikrokontroler ESP8266 dan Arduino Nano. [1]

Tabel 2.1. Ringkasan Penelitian Terdahulu

No	Nama Belakang Peneliti (Tahun)	Tujuan	Hasil	Perbedaan
1	Roby <i>et al</i> (2022)	Merancang dan mengembangkan sistem monitoring kualitas	Sistem pada transmitter berfungsi untuk mengirimkan data dari sensor pH, turbidity, DS18B20, dan DO pada setiap node.	Mikrokontroler yang dipakai, tidak menggunakan sensor DBS18B20,

Tabel 2.1. Ringkasan Penelitian Terdahulu

		effluent pada Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Tirtarona Tlogomas, Kota Malang berbasis IoT menggunakan teknologi LoRa (Long Range).	Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem pada node 1, 2, 3, dan 4 dapat bekerja dengan baik. Rata-rata error pembacaan sensor pada masing-masing node adalah 0,8% (node 1), 7,7% (node 2), 1,6% (node 3), dan 5,5% (node 4). Penggunaan modul LoRa SX1278 pada transmitter node juga lebih efisien dengan penghematan konsumsi daya sebesar 67%. Pengujian kekuatan sinyal (RSSI) pada receiver node berdasarkan jarak, elevasi, dan hambatan menghasilkan nilai rata-rata -80 dBm (node 1), -77 dBm (node 2), -86 dBm	tidak menggunakan transmitter dan receiver,
--	--	--	---	---

Tabel 2.1. Ringkasan Penelitian Terdahulu

			(node 3), dan -82 dBm (node 4). Selain itu, penggunaan modul LoRa meningkatkan efisiensi pengiriman data ke <i>webserver Thing Speak</i> sebesar 10% dibandingkan sistem sebelumnya. Data hasil pembacaan sensor juga berhasil dikirim dan disimpan secara real-time pada <i>database thing speak</i>.	
--	--	--	---	--

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Baku Mutu Air Limbah

Baku mutu air limbah merupakan standar yang menetapkan batas maksimum kandungan zat pencemar yang masih diperbolehkan terdapat dalam air limbah sebelum dibuang ke lingkungan. Standar tersebut ditetapkan untuk mencegah terjadinya pencemaran pada badan air maupun tanah akibat aktivitas suatu usaha atau kegiatan.[2]

Penetapan baku mutu air limbah meliputi beberapa parameter, seperti karakteristik fisika, kimia, serta beban pencemar yang diizinkan. Nilai batas setiap parameter telah ditentukan oleh pemerintah sebagai acuan dalam pengelolaan air limbah sehingga pembuangan limbah tidak menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan. (Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta, 2016).[3]

Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor: P.68/ Mernlhk/Setjen/ Kum.1/8/2016 Lampiran I Tentang Baku Mutu air Limbah Domestik Tersendiri. [4] nilai standar mutu air limbah memiliki parameter sebagai berikut :

Tabel 2.2. Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor: P.68/ Mernlhk/Setjen/ Kum.1/8/2016

No	Parameter	Satuan	Baku Mutu
Fisika			
1	Suhu	°C	Suhu udara ± 3
2	TSS	mg/L	< 30
Kimia			
1	pH	-	6-9
2	BOD ₅	mg/L	< 30
3	COD	mg/L	< 100
4	Amoniak /NH ₄ ⁺	mg/L	10
5	TDS	ppm	< 2000

2.2.2 PLC Outseal Nano V.5.2

Programmable Logic Controller (PLC) merupakan perangkat kontrol berbasis mikroprosesor yang dirancang untuk mengendalikan proses otomatis pada sistem industri. PLC mampu menjalankan berbagai fungsi logika, seperti pengendalian sekuensial, pencacahan, pewaktuan, hingga operasi aritmetika sesuai dengan program yang telah dibuat.

Pada awal pengembangannya, PLC digunakan sebagai pengganti sistem kontrol berbasis relay yang dinilai kurang fleksibel dan membutuhkan banyak pengawatan. Seiring berkembangnya teknologi mikroprosesor, PLC mengalami peningkatan kemampuan sehingga dapat diterapkan pada berbagai sektor industri dengan proses pemrograman yang lebih mudah dan efisien. Saat ini PLC tidak hanya digunakan sebagai pengendali mesin produksi, tetapi juga dimanfaatkan untuk sistem monitoring, pengumpulan data, komunikasi antarmesin, serta integrasi dengan perangkat otomatis lainnya. Kemampuan tersebut menjadikan PLC sebagai salah satu komponen penting dalam sistem otomasi industri modern.

Secara umum, PLC memiliki beberapa bagian utama, yaitu prosesor (CPU), memori, unit masukan (input), unit keluaran (output), serta catu daya. Dibandingkan komputer biasa, PLC memiliki keunggulan berupa ketahanan terhadap kondisi lingkungan industri, kemudahan pemrograman, dan tingkat keandalan yang tinggi dalam pengoperasian secara terus-menerus.



Gambar 2.2. PLC Outseal V.5.2

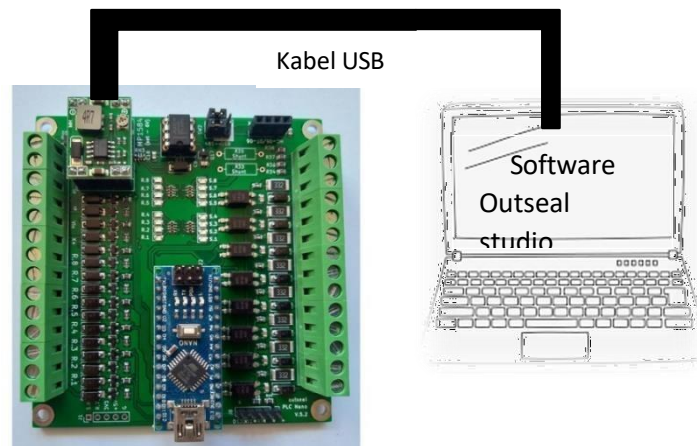
PLC Outseal Nano V.5.2 merupakan salah satu PLC yang dikembangkan di Indonesia untuk memenuhi kebutuhan sistem otomasi dengan biaya yang lebih terjangkau. Perangkat ini menggabungkan fungsi PLC dan mikrokontroler dalam satu papan sehingga cocok digunakan pada kegiatan pembelajaran, penelitian, maupun aplikasi industri skala kecil hingga menengah. [5]

Pemrograman PLC Outseal Nano V.5.2 dilakukan menggunakan perangkat lunak Outseal Studio yang menerapkan bahasa pemrograman Ladder Diagram. Program yang telah dibuat kemudian diunggah ke memori PLC melalui koneksi USB. Setelah proses unggah selesai, PLC dapat bekerja secara mandiri tanpa harus tetap terhubung dengan komputer.

PLC Outseal Nano V5.2 menggunakan mikrokontroler ATmega328P dengan frekuensi kerja 16 MHz serta mendukung input dan output digital maupun analog. Selain itu, perangkat ini telah dilengkapi komunikasi UART/RS485 dengan protokol Modbus RTU sehingga mudah diintegrasikan dengan sensor dan perangkat kontrol lainnya.

Berdasarkan spesifikasi tersebut, PLC Outseal Nano V.5.2 mampu diterapkan sebagai pengendali utama pada sistem monitoring dan kontrol kualitas air limbah yang dikembangkan dalam penelitian ini karena memiliki

kemampuan pemrosesan data yang baik, mudah diprogram, serta mendukung komunikasi dengan berbagai perangkat eksternal. [5]



Gambar 2.2. Proses PLC Outseal

PLC Outseal Nano V.5.2. adalah perpaduan antara papan PLC Outseal dan pengaman menjadi satu papan elektronik. *Bootloader* yang digunakan adalah adaptasi baru dari *bootloader* Outseal PLC (optiboot) sehingga pemrograman peralatan outseal juga dapat dilakukan dengan menggunakan IDE PLC Outseal seperti papan nano PLC Outseal. [5]

Tabel 2.3. Spesifikasi PLC Outseal Nano V.5.2

Fitur	Spesifikasi
CPU	Atmega328P, 16Mhz
Supply	24V DC $\pm 15\%$
Digital Input	8 Channels, sinking Type 3, IEC 61131-2 compliant 10-30 VDC, optimal isolation
Analog Input	2 Channels 10 bit, 0-5V
Digital Output	8 Channel, NPN Regulated current to 50Ma 5-28 VDC

Tabel 2.3. Spesifikasi PLC Outseal Nano V.5.2

<i>Communication Interface & protocol</i>	1 Channel, UART/RS485 & MODBUS RTU MASTER atau SLAVE
<i>Optimal Feature</i>	PWM High Speed Counter

2.2.3 Arduino Nano

Arduino adalah platform mikrokontroler open source yang digunakan untuk membuat sistem kendali dan otomasi. Platform ini terdiri dari papan mikrokontroler (hardware) dan Arduino IDE (software) yang digunakan untuk membuat serta mengunggah program ke mikrokontroler. Kemudahan dalam penggunaan serta banyaknya referensi yang tersedia menjadikan Arduino sering digunakan dalam bidang pendidikan, penelitian, maupun pengembangan berbagai sistem elektronik. [6]

Pada penelitian ini digunakan **Arduino Nano** sebagai pengolah data dari sensor sebelum dikirimkan ke PLC Outseal Nano V.5.2. Arduino Nano dipilih karena memiliki ukuran yang kecil, mudah diprogram, serta mampu berkomunikasi dengan berbagai jenis sensor dan modul pendukung.

Arduino Nano menggunakan mikrokontroler **ATmega328P** yang memiliki kemampuan untuk mengolah data digital maupun analog. Selain itu, papan ini telah dilengkapi pin input dan output yang dapat digunakan untuk menghubungkan sensor, aktuator, maupun perangkat

komunikasi lainnya. Arduino Nano juga mendukung komunikasi serial sehingga proses pertukaran data dengan PLC dapat dilakukan dengan baik.



Gambar 2.3. Arduino Nano

Papan Arduino Nano menggunakan mikrokontroler ATmega328 (untuk Arduino Nano versi 3.x) atau ATmega16 (untuk versi 2.x). Meskipun memiliki ukuran kecil, Arduino Nano memiliki kemampuan yang sebanding dengan Arduino Duemilanove. Berbeda dengan Arduino Duemilanove, Arduino Nano tidak memiliki konektor DC berjenis Barrel Jack, melainkan terhubung ke komputer melalui port USB Mini-B. Perangkat Arduino Nano ini dirancang dan diproduksi oleh perusahaan Gravitech.

2.2.3.1 **Arduino Nano**

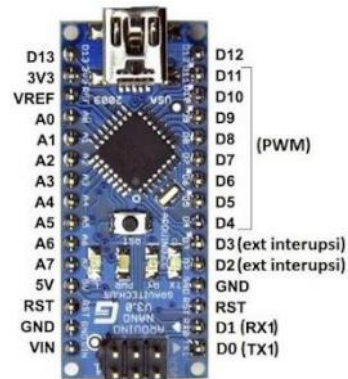
Arduino Nano memiliki 30 pin yang memiliki berbagai fungsi yang berbeda. Berikut adalah penjelasan mengenai beberapa pin penting pada Arduino Nano: VCC merupakan pin yang berfungsi sebagai pin masukan catu daya digital.

Beberapa pin penting yang terdapat pada Arduino Nano antara lain sebagai berikut :

1. **VCC** berfungsi sebagai masukan tegangan untuk memberi catu daya pada papan Arduino.
2. **GND** digunakan sebagai jalur ground atau referensi tegangan.
3. **AREF** digunakan sebagai referensi tegangan pada pembacaan input analog.
4. **RESET** berfungsi untuk mengulang proses kerja mikrokontroler dari awal.
5. **RX (Receive)** digunakan untuk menerima data melalui komunikasi serial.
6. **TX (Transmit)** digunakan untuk mengirimkan data melalui komunikasi serial.
7. **Pin Digital** digunakan sebagai masukan maupun keluaran sinyal digital.
8. **Pin PWM** digunakan untuk menghasilkan sinyal Pulse Width Modulation yang dapat dimanfaatkan untuk mengendalikan kecepatan motor atau mengatur tingkat kecerahan LED.
9. **Pin Analog (A0–A7)** digunakan untuk membaca sinyal analog dari sensor, seperti sensor pH dan sensor TDS.

Dengan spesifikasi tersebut, Arduino Nano mampu mendukung proses pembacaan data sensor secara stabil sehingga

sesuai digunakan sebagai bagian dari sistem monitoring kualitas air limbah pada penelitian ini.



Gambar 2.4. Konfigurasi Pin Arduino Nano

2.2.4 I/O Expansion Board Arduino Nano



Gambar 2.5. I/O Expansion Board Arduino Nano

I/O Expansion Board Arduino Nano merupakan papan tambahan yang digunakan untuk mempermudah proses pemasangan komponen pada Arduino Nano. Modul ini berfungsi sebagai penghubung antara Arduino dengan sensor, aktuator, maupun perangkat lainnya sehingga proses pengkabelan menjadi lebih rapi dan mudah dilakukan. [7]

Penggunaan I/O Expansion Board juga membantu mengurangi kesalahan saat pemasangan kabel karena setiap pin pada Arduino telah

disediakan dalam bentuk konektor yang mudah diakses. Dengan demikian, proses perakitan, pengujian, maupun perawatan sistem menjadi lebih praktis.

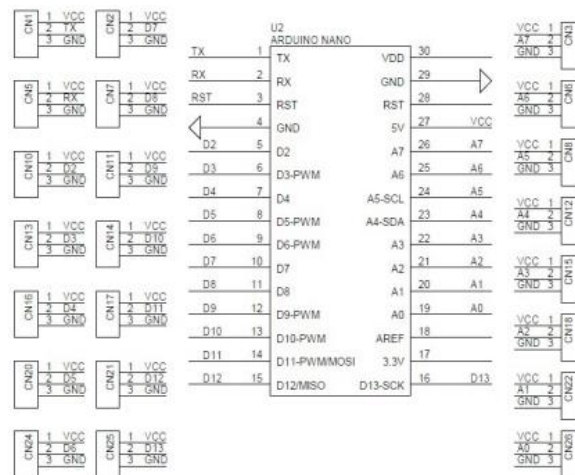
Pada umumnya, I/O Expansion Board telah dilengkapi dengan konektor untuk pin digital, pin analog, komunikasi serial (TX dan RX), komunikasi I2C (SDA dan SCL), serta jalur catu daya 5 V dan 3,3 V. Selain itu, modul ini juga memiliki terminal untuk sumber tegangan eksternal sehingga mampu menyuplai daya ke beberapa perangkat tambahan yang digunakan dalam sistem.

Beberapa fitur yang terdapat pada I/O Expansion Board Arduino Nano antara lain sebagai berikut.

1. Menyediakan seluruh pin input dan output Arduino Nano dalam bentuk konektor yang mudah digunakan.
2. Memiliki konektor komunikasi serial (TX dan RX) untuk memudahkan pertukaran data dengan perangkat lain.
3. Menyediakan konektor I2C sehingga modul seperti LCD dapat dipasang dengan lebih sederhana.
4. Dilengkapi terminal catu daya 5 V, 3,3 V, dan GND untuk menyuplai tegangan ke sensor maupun modul tambahan.
5. Memiliki regulator tegangan yang membantu menjaga kestabilan sumber daya.

6. Tersedia LED indikator sebagai penanda bahwa modul telah mendapatkan catu daya.
7. Dilengkapi tombol **reset** untuk memudahkan proses pemrograman maupun pengujian sistem.

Pada penelitian ini, I/O Expansion Board digunakan untuk mempermudah proses pemasangan sensor pH, sensor TDS, sensor suhu DS18B20, serta modul pendukung lainnya ke Arduino Nano. Penggunaan modul ini membuat rangkaian menjadi lebih rapi, mudah diperiksa, dan mengurangi kemungkinan terjadinya kesalahan saat proses perakitan.



Gambar 2.6. Konfigurasi I/O Expansion Board Arduino Nano

2.2.5 Sensor pH Meter

Sensor pH merupakan alat yang digunakan untuk mengukur tingkat keasaman atau kebasaan suatu larutan. Hasil pengukuran dinyatakan dalam bentuk nilai pH dengan rentang 0 sampai 14. Larutan yang memiliki nilai pH kurang dari 7 bersifat asam, nilai pH sama

dengan 7 bersifat netral, sedangkan nilai pH lebih dari 7 menunjukkan bahwa larutan bersifat basa. [8]

Prinsip kerja sensor pH didasarkan pada elektroda yang mampu mendeteksi konsentrasi ion hidrogen di dalam larutan. Perubahan konsentrasi ion tersebut akan menghasilkan sinyal listrik yang selanjutnya diproses oleh modul sensor menjadi data yang dapat dibaca oleh mikrokontroler.

Agar hasil pengukuran tetap akurat, sensor pH perlu dilakukan kalibrasi secara berkala menggunakan larutan buffer standar. Proses kalibrasi bertujuan untuk mengurangi kesalahan pembacaan yang dapat terjadi akibat perubahan karakteristik elektroda selama pemakaian.

Pada penelitian ini, sensor pH digunakan untuk memantau tingkat keasaman air limbah secara **real-time**. Data yang diperoleh dari sensor kemudian dikirim ke Arduino Nano untuk diproses sebelum diteruskan ke PLC Outseal Nano V.5.2. Nilai pH yang terbaca menjadi salah satu parameter yang digunakan dalam proses monitoring kualitas air limbah sehingga kondisi air dapat diketahui sesuai dengan standar yang telah ditetapkan.



Gambar 2.7. Sensor pH Meter

Tabel 2.4. Spesifikasi Sensor pH meter

Item	Spesifikasi
Tegangan Catu Daya	5VDC
Rentang Pengukuran	0 - 14PH
Suhu pengukuran	0 - 60 °C
Akuras	$\pm 0.1\text{pH}$ (25 °C)
Waktu Respon	≤ 1 menit
Konektor	BNC
Antarmuka	pH2.0 (tambalan 3 kaki)
Potensiometer	Adjustable
Indikator Daya	LED
Ukuran modul	43 x 32mm (1.69x1.26 ")

2.2.6 Sensor TDS Meter



Gambar 2.8. Sensor TDS Meter

Total Dissolved Solod (TDS) merupakan sensor yang digunakan untuk mengukur jumlah zat padat terlarut yang terdapat di dalam air. Zat padat tersebut dapat berupa garam, mineral, maupun senyawa lain yang larut dalam air. Hasil pengukuran sensor TDS

biasanya dinyatakan dalam satuan *ppm (parts per million)* yang menunjukkan banyaknya kandungan zat terlarut dalam air. [9]

Prinsip kerja sensor TDS didasarkan pada pengukuran konduktivitas listrik air. Air yang mengandung lebih banyak zat terlarut memiliki daya hantar listrik yang lebih tinggi dibandingkan air dengan kandungan zat terlarut yang rendah. Berdasarkan nilai konduktivitas tersebut, sensor akan menghitung dan menampilkan nilai TDS.

Nilai TDS dapat digunakan sebagai salah satu indikator untuk mengetahui kualitas air. Semakin tinggi nilai TDS, maka semakin banyak kandungan zat terlarut yang terdapat di dalam air. Namun demikian, nilai TDS tidak dapat digunakan sebagai satu-satunya acuan dalam menentukan kualitas air sehingga perlu didukung oleh parameter lain, seperti pH dan suhu.

Pada penelitian ini, sensor TDS digunakan untuk memantau kandungan zat padat terlarut pada air limbah secara *real-time*. Data hasil pengukuran dibaca oleh Arduino Nano, kemudian diteruskan ke PLC Outseal Nano V.5.2 untuk proses monitoring. Informasi tersebut digunakan sebagai salah satu parameter dalam menentukan kondisi kualitas air limbah sehingga sistem dapat bekerja sesuai dengan rancangan yang telah dibuat.

Tabel 2.5. Spesifikasi Sensor TDS

Item	Spesifikasi
Tegangan Input	3.3~5.5V
Sinyal Output	0~2.3V
Arus Kerja	3~6mA
Rentang Pengukuran TDS	0~1000ppm
Akurasi Pengukuran TDS	$\pm 10\%$ F.S. (25°C)
Ukuran	42 x 32mm
Antarmuka Modul	XH2.54-3P
Antarmuka Elektroda	XH2.54-2P

2.2.7 Sensor Suhu DS18B20



Gambar 2.9. Sensor Suhu DS18B20

Sensor DS18B20 merupakan sensor suhu digital yang banyak digunakan karena memiliki tingkat akurasi yang cukup baik dan mudah dihubungkan dengan mikrokontroler. Sensor ini mampu mengukur suhu dalam bentuk data digital sehingga hasil pembacaannya tidak memerlukan rangkaian konversi analog ke digital. Selain itu, DS18B20 juga memiliki desain yang tahan terhadap air (*waterproof*), sehingga sesuai digunakan untuk pengukuran suhu

pada cairan maupun lingkungan yang lembap. [10]

Sensor ini memiliki rentang pengukuran suhu antara -55°C hingga 125°C dengan resolusi pengukuran yang dapat diatur sesuai kebutuhan. Kemampuan tersebut menjadikan DS18B20 banyak dimanfaatkan pada berbagai sistem monitoring suhu karena hasil pembacaannya cukup stabil dan memiliki tingkat ketelitian yang baik.

Pada penelitian ini, sensor DS18B20 digunakan untuk mengukur suhu air limbah secara *real-time*. Data suhu yang diperoleh akan diproses oleh Arduino Nano sebelum dikirimkan ke PLC Outseal Nano V.5.2. Informasi suhu digunakan sebagai salah satu parameter pendukung dalam proses monitoring kualitas air limbah, karena perubahan suhu dapat memengaruhi hasil pembacaan sensor pH dan sensor TDS.

Tabel 2.6. Spesifikasi Suhu DS18B20

Item	Spesifikasi
Tegangan Input	3.0 V ~ 5.5 V
S Resolusi dapat diatur	9~12 bit
Rentang suhu	$-55^{\circ}\text{C} \sim +125^{\circ}\text{C}$
Kabel keluaran	Merah (VCC)
	Kuning (DATA)
	Hitam (GND)

2.2.8 Relay



Gambar 2.10. Relay

Relay merupakan komponen elektronika yang bekerja sebagai saklar otomatis dengan memanfaatkan medan elektromagnet. Komponen ini digunakan untuk menghubungkan atau memutuskan arus listrik pada suatu rangkaian melalui sinyal kendali yang memiliki tegangan atau arus lebih kecil. Dengan demikian, relay dapat mengendalikan beban listrik yang memiliki daya lebih besar tanpa harus mengalirkan arus besar secara langsung ke rangkaian kontrol. [11]

Pada umumnya, relay terdiri dari kumparan (coil), inti besi, dan kontak saklar. Ketika kumparan dialiri arus listrik, akan terbentuk medan magnet yang menarik kontak saklar sehingga terjadi perubahan posisi kontak dari **Normally Open (NO)** menjadi tertutup atau dari **Normally Closed (NC)** menjadi terbuka. Setelah arus pada kumparan dihentikan, kontak relay akan kembali ke posisi semula.

Relay banyak digunakan pada sistem otomasi karena mampu memberikan pemisahan antara rangkaian kontrol dan rangkaian

beban. Selain meningkatkan keamanan, penggunaan relay juga membantu melindungi mikrokontroler atau PLC dari kerusakan akibat arus yang terlalu besar.

Pada penelitian ini, relay digunakan sebagai penghubung antara PLC Outseal Nano V.5.2 dengan pompa air. PLC memberikan sinyal kendali ke relay sesuai dengan hasil pembacaan sensor. Selanjutnya, relay akan mengaktifkan atau mematikan pompa secara otomatis sehingga proses pengendalian kualitas air limbah dapat berjalan sesuai dengan kondisi yang telah ditentukan.

Tabel 2.7. Spesifikasi Relay 1 Channel

Item	Spesifikasi
Tegangan Kontrol	5~12 VDC
Tegangan Beban	250V AC / 30V DC
Arus Kerja	10A (AC) / 10A (DC)
Jenis Relay	Com, NO, NC
Antarmuka	VCC, GND, Sinyal Data
Indikator	LED

2.2.9 Pompa Air Celup 12VDC

Pompa air celup 12 VDC merupakan pompa listrik yang dirancang untuk bekerja di dalam air dengan menggunakan sumber tegangan searah (DC) sebesar 12 volt. Pompa ini berfungsi untuk memindahkan air dari satu tempat ke tempat lain melalui putaran motor listrik yang menggerakkan impeller di dalam pompa. Karena memiliki

ukuran yang relatif kecil, pompa jenis ini banyak digunakan pada sistem sirkulasi air, akuarium, hidroponik, maupun berbagai perancangan alat berbasis mikrokontroler. [12]

Pompa air 12 VDC memiliki beberapa kelebihan, di antaranya konsumsi daya yang relatif rendah, bentuk yang ringkas, serta proses pemasangan yang mudah. Selain itu, pompa ini dapat bekerja secara terus-menerus sesuai kebutuhan selama mendapatkan suplai tegangan yang sesuai dengan spesifikasinya.



Gambar 2.11. Pompa Air 12VDC

Tabel 2.8. Spesifikasi Pompa Air

Item	Spesifikasi
Tegangan Input	12 VDC
Daya	30 W
Arus Kerja	5 A
Antarmuka	VCC, GND
Kapasitas	800 Liter/jam

2.2.10 Catu Daya (*Power Supply*)

Catu daya (*power supply*) merupakan salah satu komponen yang berfungsi sebagai sumber energi listrik bagi seluruh rangkaian elektronik. Komponen ini mengubah tegangan listrik bolak-balik (AC) dari jaringan listrik menjadi tegangan searah (DC) yang dibutuhkan oleh perangkat elektronik agar dapat bekerja dengan baik. [13]

Pada umumnya, sebuah catu daya terdiri atas beberapa komponen utama, seperti transformator, dioda penyearah, kapasitor, dan regulator tegangan. Masing-masing komponen memiliki fungsi yang berbeda. Transformator digunakan untuk menyesuaikan besar tegangan, dioda berfungsi mengubah arus AC menjadi DC, kapasitor digunakan untuk mengurangi riak tegangan (*ripple*), sedangkan regulator berfungsi menjaga agar tegangan keluaran tetap stabil meskipun terjadi perubahan beban.



Gambar 2.12. Catu daya (*Power Supply*)

2.2.11 Modul LCD (*Liquid Crystal Display*) 16 x 2 dengan I2C



Gambar 2.13. Modul LCD 16 x 2 dengan I2C

LCD (*Liquid Crystal Display*) 16×2 merupakan media tampilan yang digunakan untuk menampilkan informasi dalam bentuk karakter. Modul ini mampu menampilkan 16 karakter pada setiap baris dengan total dua baris tampilan, sehingga sering digunakan untuk menampilkan data hasil pembacaan sensor maupun status kerja suatu sistem. [13]

Pada dasarnya, LCD 16×2 memerlukan beberapa pin untuk proses komunikasi dengan mikrokontroler. Agar penggunaan pin menjadi lebih efisien, LCD dilengkapi dengan modul I2C (*Inter-Integrated Circuit*). Modul I2C memungkinkan komunikasi antara LCD dan mikrokontroler hanya menggunakan dua jalur data, yaitu **SDA (Serial Data)** dan **SCL (Serial Clock)**, selain pin catu daya dan ground.

Penggunaan modul I2C memberikan beberapa keuntungan, di antaranya mengurangi jumlah kabel yang digunakan, mempermudah proses pemasangan, serta menghemat penggunaan pin input dan output

pada mikrokontroler. Dengan demikian, pin yang tersedia masih dapat dimanfaatkan untuk menghubungkan sensor maupun perangkat lainnya.

Pada penelitian ini, LCD 16×2 dengan modul I2C digunakan untuk menampilkan informasi hasil pembacaan sensor, seperti nilai pH, nilai TDS, suhu air, serta kondisi kerja sistem. Informasi tersebut memudahkan pengguna dalam memantau kondisi alat secara langsung tanpa

Adapun koneksi utama pada modul LCD I2C terdiri dari pin **VCC** sebagai sumber tegangan, **GND** sebagai ground, **SDA** sebagai jalur pertukaran data, dan **SCL** sebagai jalur sinkronisasi komunikasi.

Tabel 2.9. Data Pin Modul LCD 16 x 2 dengan I2C

Pin	Simbol	Spesifikasi
1	GND	<i>Ground</i>
2	VCC	<i>Supply Voltage + 5 V</i>
3	V0	<i>Contrast Adjustmen</i>
4	RS	<i>0 -> Control Input 1-> Data Input</i>
5	R/W	<i>Read / White</i>
6	E	<i>Enable</i>
7 - 14	D0 – D7	<i>Data</i>
15	VB1	<i>Blacklight +5V</i>
16	VB0	<i>Blacklight Ground</i>

2.2.12 Selector Switch 3 Posisi



Gambar 2.14. Selector Switch

Selector switch 3 posisi merupakan saklar yang digunakan untuk memilih mode pengoperasian suatu sistem. Saklar ini memiliki tiga pilihan posisi, yaitu **Manual**, **Off**, dan **Automatic**, sehingga pengguna dapat menentukan cara kerja sistem sesuai dengan kebutuhan. Selector switch banyak digunakan pada panel kontrol karena mudah dioperasikan dan memiliki tingkat keandalan yang baik. [14]

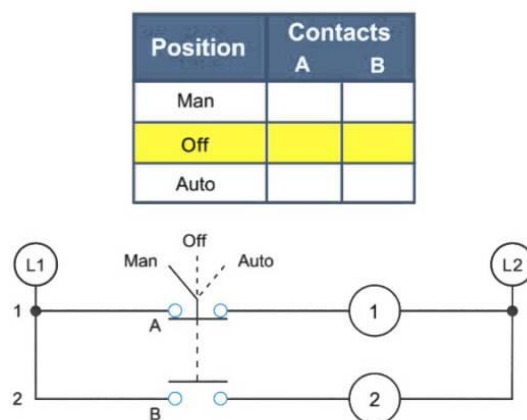
Setiap posisi pada selector switch memiliki fungsi yang berbeda. Pada posisi **Manual**, seluruh proses pengoperasian dilakukan secara langsung oleh pengguna. Mode ini biasanya digunakan saat pengujian alat, proses perawatan, atau ketika operator ingin mengendalikan sistem tanpa bantuan program otomatis.

Posisi **Off** digunakan untuk menghentikan seluruh proses kerja sistem. Pada kondisi ini, tidak ada sinyal kendali yang diberikan ke rangkaian sehingga aktuator, seperti relay maupun pompa air, berada

dalam keadaan tidak aktif. Posisi ini berfungsi sebagai pengaman ketika alat tidak digunakan atau saat dilakukan pemeriksaan pada rangkaian.

Sementara itu, pada posisi **Automatic**, sistem bekerja berdasarkan program yang telah dibuat pada PLC. Seluruh proses pengendalian dilakukan secara otomatis sesuai dengan data yang diperoleh dari sensor. PLC akan mengolah data tersebut dan memberikan perintah kepada aktuator tanpa memerlukan pengoperasian secara langsung oleh pengguna.

Pada penelitian ini, selector switch 3 posisi digunakan untuk memilih mode pengoperasian alat, yaitu mode manual, mode otomatis, atau kondisi mati (off). Dengan adanya selector switch, pengguna dapat mengoperasikan sistem dengan lebih mudah sesuai kebutuhan selama proses pengujian maupun penggunaan alat.



Gambar 2.15. Wiring Selector Switch

2.2.13 Aplikasi Pemrograman

A. Outseal Studio

Outseal Studio merupakan perangkat lunak yang digunakan untuk membuat, mengedit, dan mengunggah program ke PLC Outseal. Software ini menggunakan bahasa pemrograman **Ladder Diagram**, yaitu bahasa pemrograman berbentuk diagram yang menyerupai rangkaian relay sehingga lebih mudah dipahami, terutama pada sistem kontrol industri. [15]

Pada Outseal Studio, pengguna dapat membuat logika kontrol dengan menyusun berbagai instruksi sesuai kebutuhan sistem. Setelah program selesai dibuat, program dapat dikompilasi dan diunggah ke PLC melalui kabel USB. Selanjutnya PLC akan menjalankan program secara otomatis tanpa harus selalu terhubung dengan komputer.

Beberapa instruksi dasar yang sering digunakan pada Outseal Studio antara lain sebagai berikut.

1. Ladder Diagram

Ladder Diagram merupakan metode pemrograman yang menggunakan simbol-simbol menyerupai rangkaian listrik. Setiap jalur program dibaca dari kiri ke kanan dan dari atas ke bawah. Metode ini banyak digunakan pada PLC

karena mudah dipahami serta mempermudah proses pembuatan maupun analisis program.

2. **Notasi Variabel**

Outseal PLC memiliki sistem penamaan variabel untuk membedakan fungsi setiap data yang digunakan dalam program. Variabel tersebut meliputi input digital, output digital, timer, counter, data analog, memori internal, serta fungsi lainnya. Dengan adanya notasi tersebut, proses pembuatan program menjadi lebih terstruktur dan mudah dipahami.

3. **Normally Open (NO)**

Instruksi **Normally Open (NO)** digunakan sebagai kontak yang akan aktif apabila kondisi input bernilai **ON** atau **TRUE**. Instruksi ini umumnya digunakan untuk membaca status tombol, sensor, maupun input digital lainnya sebelum menjalankan proses berikutnya.

4. **Normally Closed (NC)**

Instruksi **Normally Closed (NC)** merupakan kebalikan dari Normally Open. Kontak akan aktif ketika kondisi input masih **OFF** atau **FALSE**, kemudian berubah menjadi tidak aktif apabila input menerima sinyal. Instruksi ini sering digunakan sebagai pengaman atau kondisi interlock pada sistem kontrol.

5. **Output (Coil)**

Instruksi **Output** atau **Coil** digunakan untuk memberikan perintah pada perangkat keluaran, seperti relay, lampu indikator, buzzer, maupun aktuator lainnya. Output akan mengikuti logika program yang telah dibuat pada Ladder Diagram.

6. **Timer**

Timer digunakan untuk memberikan jeda waktu sebelum suatu perintah dijalankan atau dihentikan. Penggunaan timer sangat membantu dalam proses otomatisasi karena mampu mengatur urutan kerja sistem sesuai waktu yang telah ditentukan.

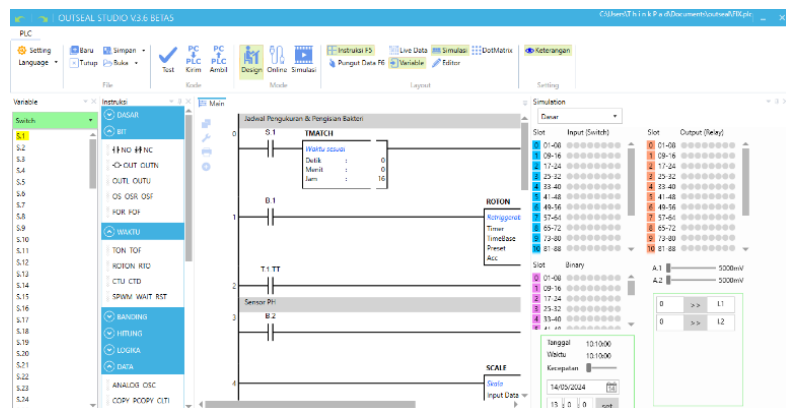
Pada penelitian ini, Outseal Studio digunakan untuk membuat program pengendalian sistem monitoring kualitas air limbah. Program tersebut mengolah data dari sensor, kemudian memberikan perintah kepada relay dan pompa air sesuai logika yang telah dirancang.

Tabel 2.10. Notasi Variabel pada PLC Outseal

Variabel	Notasi	Keterangan
<i>Digital input</i>	S	Simbol untuk (<i>switch</i> atau <i>contact</i>)
<i>Digital output</i>	R	Simbol untuk (<i>relay</i> atau <i>Coil</i>)

Tabel 2.10. Notasi Variabel pada PLC Outseal

Digital memory (I/O)	B	Simbol untuk <i>binary</i>
Timer	Tim	Simbol untuk <i>timer</i>
Counter	C	Simbol untuk <i>counter</i>
PWM (Pulse Width Modulation)	P	Simbol untuk <i>software</i> PWM
Integer	I	Simbol untuk memory bilangan
Analog	A	Simbol untuk nilai analog
Date and time	D	Simbol untuk waktu



Gambar 2.16. Outseal Studio

B. Arduino IDE

Arduino IDE (*Integrated Development Environment*) merupakan perangkat lunak yang digunakan untuk membuat, mengedit, mengompilasi, dan mengunggah program ke papan Arduino. Arduino IDE menggunakan bahasa pemrograman berbasis C/C++ yang telah dilengkapi dengan berbagai *library*, sehingga memudahkan pengguna dalam mengembangkan sistem berbasis mikrokontroler. [16]

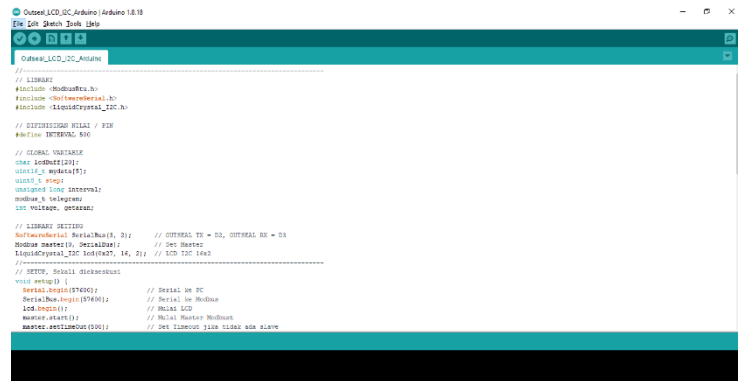
Tampilan Arduino IDE dibuat sederhana sehingga mudah dipelajari, baik oleh pemula maupun pengguna yang telah berpengalaman. Selain digunakan untuk menulis program, Arduino IDE juga menyediakan fitur **Serial Monitor** yang dapat digunakan untuk melihat hasil pembacaan sensor maupun proses komunikasi data secara langsung.

Software IDE Arduino terdiri dari 3 (tiga) bagian :

1. Editor program, untuk menulis dan mengedit program dalam bahasa *processing*. Listing program pada arduino disebut sketch.
2. Compiler, modul yang berfungsi mengubah bahasa *processing* (kode program) kedalam kode biner karena

kode biner adalah satu-satunya bahasa program yang dipahami oleh mikrokontroler

3. Uploader, modul yang berfungsi memasukkan kode.



Gambar 2.17. Arduino IDE