

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1. Ikan nila

Ikan nila (*oreochormis niloticus*) adalah salah satu jenis ikan air tawar yang dapat dipelihara di air tawar, payau, laut, kolam biasa, kolam air tenang (KAT), keramba jaring apung (KJA), kolam tadah hujan (KTH), kolam air deras (KAD), kolam terpal (KT), hampang, keramba, dan tambak. Ikan nila berasal dari Sungai Nil dan danau - danau sekitarnya. Pada tahun 1969, Balai Penelitian Perikanan Air Tawar pertama kali mendatangkan ikan nila dari Taiwan ke Bogor. Satu tahun kemudian, ikan nila ini mulai di sebarluaskan ke beberapa daerah. Pemberian nama nila berdasarkan ketetapan Direktur Jendral Perikanan pada tahun 1969.



Gambar 2.1 Ikan Nila

Ikan nila merupakan ikan air tawar yang diminati oleh masyarakat Indonesia untuk dikonsumsi. Secara morfologis, secara umum ikan nila memiliki bentuk tubuh yang panjang, ramping dengan sisik yang berukuran besar serta mempunyai mata berukuran agak besar yang tampak menonjol dengan bagian tepi berwarna keputihan. Ikan nila biasanya berwarna merah, hitam dan campuran (hitam merah) hasil dari persilangan. Sedangkan ciri – ciri lain menurut Khairuman dan Amri (2013) yaitu memiliki gurat sisi (*linea lateralis*) terputus di bagian tengah badan kemudian berlanjut, tetapi letaknya lebih ke bawah daripada letak garis yang memanjang di atas sirip dada. Ikan nila memiliki lima buah sirip, yakni sirip punggung (*dorsal fin*), sirip dada (*pectoral fin*), sirip perut (*ventral fin*), sirip anus (*anal fin*), dan sirip ekor (*caudal fin*). Sirip punggungnya memanjang dari bagian atas tutup insang hingga bagian atas sirip ekor. Ada sepasang sirip dada dan sirip perut yang berukuran kecil. Sirip anus hanya satu buah dan berbentuk agak panjang.

Berikut ini adalah klasifikasi ikan nila menurut (Khairuman dan Amri, 2013) :

Filum	: Chordata
Subfilium	: Vertebrata
Kelas	: Pisces
Subkelas	: Acanthopterigii
Suku	: Cichlidae
Marga	: Oreochromis
Spesies	: Oreochromis sp.

2.1.1 Jenis-jenis ikan nila

Berikut ini jenis – jenis ikan nila yang dapat dibudidayakan di Indonesia sebagai berikut :

a) Ikan Nila Lokal

Ikan nila lokal berasal dari Taiwan. Julukan sebagai nila biasa atau lokal adalah untuk membedakannya dengan jenis ikan nila lainnya. Ikan nila lokal memiliki warna tubuh abu-abu atau hitam, terutama di tubuh bagian atas. Tubuh bagian bawah (perut dan dada) berwarna agak putih kehitaman atau kekuningan. Awalnya, ikan nila ini memiliki laju pertumbuhan yang cukup baik, tetapi akhir-akhir ini kualitasnya menurun akibat keterbatasan pengetahuan masyarakat dalam mengendalikan potensi genetik.

b) Ikan Nila Merah

Ikan nila merah adalah hasil persilangan antara *Oreochromis mossambicus* (mujair) atau *Oreochromis niloticus* (nila) dengan *Oreochromis honorum*, *Oreochromis aureus*, atau *Oreochromis zillii*. Dalam perkembangannya, ikan nila merah disebut juga dengan nila hibrida.

c) Ikan Nila BEST

Ikan nila BEST (Bogor enhanced strain tilapia) merupakan salah satu jenis ikan nila hasil pemuliaan (2004—2008) di instalasi penelitian di Cijeruk, Bogor dengan menggunakan metode seleksi dan dikembangkan dari generasi ke-6 ikan nila GIFT hasil evaluasi Balai Riset Perikanan Budidaya Air Tawar (BRPBAT). Nama ikan nila BEST mulai diperkenalkan ke masyarakat sejak dinyatakan lulus oleh tim penguji pada tanggal 2 Desember 2008. Pembentukan populasi ikan nila BEST ini dikarakterisasi berdasarkan pada profil DNA yang dimiliki[3].

d) Ikan Nila Nirwana

Pada bulan Agustus 2002, Balai Pengembangan Benih Ikan (BPBI) Wanayasa, Purwakarta yang merupakan salah satu Unit Pelaksana Teknis Dinas (UPTD) milik Dinas Perikanan dan Kelautan Provinsi Jawa Barat memperoleh famili ikan nila GET (genetically enhanced of tilapia) yang merupakan hasil persilangan antara ikan nilastrain GIFT dengan ikan nilastrain lokal. Ikan nila GET tersebut diintroduksi dari Filipina oleh Dinas Perikanan dan Kelautan Provinsi Jawa Barat melalui Bureau of Fisheries and Aquatic Research (BFAR). BPBI Wanayasa pada mulanya mengoleksi 18 famili ikan nila GIFT generasi ke-6 dan ke-24 famili ikan nila GET dari Filipina.

e) Ikan Nila GIFT

Nila GIFT (Genetic Improvement of Rarmed Tilapias) yang dikembangkan pertama kali oleh International Center for Living Aquatic Research Management (ICLARM) di Filipina pada tahun 1987 ini didatangkan ke Indonesia pada tahun 1994 melalui Balai Penelitian Perikanan Air Tawar (Balitkanwar) yang merupakan salah satu anggota International Network for Genetic in Aquaculture (INGA). Ikan nila GIFT yang pertama kali didatangkan ke Indonesia tersebut merupakan generasi keempat. Setelah itu, didatangkan lagi ikan nila GIFT berikutnya yang berasal dari generasi keenam pada tahun 1997.

f) Ikan Nila Janti (Nila Larasati)

Balai benih ikan tersebut merupakan salah satu satuan kerja sebagai subpusat pengembangan ikan nila regional untuk memperbaiki mutu induk dan benih. Pada tahun 2004 dimulai kegiatan seleksi breeding dengan melakukan hibridisasi berbagai strain.

g) Ikan Nila GESIT

Nila jenis ini adalah hasil rekayasa genetik nila GIFT sehingga mampu menghasilkan larva jantan dengan persentasi hidup hingga 98%. GESIT, yang merupakan singkatan dari “genetically supermale Indonesian tilapia”, dihasilkan dari kerjasama peneliti di BPPT, BBPBAT, serta IPB[4].

2.1.2 Pengelolaan Kualitas air

Pengaruh dari pertumbuhan, pemeliharaan dan pembenihan pembudidayaan ikan nila yaitu kualitas air. Kualitas air yaitu sifat air dan kandungan makhluk hidup, zat energi atau komponen lain di dalam air. Kualitas

air dinyatakan dengan beberapa parameter yaitu parameter fisika (suhu, kekeruhan, TDS dan sebagainya), parameter kimia (pH, oksigen terlarut, BOD, kadar logam dan sebagainya) dan parameter biologi (keberadaan plankton, bakteri dan sebagainya). Berdasarkan Standar Nasional Indonesia dengan nomor 7550 tahun 2009 bahwa persyaratan kualitas air yang sesuai dengan pembudidayaan ikan nila yaitu sebagai berikut :

Tabel 2.1 Kualitas air berdasarkan SNI 7550:2009

No	Parameter	Nilai
1	Suhu	25-32 °C
2	pH	6.5-8.5
3	Oksigen terlarut	≤ 3 mg/l
4	Amoniak (NH ₃)	< 0.02 mg/l
5	Kecerahan	30-40 cm

Sementara itu kualitas air untuk ikan nila menurut Riskan Oktafiadi (2016)[5] sebagai berikut :

Tabel 2.2 Kualitas air berdasarkan Riskan Oktafiadi (2016)

No	Parameter	Kandungan air yang dianjurkan
1	Suhu	25-32 °C
2	pH	6.5-8.5
3	Oksigen terlarut (O ₂)	> 3 mg/l
4	Amonia Total	Maksimum 1 (mg/l total ammonia)
5	Kekeruhan	Maksimum 50 NTU
6	Karbon dioksida (CO ₂)	Maksimum 11 (mg/l)
7	Nitrit	Minimum 0.1 (mg/l)
8	Alkalinitas	Minimum 20 (mg/l CaCO ₃)
9	Kesadahan total	Minimum 20 (mg/l CaCO ₃)

a. Suhu

Suhu merupakan faktor pengontrol dan berperan dalam sistem resirkulasi. Hal ini karena ikan menyesuaikan suhu tubuhnya mendekati keseimbangan suhu air [6]. Berdasarkan SNI nomor 7550:2009 bahwa pengukuran suhu dapat dilakukan pada permukaan air dan dasar wadah sehingga pertumbuhan dan perkembangan ikan nila sesuai dengan suhu sekitar 25-32 °C. Ketika ikan nila dalam keadaan suhu 14°C atau pada suhu tinggi 38°C pertumbuhan ikan nila akan terganggu, pada suhu 6°C atau 42°C ikan nila akan mengalami kematian.

Sedangkan Menurut Willem H. Siegers, Yudi Prayitno dan Annita Sari (2019) bahwa Dibawah suhu 25°C, aktifitas gerak dan nafsu makan ikan mulai menurun. Dibawah suhu 12°C, ikan akan mati kedinginan. Diatas 35°C, ikan budidaya akan mengalami stress dan kesulitan nafas karena konsumsi oksigen ikan meningkat, sedangkan daya larut oksigen di air menurun.

b. Derajat keasaman pH

Derajat keasaman air dibagi menjadi tiga yaitu, pH rendah (asam), pH netral dan pH tinggi (basa). Air menjadi asam apabila pH <7 dan dikatakan basa bila pH >7. Alat ukur yang digunakan untuk mengukur pH air yaitu kertas lakmus dan pH meter. Biasanya perubahan pH air disebabkan karena sisa-sisa pakan dan kotoran ikan. Derajat keasaman air yang memenuhi syarat untuk pembudidayaan ikan nila berdasarkan SNI nomor 7550:2009 adalah 6,5 - 8,5. Apabila pH air <6 dan >9 maka ikan akan mati, mudah terserang penyakit dan pertumbuhan menurun.

c. Oksigen terlarut

Oksigen terlarut atau DO (Dissolved oxygen) adalah jumlah oksigen terlarut yang ada di dalam air kolam. Oksigen sangat diperlukan oleh makhluk hidup seperti ikan dan organisme perairan lainnya untuk bernafas. Berdasarkan SNI nomor 7550:2009 bahwa oksigen terlarut pada pembudidayaan ikan nila adalah ≤ 3 mg/l. Dampak dari perubahan kekurangan oksigen yaitu dapat menyebabkan ikan mati, lemas dan aktivitas gerak yang berkurang. Ketika kondisi tersebut terjadi maka ikan akan mencari oksigen ke permukaan air atau sekitar air yang mengalir pada kolam.

d. Amoniak

Salah satu senyawa beracun di dalam air yang berbahaya bagi kehidupan Senyawa Beracun ikan nila adalah amonia. Gas yang berbau sangat menusuk ini dapat berasal dari proses metabolisme ikan dan proses pembusukan bahan organik yang dilakukan oleh bakteri. Jenis amonia ada dua yakni amonia bukan ion (NH₃) dan NH₄ atau yang dikenal dengan amoniu[3]. Berdasarkan SNI nomor 7550:2009, amoniak yang sesuai dengan pembudidayaan ikan nila yaitu < 0.02 mg/l.

e. Kekeruhan

Penyebab kekeruhan antara lain beberapa partikel seperti lumpur, bahan Kekeruhan organik, sampah, atau plankton. Kekeruhan yang disebabkan

adanya plankton dianggap baik karena kaya makanan alami. Kekeruhan yang dianjurkan oleh Riskan Oktafiadi (2016) yaitu maksimal 50 NTU sehingga pertumbuhan ikan berkembang dengan baik. Dampak dari kekeruhan air tidak dijaga dan tidak diperhatikan yaitu pertumbuhan dan kesehatan ikan akan terganggu.

2.1.3 Pemberian Pakan

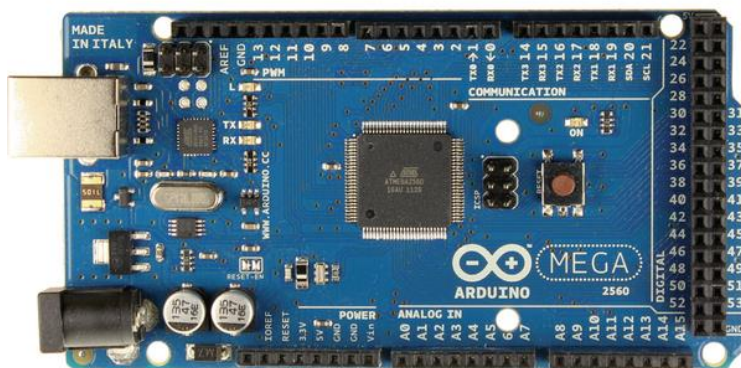
Ikan nila tergolong jenis ikan yang cenderung memakan semua jenis makanan yang tersedia sehingga cukup mudah untuk memberikan pakannya. Pakan ikan nila yang diberikan seperti pellet yang mengandung protein 20-30%, plankton, fitoplankton dan hewan seperti *Daphnia sp.*, *Moina sp.*, *Artemia sp.*, serta larva ikan. Pemberian pakan pada ikan nila harus secara teratur sebanyak 3 – 4 kali dalam sehari dan memperhatikan jumlah pakan harian yang diberikan pada setiap kolam (DFA). Rumus perhitungan nilai DFA sebagai berikut :

$$DFA = W \times N \times SR \times FR \quad (2,1)$$

Dimana :

- W : Berat rata-rata ikan selama pemeliharaan (gram)
- N : Jumlah ikan (ekor)
- SR : Perkiraan kelangsungan hidup (%)
- FR : Jumlah pakan harian (%)

2.2. Arduino Mega 2560



Gambar 2.2 Arduino Mega 2560

Arduino adalah sebuah platform elektronik yang mudah dipelajari dan digunakan. Arduino Mega merupakan salah satu jenis Arduino. Arduino Mega adalah sebuah board yang menggunakan chip mikrokontroler ATmega2560. Board Arduino Mega 2560 ini dilengkapi 54 buah digital I/O pin (13 pin diantaranya adalah PWM output), 15 pin analog input, oscillator, sebuah port USB, power jack DC, ICSP header, dan tombol reset.

1.2.1. Spesifikasi Arduino Mega

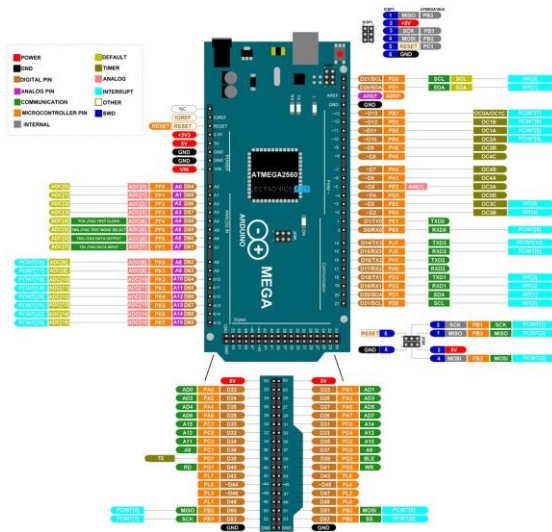
Berikut ini adalah spesifikasi untuk memperjelas pemahaman mengenai Arduino Mega 2560 pada tabel 2.3 dibawah ini :

Tabel 2.3 Spesifikasi Arduino Mega 2560

Mikrokontroler	ATmega2560
Tegangan sumber	5V
Input tegangan (direkomendasikan)	7-12 V
Input tegangan (batas)	6-20 V
Pin I/O	54 pin (13 pin PWM output)
Pin input analog	15 pin
Arus DC per pin I/O	40mA
Arus DC untuk pin 3,3 V	50mA
Flash Memory	256 KB (8 KB digunakan untuk bootloader)
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Clockspeed	16 MHz
Panjang	101,52 mm
Lebar	53,3 mm
Berat	37 g

1.2.2. Konfigurasi Arduino Mega

Berikut ini adalah konfigurasi pinout Arduino Mega 2560 pada gambar 2.3 di bawah ini :



Gambar 2.3 Pinout Arduino Mega
 (<https://github.com/Bouni/Arduino-Pinout>,
 diakses pada tanggal 15 April 2021)

Terdapat beberapa pinout pada papan Arduino Mega 2560 yang berfungsi sebagai pin digital, analog, power, SPI, I2C, PWM dan interrupt. Untuk penjelasan mengenai pinout Arduino Mega 2560 sebagai berikut :

- Pin 5V : pin yang mengeluarkan tegangan sebesar 5 Volt, dimana tegangan tersebut sudah diatur dari regulator yang tersedia (built-in) pada papan Arduino.
- Pin GND : pin Ground, pin yang digunakan untuk menyambungkan Ground ke papan Arduino atau untuk memberi ground pada komponen yang digunakan.
- Pin VIN : pin yang digunakan untuk memberikan sumber daya eksternal ke papan arduino dengan tegangan yang telah direkomendasikan (7-12 Volt).
- Pin 3.3V : pin yang menghasilkan tegangan sebesar 3,3 Volt, dimana tegangan tersebut sudah diatur dari regulator yang tersedia (built-in) pada papan Arduino. Arus maksimum yang dihasilkan sebesar 50 mA.
- IOREF : pin ini digunakan untuk memberikan tegangan referensi yang beroperasi pada mikrokontroler. Sebuah perisai (shield) yang dikonfigurasi secara benar sehingga dapat membaca pin tegangan IOREF dan memilih

sumber daya yang tepat atau mengaktifkan penerjemah tegangan (voltage translator) pada output untuk bekerja pada tegangan 5 Volt atau 3,3 Volt.

Berdasarkan gambar dan spesifikasi Arduino Mega 2560, terdapat beberapa pin memiliki fungsi khusus pada Arduino Mega 2560 yaitu :

- **Serial** : pin 0 (RX) dan pin 1 (TX), dimana RX sebagai penerima dan TX sebagai pengirim data secara serial. Pin ini digunakan untuk menghubungkan Arduino Mega 2560 dengan dunia luar.
- **External Interrupts** : INT 0 berada di pin 2 sedangkan INT 1 berada di pin 3. Pin ini dapat dikonfigurasi sebagai pemacu sebuah interrupt pada nilai rendah, tinggi atau jika terjadi perubahan nilai maka pin ini perlu adanya konfirmasi terlebih dahulu.
- **PWM** : pin 3, 5, 6, 9, 10 dan 11 menyediakan output PWM 8 bit.
- **SPI** : 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK). Pin ini mendukung komunikasi SPI menggunakan SPI Library.
- **LED** : Terdapat secara *built-in* LED pada papan Arduino Mega 2560. LED terhubung ke pin digital 13.
- **AREF** : referensi tegangan untuk input analog yang digunakan dengan `analogReference()`.

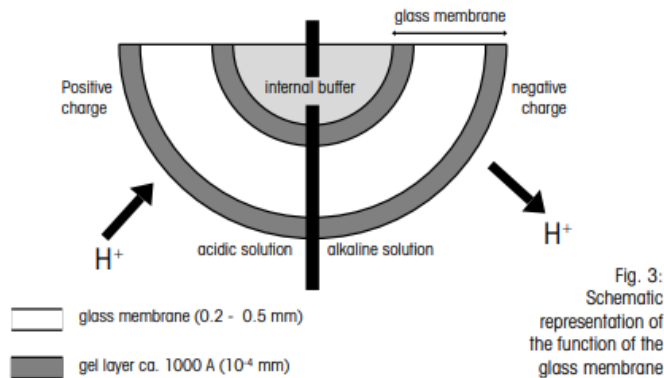
2.3. Sensor pH air

Sensor pH air adalah sensor yang digunakan untuk mendeteksi tingkat derajat keasaman dan kebasaan dari suatu cairan. Nilai pengukuran pH air yaitu antara 0 - 14. Nilai kurang dari 7 adalah asam, nilai sama dengan 7 adalah netral dan nilai lebih dari 7 adalah basa. Sensor pH air berjenis sensor kimia karena sensor ini mengubah berdasarkan reaksi kimia menjadi besaran listrik.



Gambar 2.4 Sensor pH air

Pada sensor pH air terdapat 2 jenis elemen elektroda yaitu elektroda kaca (ujung yang berbentuk bulat/bulb) dan elektroda referensi. Prinsip kerja dari sensor pH air yaitu elektroda kaca akan mengukur jumlah ion yang ada dalam larutan sehingga elektroda referensi akan mengubah nilai dari jumlah ion yang terbaca oleh elektroda referensi menjadi nilai tegangan. Maka semakin banyak elektron yang terdeteksi oleh elektroda kaca dan elektroda referensi maka larutan tersebut bersifat asam, sedangkan semakin sedikit elektron yang terdeteksi maka larutan tersebut bersifat basa.



Gambar 2.5 Bagian ujung elektroda kaca (bulb)

Seperti pada ilustrasi di atas bahwa pada permukaan bulb terbentuk semacam lapisan “gel” sebagai tempat pertukaran ion H^+ . Jika larutan bersifat asam, maka ion H^+ akan terikat ke permukaan bulb. Hal ini menimbulkan muatan positif terakumulasi pada lapisan “gel”. Sedangkan jika larutan bersifat basa, maka ion H^+ dari dinding bulb terlepas untuk bereaksi dengan larutan tadi. Hal ini menghasilkan muatan negatif pada dinding bulb[6].

2.4. Sensor suhu DS18B20

Sensor suhu DS18B20 adalah sensor yang dapat mendeteksi suhu dengan menggunakan 1-wire (membutuhkan 1 pin untuk jalur komunikasi data) yang dihubungkan ke mikrokontroler. Sensor ini sudah tahan air (waterproof) dan dapat melakukan pengukuran suhu antara rentang $-55^{\circ}C$ sampai $+125^{\circ}C$ [7]. Spesifikasi Sensor suhu DS18B20 sebagai berikut :

Tabel 2.4 Spesifikasi sensor suhu DS18B20

Power Supply	3V – 5,5 V
Konsumsi arus	1 mA
Range suhu	-55 sampai 125°C

Akurasi	$\pm 0,5\%$
Resolusi	9 – 12 bit
Waktu Konversi	< 750 ms

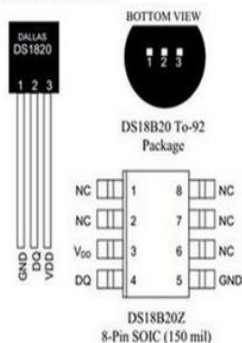
Sensor suhu DS18B20 juga menyediakan 9 hingga 12 bit hasil pembacaan. Jumlah bit tersebut dapat dikonfigurasi. Hasil pembacaan dikirim ke atau dari DS18B20 melalui antar muka 1 – wire. Power yang dibutuhkan untuk membaca, menulis dan melakukan konversi suhu dapat diturunkan dari jalur data itu sendiri tanpa memerlukan sumber daya eksternal. Bentuk dari sensor suhu DS18B20 ditunjukkan pada gambar sebagai berikut :



Gambar 2.6 Sensor suhu DS18B20

sensor suhu DS18B20 memiliki 3 kaki yaitu GND (Ground) yang terletak pada pin 1, DQ (data) yang terletak pada pin 2 dan VDD(power) yang terletak pada pin 3. Penggunaan sensor suhu DS18B20 digunakan untuk mendeteksi suhu pada kolam ikan nila, karena sensor ini tahan air dan memiliki kabel yang panjang sehingga menempatkan sensor ini sangat fleksibel.

PIN ASSIGNMENT



Gambar 2.7 Bagian sensor suhu DS18B20

2.5. Turbidity Sensor (Sensor Kekeruhan Air)

Turbidity sensor digunakan sebagai mengukur tingkat kekeruhan sehingga dapat diaplikasikan untuk mendeteksi kualitas air. Sensor ini menggunakan cahaya untuk mendeteksi partikel yang tertahan di dalam air dengan cara mengukur transmisi cahaya dan tingkat penghamburan cahaya yang berubah sesuai dengan jumlah TTS (Total Suspended Solids). Ketika jumlah total padatan tersuspensi meningkat, maka tingkat kekeruhan cairan meningkat. Sensor kekeruhan digunakan untuk mengukur kualitas air di sungai, air limbah, instrumentasi kontrol untuk kolam pengendapan, penelitian transpor sedimen dan pengukuran laboratorium. Sensor ini menyediakan mode keluaran sinyal analog dan digital. Ambang batas disesuaikan saat masuk mode sinyal digital.



Gambar 2.8 Sensor kekeruhan DFRobot

Sensor kekeruhan menggunakan 2 komponen yang penting yang berfungsi sebagai mendeteksi tingkat kekeruhan zat cair, yaitu Light Emitting Diode (LED) sebagai transmitter dan phototransistor digunakan sebagai receiver. LED akan mengirimkan cahaya yang tembus melewati zat cair sehingga phototransistor akan menangkap / menerima cahaya tersebut. Cahaya tersebut akan diubah menjadi energi listrik dalam bentuk data analog atau digital. Spesifikasi turbidity sensor dari DFRobot sebagai berikut :

Tabel 2.5 Spesifikasi sensor kekeruhan DFRobot

Tegangan operasional	5 Volt DC
Arus operasional	40 mA (maksimal)
Waktu respon	<500 ms
Keluaran (output)	Analog (0-4.5V) dan Digital (HIGH/LOW)
Suhu operasional	5°C ~ 90°C
Suhu penyimpanan	-10°C ~ 90°C

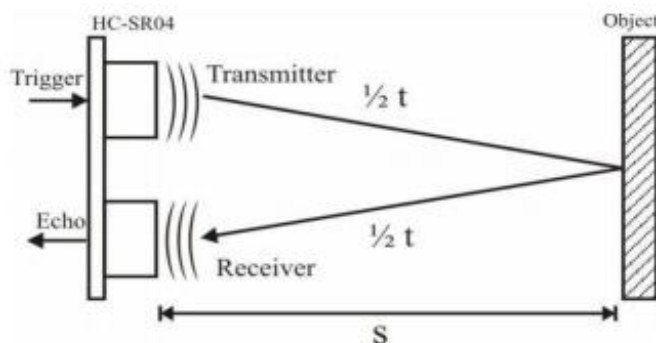
2.6. Sensor Ultrasonik JSN – SR04T

Sensor Ultrasonik JSN – SR04T adalah sensor yang dapat mengubah besaran fisis (bunyi) menjadi besaran listrik dan sebaliknya, dimana menggunakan 2 komponen utama yaitu transmitter dan receiver. Sensor ini dapat mendeteksi jarak tanpa sentuhan langsung, namun menggunakan gelombang ultrasonik dengan frekuensi sehingga mendapatkan akurasi yang tinggi dan pembacaan yang stabil.



Gambar 2.9 JSN – SR04T

Sensor ultrasonik JSN – SR04T memiliki 2 komponen utama sebagai penyusunnya yaitu ultrasonic transmitter dan ultrasonic receiver. Fungsi dari ultrasonic transmitter adalah memancarkan gelombang ultrasonik dengan frekuensi 40 KHz kemudian ultrasonic receiver menangkap hasil pantulan gelombang ultrasonik yang mengenai suatu objek. Waktu tempuh gelombang ultrasonik dari pemancar hingga sampai ke penerima sebanding dengan 2 kali jarak antara sensor dan bidang pantul.



Gambar 2.10 Cara kerja sensor jarak

Prinsip pengukuran jarak menggunakan sensor ultrasonik JSN – SR04T adalah ketika pulsa trigger diberikan pada sensor, transmitter akan mulai memancarkan

gelombang ultrasonik, pada saat yang sama sensor akan menghasilkan output TTL transisi naik menandakan sensor mulai menghitung waktu pengukuran, setelah receiver menerima pantulan yang dihasilkan oleh suatu objek maka pengukuran waktu akan dihentikan dengan menghasilkan output TTL transisi turun.

2.7. Real Time Clock (RTC)

Real Time Clock adalah sebuah chip elektronik bertenaga baterai yang dapat menampilkan atau menyimpan data berupa waktu (jam, menit, detik, hari, bulan dan tahun). IC ini memiliki Kristal yang dapat mempertahankan frekuensinya sehingga RTC beroperasi dengan baik. RTC DS3231 adalah salah satu jenis RTC yang paling umum dan dapat diakses menggunakan mikrokontroler dengan menghubungkan SDA dan SCL.



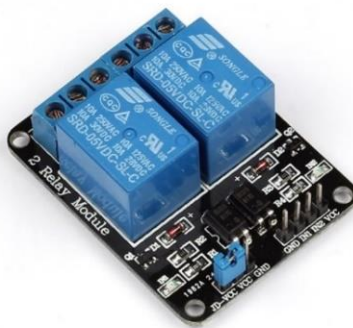
Gambar 2.11 RTC DS3231

Fitur - fitur yang dimiliki oleh RTC DS3231 sebagai berikut :

- a) Real Time Clock menghitung detik, menit, jam, hari, tanggal, bulan, dan tahun dengan tahun kabisat kompensasi berlaku hingga 2100.
- b) Akurasi ± 2 ppm dari 0°C hingga $+40^{\circ}\text{C}$.
- c) Akurasi $\pm 3,5$ ppm dari -40°C hingga $+85^{\circ}\text{C}$.
- d) Sensor suhu digital dengan akurasi $\pm 3^{\circ}\text{C}$.
- e) Interface i2c dengan kecepatan 400 kHz.
- f) Input Pencadangan Baterai untuk Berkelanjutan Pencatatan waktu.
- g) Rentang Suhu Operasi: Komersial (0°C hingga $+70^{\circ}\text{C}$) dan Industri (-40°C hingga $+85^{\circ}\text{C}$).
- h) Tegangan sumber $+2.3\text{V}$ sampai $+5.5\text{V}$.

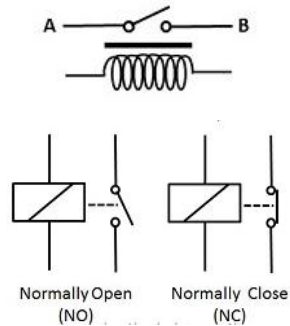
2.8. Modul Relay

Relay adalah saklar atau switch elektronik yang dioperasikan menggunakan arus listrik. Prinsip dari relay akan bekerja secara induksi elektromagnetis sehingga tuas saklar dengan lilitan kawat pada batang besi (solenoid) dialiri arus listrik maka tuas akan tertarik karena adanya gaya magnet yang terjadi pada solenoid sehingga kontak saklar akan menutup. Pada saat solenoid tidak dialiri arus maka gaya magnet akan hilang, tuas akan kembali keposisi semula dan kontak saklar kembali terbuka.



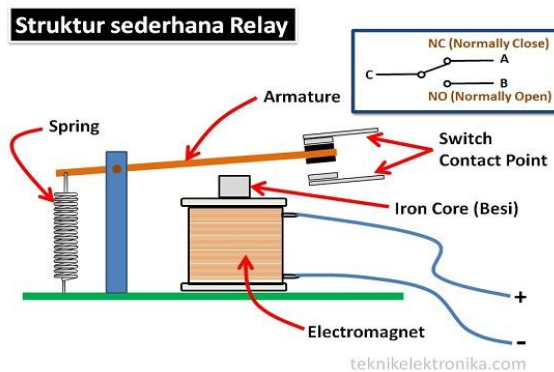
Gambar 2.12 Modul relay

2 bagian utama yaitu Elektromagnet (coil) dan mekanikal (seperangkat kontak Saklar atau Switch). Relay ini mengaktifkan solenoida dengan arus atau tegangan yang kecil, namun kontak relay dapat menghubungkan atau menggerakkan arus atau tegangan yang besar. Terdapat kontak relay yaitu Normally Open (NO) dan Normally Close (NC). Normally Open (NO) yaitu kontak yang akan terhubung / tertutup Ketika koil solenoid aktif, sedangkan Normally Close (NC) yaitu kontak yang akan terbuka Ketika koil solenoid aktif. Pada sistem ini nantinya relay difungsikan sebagai fungsi utama yang dapat mengaktifkan *output* berupa Pompa DC dan Solenoid valve DC. Relay umumnya digunakan untuk menggerakkan atau mengaktifkan suatu peralatan elektronik yang memiliki arus atau tegangan yang besar melalui kontak relay. solenoid diaktifkan menggunakan tegangan DC sehingga dapat mengendalikan kontak relay yang menggunakan tegangan AC. Menggunakan arus yang relatif kecil untuk mengendalikan peralatan dengan arus yang besar.



Gambar 2.13 Simbol relay

Relay merupakan komponen listrik yang memiliki prinsip kerja magnet dengan induksi listrik. Relay terdiri atas bagian-bagian utama sebagai berikut :



Gambar 2.14 Struktur komponen relay

Penjelasan bagian – bagian dari relay sebagai berikut :

- Electromagnet / koil electromagnet yaitu lilitan yang terbentuk dari kawat tembaga yang berfungsi sebagai pembentuk medan magnet Ketika mendapatkan tegangan listrik yang sesuai dengan tegangan kerja relay.
- Iron core / inti besi yaitu bagian yang berperan menjadi perantara medan magnet untuk menarik bagian armature sehingga dapat mengubah posisi switch kontak point.
- Armature yaitu lempengan logam yang digunakan sebagai tuas kontak yang bergerak mengubah posisi kontak berdasarkan sifat magnet dari komponen inti besi yang mempengaruhinya.

- Switch contact point yaitu bagian relay yang berfungsi sebagai output relay. Switch kontak terdapat 2 yaitu Normally Open (NO) dan Normally Close (NC).
- Normally Close (NC) yaitu kondisi awal sebelum diaktifkan akan selalu berada di posisi CLOSE (tertutup)
- Normally Open (NO) yaitu kondisi awal sebelum diaktifkan akan selalu berada di posisi OPEN (terbuka)
- Spring / per yaitu bagian yang digunakan untuk mengembalikan posisi switch contact point relay saat koil electromagnet dialiri arus/tegangan.

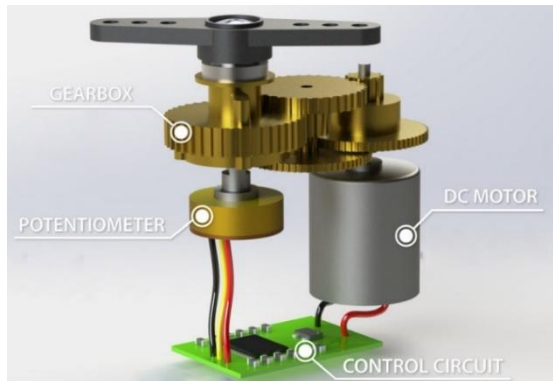
2.9. Motor Servo

Motor servo adalah jenis actuator elektromekanis yang tidak berputar secara kontinu seperti motor DC / AC atau motor stepper. Motor servo digunakan untuk posisi dan memegang beberapa objek. Motor jenis ini digunakan dimana rotasi kontinu tidak diperlukan sehingga tidak digunakan untuk mengendalikan roda (kecuali servo ini dimodifikasi). Sebaliknya, motor servo digunakan dimana sesuatu yang dibutuhkan pindah ke posisi tertentu dan kemudian berhenti dan bertahan pada posisi itu[7].



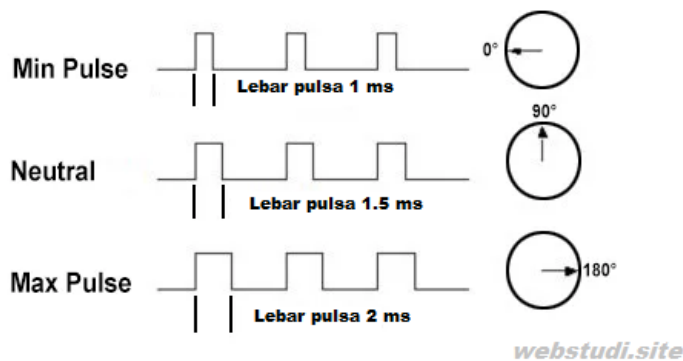
Gambar 2.15 Motor Servo

Terdapat bagian utama dari motor servo yaitu rangkaian kontrol, motor DC, gearbox dan potensiometer/encoder yang dihubungkan ke gearbox motor. Potensiometer / encoder ini berfungsi sebagai sensor yang memberikan sinyal umpan balik (feedback) ke sistem control mengenai posisi dari motor servo. Potensiometer biasanya digunakan pada motor servo yang kecil dan pengaplikasiannya yang sederhana, sedangkan encoder digunakan pada motor servo yang lebih mahal dan digunakan oleh industri.



Gambar 2.16 Struktur motor servo
 (<https://rozum.com/servo-motor-controllers/>,
 Diakses pada tanggal 19 April 2021)

Prinsip kerja motor servo yaitu motor servo dikendalikan dengan memberikan sinyal modulasi lebar pulsa (Pulse Wide Modulation / PWM) dari potensiometer / encoder sehingga lebar pulsa yang diberikan akan mempengaruhi posisi sudut putaran dari poros motor servo. Sebagai contoh, lebar pulsa dengan waktu 1,5 ms (mili detik) akan memutar poros motor servo ke posisi sudut 90°. Bila pulsa lebih pendek dari 1,5 ms maka akan berputar ke arah posisi 0° atau ke kiri (berlawanan dengan arah jarum jam), sedangkan bila pulsa yang diberikan lebih lama dari 1,5 ms maka poros motor servo akan berputar ke arah posisi 180° atau ke kanan (searah jarum jam). Lebih jelasnya perhatikan gambar dibawah ini.



Gambar 2.17 Rotasi sudut motor servo
 (<https://www.webstudi.site/2020/01/Motor-Servo.html>, Diakses pada tanggal 19 April 2021)

Ketika sinyal modulasi lebar pulsa yang telah diinstruksikan, maka poros motor servo akan bergerak atau berputar sesuai target dan berhenti pada posisi tersebut serta akan bertahan pada posisi tersebut. Jika ada kekuatan eksternal yang mencoba memutar atau mengubah posisi tersebut, maka sistem closed loop dari motor servo tersebut akan bekerja dengan mencoba menahan atau melawan kekuatan eksternal tersebut dengan kekuatan internal dari motor servo itu sendiri. Namun motor servo tidak akan mempertahankan posisinya untuk selamanya, sinyal PWM harus diulang setiap 20 ms (mili second) agar posisi poros motor servo tetap bertahan pada posisinya.

2.10. Thermoelectric Cooler

Thermoelectric Cooler (TEC) / peltier adalah sebuah modul elektronika yang mengkonversi energi listrik menjadi perbedaan temperatur (panas dan dingin).



Gambar 2.18 TEC-12706

Prinsip kerja thermoelectric Cooler (TEC) / peltier berdasarkan fenomena yang disebut efek peltier, dimana arus listrik dialirkan ke elemen peltier akan menghasilkan perbedaan temperatur (panas dan dingin) pada sambungan (junction) antara dua material logam yang berbeda. TEC-12706 beroperasi dengan tegangan 12 Volt, 6 Ampere.

2.11. Pompa Air DC

Pompa air (water pump) adalah alat yang digunakan untuk memindahkan air dari suatu tempat ke tempat yang lain. Prinsip kerja pompa DC ini sama dengan motor DC, namun pompa DC ada penambahan desain sedemikian rupa sehingga berfungsi untuk mengkonversi tenaga mekanis dari suatu sumber tenaga (penggerak) menjadi tenaga kinetis (kecepatan), dimana tenaga ini berguna untuk mengalirkan cairan dan

mengatasi hambatan yang ada sepanjang pengaliran. Pada penelitian tugas akhir ini menggunakan pompa DC dengan tegangan 12 Volt.



Gambar 2.19 Pompa air DC

2.12. Power Supply

Power supply adalah suatu alat atau perangkat elektronik yang berfungsi menyediakan sumber daya (power), tegangandan arus listrik untuk komponen atau peralatan elektronika lainnya.



Gambar 2.20 Power supply

Power Supply dibedakan menjadi beberapa jenis, diantaranya adalah Power Supply DC, AC Power Supply, Switch Mode Power Supply, Programmable Power Supply, Uninterruptible Power Supply dan High Voltage Power Supply. Berikut ini adalah penjelasan singkat mengenai jenis-jenis Power Supply.

1) Power Supply

Power supply DC ini merupakan catu daya yang mampu memberikan tegangan maupun arus listrik dalam bentuk sumber listrik searah atau DC (*Direct Current*) serta mempunyai polaritas yang tetap yakni positif dan juga negatif untuk pemakaian bebanya. Terdapat 2 jenis power supply DC yaitu :

- *AC to DC power supply*
AC to DC power supply adalah catu daya yang mengubah sumber tegangan listrik AC menjadi sumber tegangan listrik DC dengan menggunakan komponen transformator yang berfungsi untuk menutukan tegangan, diode sebagai penyearah arus dan kapasitor sebagai penyaring (*filtering*).
- Regulator linier
Regulator linier adalah catu daya yang berfungsi untuk mengubah sumber tegangan DC yang mempunyai sinyal fluktuasi menjadi konstan (stabil) dan biasanya menurunkan sumber tegangan input DC.

2) AC Power Supply

AC Power Supply adalah catu daya yang digunakan untuk mengubah suatu taraf tegangan AC ke taraf tegangan lainnya. Sebagai contohnya, *AC power supply* yang dapat menurunkan tegangan AC 220 Volt ke AC 100 Volt untuk peralatan yang membutuhkan tegangan 110VAC, atau sebaliknya dari tegangan AC 110V ke 220V.

3) Switch Mode Power Supply

Switch Mode Power Supply adalah catu daya yang digunakan untuk mendapatkan sumber tegangan DC dengan melakukan menyearahkan (*rectify*) dan menyaring (*filter*) tegangan Input AC secara langsung. Tegangan DC tersebut kemudian di *switch* ON dan OFF pada frekuensi tinggi dengan sirkuit frekuensi tinggi sehingga menghasilkan arus AC yang dapat melewati Transformator Frekuensi Tinggi.

4) Programmable Power Supply

Programmable Power Supply adalah jenis catu daya yang dapat dioperasikan dengan dikendalikan oleh *Remote Control* melalui antarmuka (*interface*) Input Analog maupun digital seperti RS232 dan GPIB.

5) Uninterruptible Power Supply (UPS)

Uninterruptible Power Supply (UPS) adalah catu daya yang mempunyai 2 sumber listrik yaitu arus listrik yang langsung berasal dari tegangan input AC dan Baterai yang terdapat didalamnya. Saat listrik normal, tegangan Input akan secara simultan mengisi Baterai dan menyediakan arus listrik untuk beban (peralatan listrik). Tetapi jika terjadi kegagalan pada sumber tegangan AC

seperti matinya listrik, maka Baterai akan mengambil alih untuk menyediakan Tegangan untuk peralatan listrik atau elektronika yang bersangkutan.

6) High Voltage Power Supply

High Voltage Power Supply adalah catu daya yang digunakan untuk menghasilkan Tegangan tinggi hingga ratusan bahkan ribuan volt. *High Voltage Power Supply* biasanya digunakan pada mesin X-ray ataupun alat-alat yang memerlukan tegangan tinggi.

2.13. Bahasa pemrograman C pada Arduino

Terdapat bahasa pemrograman yang digunakan untuk program mikrokontroler seperti bahasa basic, assembly dan bahasa C. Pada dasarnya bahasa pemrograman arduino menggunakan bahasa pemrograman C. bahasa pemrograman C merupakan bahasa yang sangat lazim dipakai sejak awal komputer diciptakan dan sangat berperan dalam perkembangan software sehingga bahasa C sangat populer dan banyak digunakan oleh programmer.

Bahasa pemrograman C merupakan multi-platform sehingga dapat diterapkan pada lingkungan windows, unix, linux atau sistem operasi yang lain tanpa mengalami perubahan source code, dimana jika mengalami perubahan, biasanya sangat sedikit. Karena arduino menggunakan bahasa C yang multi platform, software arduino dapat dijalankan pada saat sistem operasi yang umum seperti Windows, Linux dan MacOS.

Berikut ini penjelasan mengenai dasar – dasar pemrograman mikrokontroler Arduino menggunakan bahasa C yang meliputi : struktur, syntax, variabel, operator matematik, operator perbandingan, struktur kondisi, inialisasi I/O digital dan analog sebagai berikut :

❖ Struktur

Dalam setiap sketch (program arduino) harus memiliki dua buah fungsi yang harus ada yaitu Void Setup dan Void Loop.

- Void Setup () {}

Kode yang berada pada kurung kurawal void setup akan dijalankan hanya satu kali ketika program arduino dijalankan untuk pertama kalinya.

- Void Loop () {}

Void loop dijalankan ketika void setup sudah dijalankan. Fungsi ini akan terus-menerus dijalankan sampai dengan daya dimatikan.

❖ Syntax

- Komentar

Komentar digunakan untuk memperjelas setiap baris instruksi yang telah dibuat sehingga komentar sangat bermanfaat bagi programmer karena mempermudah maintenance dan mencari baris data yang diperlukan. Simbol “//” (dua garis miring) digunakan untuk menulis komentar satu baris, sedangkan untuk menulis komentar yang lebih satu baris menggunakan simbol yang diawali “/*” (garis miring dan bintang) dan diakhiri dengan simbol “*/” (bintang dan garis miring). Penulisan simbol komentar bertujuan agar diabaikan oleh program sehingga program tersebut tidak dieksekusi.

- Curly bracket

Simbol “{” dan “}” disebut juga kurung kurawal (curly bracket) digunakan untuk menentukan awal dan akhir sebuah blok kode program. Penggunaan simbol ini digunakan pada fungsi dan loop.

- Semicolon

Simbol “;” disebut juga titik koma (semicolon) digunakan untuk mengakhiri setiap baris kode program. Tujuan dari penulisan titik koma yaitu agar tidak terjadinya error program atau gagalnya proses saat dikompilasi program.

❖ Variabel

Variabel digunakan sebagai menyimpan atau memindahkan angka maupun karakter di dalam program. Penggunaan variabel harus dideklarasikan terlebih dahulu pada sketch (program arduino) sesuai dengan keinginan, namun hindari pemberian nama variabel diawali dengan angka dan keyword (kata kunci) yang sudah digunakan di dalam bahasa pemrograman C oleh Arduino. beberapa contoh tipe data pada pemrograman bahasa C yang digunakan untuk Arduino adalah sebagai berikut :

- **int (integer)** : tipe data ini menghabiskan 2 byte (16 bit) dari RAM. Tidak mempunyai angka decimal dan memiliki rentang nilai antara - 32.748 sampai dengan +32.768.
- **long** : tipe data ini digunakan ketika terdapat variabel yang tersimpan di int tidak mencukupi lagi. Tipe data ini memakai 4 byte (32 bit) dari RAM dan memiliki rentang nilai antara -2.147.483.648 sampai dengan +2.147.483.648 .
- **Boolelan** : tipe data sederhana yang digunakan untuk menyimpan nilai True dan False. Tipe data ini memakai 1 byte dari RAM.
- **Float** : tipe data ini digunakan untuk bilangan desimal (floating point). Tipe data ini memakai 4 byte (32 bit) dari RAM dan memiliki rentang nilai anantara -3,4028235E+38 sampai dengan 3,4028235E+38.

- **char (karakter)** : tipe data karakter yang menggunakan kode ASCII (misalnya 'A' = 65) dan memakai 1 byte dari RAM.
- **Unsigned int** : tipe data ini sama dengan int, namun tidak dapat menyimpan nilai negative sehingga memiliki rentang nilai antara 0 sampai dengan 65,35 dan memakai 2 byte dari RAM.
- **Unsigned long** : tipe data ini sama dengan long, namun tidak dapat menyimpan nilai negative sehingga memiliki rentang nilai antara 0 sampai dengan 4.294.967.295 dan memakai 4 byte dari RAM.
- **String** : tipe data ini digunakan untuk menyimpan informasi teks, dengan karakter ASCII dan menggunakan string untuk mengirim pesan via serial port.

❖ Operator Matematik

Operator matematik digunakan untuk memanipulasi angka. Berikut ini jenis – jenis operator matematik :

- = : digunakan sebagai operator sama dengan.
- % : digunakan sebagai modulo, memberikan nilai sisa dari hasil pembagian suatu angka dengan angka yang lain.
- + : digunakan sebagai penjumlahan
- - : digunakan sebagai pengurangan
- / : digunakan sebagai pembagian

❖ Operator Perbandingan

Operator perbandingan digunakan untuk operasi logika perbandingan antara dua nilai atau 2 variabel yang berbeda. Berikut ini jenis – jenis operator perbandingan :

- == : sama dengan (equal to), misalnya 12==8 berarti false dan 7==7 berarti true.
- != : tidak sama dengan (not equal to), misalnya 12 != 8 berarti true dan 7 != 7 berarti false.
- < : lebih kecil dari (less than), misalnya 12 < 11 berarti false dan 6 < 7 berarti true.
- > : lebih besar dari (greater than), 12 > 11 berarti true dan 6 > 7 berarti false.

❖ Bitwise Operator

Operator ini digunakan untuk melakukan kalkulasi variabel pada level bit. Berikut ini jenis – jenis bitwise operator :

- & : bitwise and
- | : bitwise or
- ^ : bitwise xor
- ~ : bitwise not
- << : bitwise left
- >> : bitwise right

❖ Operator Boolean

Operator boolean dapat digunakan untuk kondisi di dalam statement percabangan IF. Berikut ini jenis – jenis operator boolean :

- && : AND
- || : OR
- ! : NOT

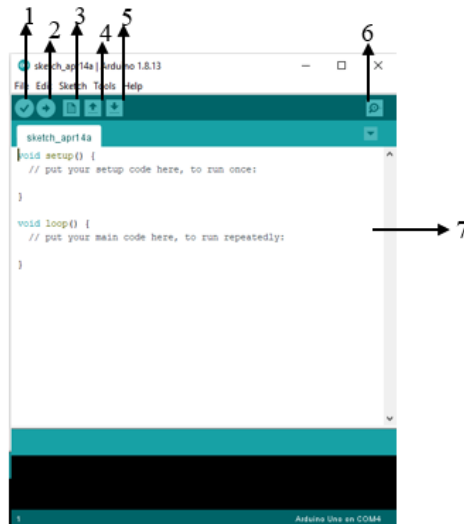
2.14. Arduino IDE

Arduino IDE (*Integrated Development Environment*) adalah sebuah software yang di dalamnya sudah mencakup berbagai fungsi peran sebagai editor program atau menulis sketch (program Arduino), meng-compile menjadi kode biner dan mengupload ke dalam memori mikrokontroler yang ada di papan Arduino. *Editor Sketch* pada Arduino IDE juga mendukung fungsi penoroman baris, *syntax highlighting*, yaitu pengecekan *sintaksis* kode *sketch*. *Sketch* merupakan program yang dibuat menggunakan software Arduino IDE, sketch ditulis didalam sebuah pengatur teks atau *text editor* dan disimpan didalam sebuah ekstensi atau format.ino.

Untuk penggunaanya, sketch Arduino harus mendefinisikan dua fungsi untuk menjalankannya yaitu :

- Void Setup () { } : fungsi ini akan dijalankan sekali pada awal program yang dapat menginisialisasi pengaturan.
- Void Loop () { } : fungsi ini dijalankan secara berulang-ulang sampai mikrokontroler di non-aktifkan.

Terdapat menu pada toolbar Arduino IDE yaitu menu File, Edit, Sketch, Tools dan Help. Arduino IDE terdiri dari :



Gambar 2.21 Bagian – bagian menu Arduino Ide

Keterangan :

1. Verify
Digunakan untuk mengecek sketch (program Arduino) pada editor program.
2. Upload
Digunakan untuk mengupload ke dalam memori mikrokontroler yang ada di papan Arduino
3. New
Digunakan untuk membuat sketch (program Arduino) yang baru.
4. Open
Digunakan untuk membuka daftar sketch pada sketchbook arduino.
5. Save
Digunakan untuk kode sketch pada sketchbook Arduino.
6. Serial Monitor
Digunakan untuk menampilkan informasi yang dikirim melalui komunikasi serial.
7. Editor Program
Digunakan untuk menulis atau mengedit sketch (program Arduino).