

BAB 2 DASAR TEORI

2.1 KAJIAN PUSTAKA

Pada penelitian Palash Chandra Maity dan Mudrika Khandelwel pada tahun 2016, berjudul “*Synthesis Time and Temperature Effect on Polyaniline Morphology and Conductivity*”, meneliti mengenai pengaruh waktu dan suhu proses polimerisasi polianilin terhadap konduktivitas dan morfologi. Hasilnya menunjukkan bahwa polianilin yang dipolimerisasi pada suhu rendah menghasilkan nilai konduktivitas yang lebih tinggi daripada polianilin yang dipolimerisasi pada suhu ruang. Dengan data yang diperoleh pada suhu ruang atau kamar memperoleh konduktivitas 5.7 S/cm, dan pada suhu rendah (0 - 4 °C) dapat memperoleh konduktivitas sebesar 7.11 S/cm - 11.1 S/cm dengan waktu 24 jam [11]. Namun, pada penelitian Chandra Maity belum menggunakan otomatisasi dalam pengukuran serta pemantauan suhu dan pH selama proses polimerisasi polyaniline, maka penulis menambahkan sistem *monitoring* suhu dan pH secara *realtime* menggunakan sensor dan aplikasi blynk.

Pada Penelitian Suardi, Rodlan Jamal, dan Akhmal Rida pada tahun 2020, yang berjudul “Desain sistem pada pendingin ruang muat semi permanen berbahan polistirena dan seng (zn) yang terdapat pada kapal ikan tradisional” meneliti mengenai ketahanan suhu dan dampak tebal tipisnya polistirena (*Styrofoam*) bagi kemampuan *Coolbox* dalam mempertahankan suhu dingin [12]. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa sistem pendingin atau *Coolbox* yang menggunakan insulator polistirena mempunyai tebal 4 cm serta tebal *zinc* 0,1 cm bisa menjaga suhu dari es hingga 48 jam dalam kisaran suhu 2°C. Namun, insulator polistirena mempunyai tebal 2 cm serta tebal *zinc* 0,1 cm cukup bisa menjaga kondisi es dalam 24 jam dalam kisaran suhu 6,6°C. Hasil ini menunjukkan bahwa insulasi polistirena dengan tebal 2 cm memiliki laju panas yang lebih efisien daripada insulasi polistirena dengan tebal 4 cm, karena itu ketebalan dari polisterina (*Styrofoam*) berpengaruh terhadap ketahanan suhu ruangan agar tetap dingin.

Penelitian Fikri Hidayat, dan Alex Harijanto tahun 2022 yang berjudul “Rancang Bangun Alat Ukur Sistem *Monitoring* pH dan Suhu Kolam Ikan Lele Berbasis IoT dengan Mikrokontroler ESP8266”, meneliti mengenai pemantuan *pondus*

Hydrogenii(pH) serta suhu air kolam lele menggunakan pemanfaatan IoT [13]. Penelitian ini memanfaatkan Sensor pH, sensor DS18B20, dan NodeMCU sebagai komponen terpenting. *Component* tambahan termasuk, resistor, kabel *jumper*, kabel USB, dan kotak proyek. Alatnya diprogram memakai *software* Arduino IDE, *database* *Firebase* serta aplikasi android yang berjalan di *smartphone* dirancang dengan menggunakan MIT App Inventor. Hasil dari sistem pemantauan pH dan suhu menggunakan mikrokontroler ESP8266 sangat valid yaitu menunjukkan nilai *error* sebesar 0,909 untuk sensor pH dan nilai *error* sebesar 0,911 untuk sensor suhu DS18B20. Namun terdapat saran dari peneliti tersebut untuk menggunakan mikrokontroler ESP8266 dengan jenis NodeMCU V3 yang merupakan versi terbaru untuk meningkatkan kinerja dari alat tersebut.

Penelitian Slamet Indriyanto, Prasetyo Yuliantoro, dan Dinda Kusumawati pada tahun 2022 yang berjudul “Sistem *Monitoring* Suhu Air Pada *Aquascape* Berbasis *Internet of Things* (IoT)” meneliti mengenai *monitoring* suhu air pada *aquaspace* yang mana apabila suhu air meningkat terlalu hangat dapat berpengaruh negatif, karena dapat memperlambat proses tumbuh tanaman hias didalam air tersebut [14]. Dalam penelitian tersebut menggunakan sensor suhu DS18B20 yang menggunakan mikrokontroler NodeMCU ESP8266 memakai internet untuk komunikasi data, serta *output* data ditampilkan pada LCD dan *Website*. Dari hasil penelitian dinyatakan bahwa sistem berkerja dengan baik dan dibuktikan dengan pengujian sensor menggunakan 3 skenario pengujian yang didapatkan nilai *error* pengujian sensor DS18B20 0,98% dan keakurasian 99,02% di percobaan pertama, nilai *error* 0,85% dan keakurasian 99,15% di uji coba kedua dan nilai *error* senilai 0,76% serta keakurasian senilai 99,24% di uji coba terakhir.

Dalam penelitian Risma Alfia pada tahun 2021 yang berjudul "Sistem *Monitoring* Kualitas Air Pada Sistem Akuaponik Berbasis IoT", dibahas tentang pemantauan empat parameter kualitas air pada sistem akuaponik, yaitu suhu, pH, (TDS), serta kekeruhan air yang dimunculkan hasilnya pada *web server* serta telegram [15]. Penelitian ini menggunakan beberapa sensor seperti DS18B20, PH-4502C, SEN0244, SEN0189, dan arduino pro mini. Berdasarkan hasil riset, terungkap bahwa prototipe yang telah dikembangkan memiliki tingkat akurasi 98,63% untuk suhu air dan 98,36% untuk pH air, serta mampu mengirim informasi data menuju *web server* dan Telegram.

Sebuah studi tahun 2022 oleh Afrianzah Pradypta, berjudul “Rancang Bangun Sistem *Monitoring* pH Dan Kontrol Suhu Pada Media Pemeliharaan ikan Hias Air Tawar”, meneliti sistem kontrol otomatis untuk stabilisasi suhu dan pemantauan keasaman air di tambak ikan air tawar [16]. Dalam penelitian tersebut sistem *monitoring* dapat memudahkan pengguna dalam memonitoring Ph dan suhu air. Sistem pengendali akan bekerja ketika suhu tidak sesuai dengan *setpoint* pada pengaturan menggunakan metode *fuzzy* dan sistem mati ketika suhu sesuai dengan nilai yang ditetapkan. Hasil penelitian dibandingkan dengan pembacaan suhu sensor DS18B20 menggunakan termometer air raksa, menghasilkan tingkat kesalahan sebesar 0,0095%. Sedangkan pembacaan keasaman (pH) dengan sensor pH-4052C dan pH meter digital sebagai pembanding memiliki tingkat kesalahan sebesar 0,0168%.

Penelitian Rivalt Alfaro Tamasoleng, dkk tahun 2021 yang berjudul “Rancang bangun alat *monitoring* nilai air pada kolam renang berbasis IoT“ membahas tentang pemantauan atau *memonitoring* Kualitas air kolam menggunakan tiga parameter pemantauan yaitu pH, TDS (ppm) dan suhu, dengan pengendali utama arduino uno sebagai mikrokontroler dan *module* WiFi ESP8266 yang terkoneksi oleh aplikasi Blynk [17]. Dalam penelitian tersebut alat ukur ini dapat memudahkan pengguna untuk memantau dan mengontrol kualitas air kolam setiap saat menggunakan media aplikasi bylnk untuk informasi data pH, PPM (*Part Per Million*) atau kandungan nutrisi tanaman dan suhu dengan sensor suhu yaitu DS18B20. Hasil yang diperoleh sistem pengendalian kualitas air tambak adalah sistem berjalan sangat baik sesuai dengan yang direncanakan, menggunakan modul WiFi sebagai koneksi jaringan, memungkinkan perangkat untuk terhubung ke *smartphone*. Dalam hal ini ketinggian air pada kolam dapat dipantau secara *realtime* pada *smartphone* melalui aplikasi *platform* Blynk.

2.2 DASAR TEORI

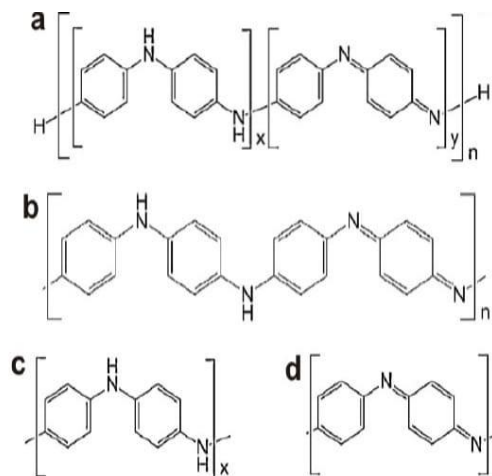
2.2.1 *Polyaniline*

Polyaniline (PANI) adalah salah satu jenis polimer konduktif intrinsik (*Intrinsically conductive polymer*, ICP) memiliki beberapa keunggulan daripada polimer konduktif lainnya, seperti ketahanan termal yang sangat baik, konduktivitas yang cukup baik, dan dari segi ekonomi, PANI lebih unggul karena monomer anilinya lebih murah. Selain itu, sintesis PANI yang sederhana dan sifat-sifatnya yang dapat

disesuaikan dengan mudah membuat PANI memiliki potensi untuk diaplikasikan dalam berbagai bidang. Beberapa aplikasi potensial PANI antara lain sebagai sensor, indeks asam-basa, membran, kapasitor, medan elektromagnetik, baterai, panel surya dan dioda. PANI pertama kali dikenal pada tahun 1834 dengan sebutan "*aniline black*", istilah ini digunakan untuk semua produk yang dihasilkan melalui proses oksidasi anilin. Sintesis PANI dengan metode konvensional merupakan metode sintesis yang paling mudah untuk menghasilkan PANI. Metode konvensional juga dikenal dengan: *standard polymerization*, *chemical oxidative polymerization* dan *bulk polymerization* [18].

Berat molekul PANI meningkat ketika suhu polimerisasi menurun, namun tidak dipengaruhi oleh tingkat keasaman medium. Tingkat kristalinitas PANI meningkat seiring dengan peningkatan berat molekul. Selain itu, tingkat kristalinitas PANI juga meningkat seiring dengan peningkatan tingkat keasaman medium. Morfologi PANI mengalami perubahan dari serbuk menjadi makroporus seiring dengan peningkatan berat molekul. Konduktivitas PANI terpengaruh oleh suhu polimerisasi dan berat molekul. Polimerisasi anilin berlangsung dengan baik pada suhu 0°C [19].

Secara umum struktur molekul PANI diperlihatkan pada Gambar 2.1a. Struktur molekul PANI terdiri dari dua unit yang berulang, yaitu unit tereduksi (Gambar 2.1c) dan unit teroksidasi (Gambar 2.1d) yang berulang. Masing-masing unit terdiri dari dua buah cincin aromatik, unit tereduksi memiliki dua cincin *benzenoid* dan unit teroksidasi memiliki cincin *benzenoid* dan *quinoid*. Penamaan PANI didasarkan pada tingkat oksidasi (y) yang terdapat pada struktur molekulnya ($x+y=1$): *leucoemeraldine* untuk PANI tidak teroksidasi ($y=0$), *emeraldine* untuk PANI setengah teroksidasi ($y=0.5$), dan *pernigraniline* untuk PANI teroksidasi sempurna ($y=1$) [20].



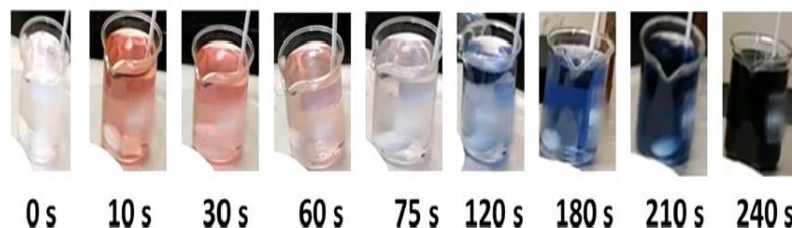
Gambar 2.1 Struktur Molekul PANI [20]

2.2.2 Chemical oxidative polymerization (COP)

Chemical oxidative polymerization (COP) digunakan untuk sintesis polimer (oligomer) dari senyawa aromatik seperti anilin. Monomer yang digunakan dalam COP dicirikan oleh sifat donor elektron dengan oksidasi tinggi. Oksidasi monomer dicapai dengan menggunakan zat pengoksidasi anorganik (atau organik) atau potensial yang diterapkan yaitu, polimerisasi oksidatif elektrokimia. *Polyaniline* dapat dianggap sebagai salah satu polimer paling menarik yang dapat disiapkan melalui polimerisasi oksidatif (COP) untuk mengilustrasikan polimerisasi rantai nonklasik atau reaktivasi. Hal ini disebabkan oleh fakta-fakta berikut:

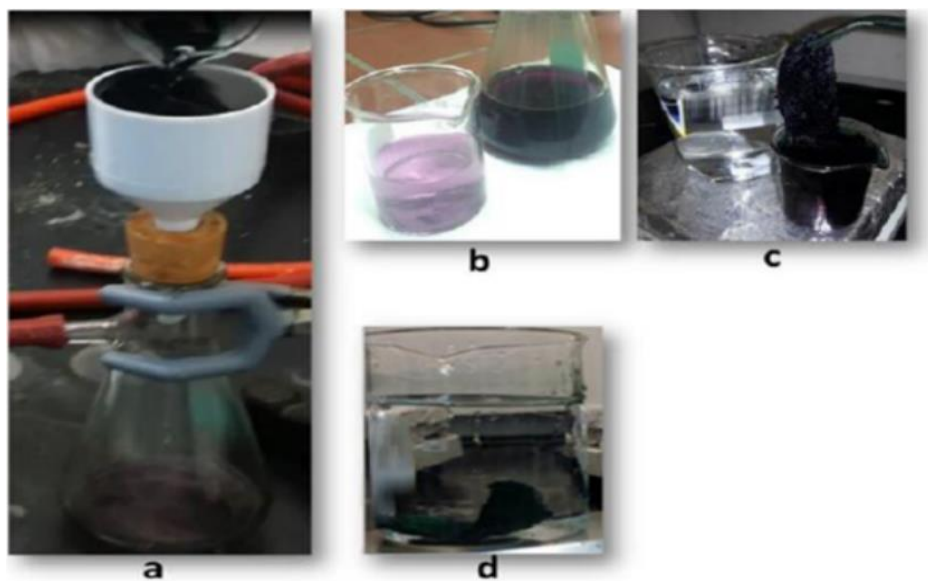
1. Prosedur sintesis yang sederhana dan cepat: Sintesis *polyaniline* relatif mudah dilakukan dengan prosedur yang sederhana dan tidak memakan waktu lama.
2. Bahan awal yang murah: Bahan-bahan awal yang digunakan dalam sintesis *polyaniline* umumnya terjangkau secara ekonomi, sehingga membuatnya lebih dapat diakses.
3. Beragam aplikasi bagi mahasiswa jurusan kimia dan teknik: *Polyaniline* memiliki berbagai macam aplikasi dalam bidang kimia dan teknik, sehingga mahasiswa jurusan tersebut akan menemukan berbagai peluang penelitian dan pengembangan.
4. *Polyaniline* bersifat konduktif [21]: Salah satu keunggulan *polyaniline* adalah sifat konduktifnya. Hal ini memungkinkan penggunaan *polyaniline* dalam aplikasi yang melibatkan konduktivitas listrik, seperti dalam elektronika dan sensor.

Salah satu fitur yang menarik dan menarik selama sintesis polianilin adalah perubahan warna dari tahap awal sampai polimerisasi (periode induksi), seperti pada gambar 2.2. Setelah pencampuran seketika dari larutan monomer dan inisiator, larutan reaksi awal yang tidak berwarna berubah warna menjadi merah muda. Intensitas warna merah jambu menurun secara bertahap dan berubah menjadi warna ungu muda. Warna ungu muda diubah secara bertahap menjadi warna biru dan biru tua dan akhirnya berkembang menjadi hijau kehitaman setelah periode induksi 4 menit.



Gambar 2.2 Perubahan Warna Polimerisasi PANI selama 4 menit [21]

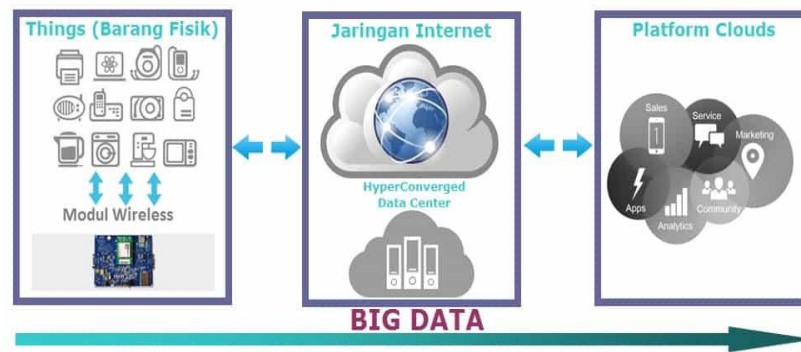
Tahap *Filtrasi* atau penyaringan polimerisasi, dapat dilihat pada gambar 2.3. Endapan padat polianilin berwarna hijau tua terbentuk setelah reaksi 10 menit, seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.3a. Menariknya, polimerisasi anilin berlanjut pada kertas saring, seperti yang diamati pada gambar 2.3b, kehadiran oligomer yang larut dalam air ditunjukkan oleh warna ungu. Penghilangan testil serbuk polianilin dari larutan HCl 1M dicuci berulang kali menggunakan air aquades sampai filtrat menjadi jernih dan tidak berwarna seperti gambar 2.3c dan 2.3d. langkah pencucian diperlukan untuk menghilangkan inisiator yang tidak bereaksi, monomer, dan berat molekul rendah [21].



Gambar 2.3 Tahap *Filtrasi* Polimerisasi *Polyaniline* [21]

2.2.3 *Internet of Things*

Sistem *Internet of Things* (IoT) adalah gabungan dari perangkat pintar, sensor, aktuator, dan mikrokontroler yang berfungsi untuk memfasilitasi penukaran data serta komunikasi secara otomatis antara perangkat-perangkat tersebut. IoT menggunakan perangkat pintar (*smart devices*) untuk mengoptimalkan setiap saat. Secara umum *Internet of Things* adalah sekelompok teknologi yang dapat dipadukan jadi satu integrasi, seperti sensor pembaca data, RFID, jaringan sensor nirkabel, koneksi Internet menggunakan topologi jaringan yang berbeda dan berbagai teknologi yang berkembang sesuai dengan kebutuhan pengguna. Dalam implementasi *Internet of Things* juga mampu mengidentifikasi, mendapati, dan memantau objek secara terus menerus atau otomatis dan *real time*.



Gambar 2.4 Skema Konsep IoT [22]

Pada gambar 2.4 Konsep IoT sangat mudah dipahami dengan mengacu pada tiga komponen utama dalam arsitektur IoT, yaitu: Barang nyata diperlengkap dengan modul IoT, perangkat koneksi internet seperti modem dan *router wireless Speedy*, serta *Cloud* sebagai wadah mengumpulkan, menyimpan, serta menganalisis data.

Cara kerja *Internet of Things* adalah menggunakan argumen pemrograman, dimana suatu argumen instruksi memperoleh komunikasi antar perangkat yang bisa terhubung langsung tanpa perlunya intervensi manusia, maupun dari jarak jauh. Internet adalah memfasilitasi interaksi antar dua mesin, sementara orang bertindak langsung hanya sebagai pengontrol dan pemantau pengoperasian perangkat [22].

2.2.4 Mikrokontroler

Mikrokontroler merupakan suatu chip *Integrated Circuit* yang dapat menerima dan memproses informasi dari lingkungan melalui sinyal masukan, dan mengirimkan sinyal keluaran berjalan sesuai dengan program yang dimasukkan. Mikrokontroler bisa dibandingkan dengan sebuah "otak" yang mengatur interaksi perangkat dengan lingkungan.

Mikrokontroler diterapkan dalam berbagai bidang, seperti otomotif, peralatan rumah tangga/kantor, pengontrol perangkat industri, dan robotika. Dalam mikrokontroler terdapat beberapa komponen utama seperti CPU, ROM, RAM, dan I/O yang memungkinkan mikrokontroler untuk melakukan proses pengolahan data dan memproses informasi sesuai dengan program yang diberikan [23].

2.2.5 Mikrokontroler NodeMCU

NodeMCU ESP8266 adalah suatu kit pengembangan perangkat keras *open-source* yang memanfaatkan modul WiFi ESP8266 untuk menghubungkan perangkat ke internet. Kit ini memiliki dimensi panjang 5,83 cm dan lebar 2,54 cm, serta berat 7 gram.

Dalam kit ini terdapat GPIO, PWM, IIC, L-Wire, dan ADC yang terintegrasi pada satu *board*. NodeMCU ESP8266 juga dilengkapi dengan koneksi WiFi dan *port micro USB* untuk pemrograman dan daya. Modul ini menggunakan mikrokontroler ESP8266-12E dan memiliki spesifikasi tegangan *input* 3.3-5V, 13 pin GPIO, 10 kanal, 1 pin 10-bit ADC, 4 MB *flash memory*, *clock speed* 40/26/24 Mhz, *USB port micro USB*, serta chip USB CH340G.

NodeMCU ESP8266 adalah modul turunan evolusioner dari keluarga ESP-12 dari modul *platform Internet of Things* ESP8266. Secara fungsional, modul berikut nyaris mirip seperti modul Arduino, namun memiliki perbedaan yakni “Terhubung dengan internet”. Saat ini ada tiga versi modul NodeMCU termasuk:



Gambar 2.5 Versi NodeMCU [24]

Pada gambar 2.5 terdapat 3 versi modul NodeMCU diantaranya; priode satu *board* v0.9 (NodeMCU v1), lalu turunan kedua *board* v1.0 (NodeMCU v2), dan trunanan ketiga *board* v1.0 (NodeMCU v3 *Unofficial*) [24].

Dalam penelitian ini, digunakan NodeMCU ESP8266 V3, yaitu versi terbaru dari pengembangan NodeMCU yang dikembangkan oleh produsen LoLin. Perangkat ini memiliki beberapa perbaikan dibandingkan dengan versi sebelumnya yang membuatnya diklaim lebih cepat.

2.2.6 Derajat Keasaman

Dikenal dengan istilah skala pH, yang dipakai sebagai menilai kadar asam ataupun kadar basa suatu cairan larutan. Ide dasar pH ditemukan tahun 1909 dengan ilmuwan Denmark, Søren Peder Lauritz Sorensen.

Tabel untuk spesifikasi nilai pH terdapat pada tabel 2.1 [25].

Tabel 2.1 Nilai pH [25]

Kadar pH	Tingkat Keasamaan
0 – 6	Asam
7	Netral
8 – 14	Basa

Dari tabel 2.1 dapat diketahui nilai pengukur keasaman dan kadar basa suatu larutan yang dinyatakan dengan skala pH berkisar di angka 0 sampai dengan 14. Nilai pH tujuh menggambarkan kondisi netral, lalu pH di bawah 7 menandakan kondisi larutan asam serta pH di atas 7 menunjukkan kondisi larutan basa. pH 0 menunjukkan bahwa larutan sangat asam, dan pH 14 menunjukkan bahwa larutan sangat basa.

2.2.7 Sensor pH

Sensor pH berupa alat yang dipakai untuk mengukur asam atau basa larutan. Sensor tersebut beroperasi berdasarkan prinsip elektrokimia dan menggunakan elektroda kaca yang memantau jumlah ion H_3O^+ dalam cairan. *Output* dari sensor pH adalah sebuah nilai yang menunjukkan tingkat keasaman atau kebasaaan larutan tersebut. Agar akurasi terjaga, sensor pH harus diperiksa secara berkala. Dalam pemakaiannya, sensor pH memiliki dua tipe elektroda, yakni elektroda kaca serta referensi. Elektroda kaca bertugas mengukur jumlah ion, sementara elektroda referensi digunakan sebagai patokan untuk mengukur pH larutan dengan cara membandingkan potensial listrik pada elektroda referensi dan elektroda kaca [26].

a. pH Modul pH-4502C

Salah satu elemen sensor pH yang ingin dipergunakan penelitian adalah modul. Modul pH-4502C memiliki spesifikasi pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Spesifikasi Modul pH-4502C [27]

No.	Parameter	Keterangan
1.	Tegangan	5 0.2 (AC DC)
2.	Konsentrasi	pH 0-14
3.	Waktu tanggap	5 detik
4.	<i>size</i>	42 mm x 32 mm.x 20 mm
5.	<i>Power</i>	0,5 W
6.	Durasi (waktu penyelesaian)	60 detik.
7.	<i>Output</i>	Pin Analog
8.	<i>Deteksi temperature</i>	0-80 °C

Pada tabel 2.2 merupakan tabel spesifikasi modul pH-4502C dengan tegangan yang umum digunakan yaitu 5V untuk dihubungkan dengan Arduino dan 3.3 V untuk nodeMCU, konsentrasi pengukuran berada pada rentang pH 0-14, dengan *output* berada pada pin analog.



Gambar 2.6 Modul Sensor pH-4502C [27]

Pada gambar 2.6 merupakan modul pH-4502C yang terdapat enam buah pin, yaitu pin To, Do, Po, G, G dan V+ dengan fungsi pin sebagai berikut :

1. Pada sistem ini, penggunaan simbol "To" digunakan untuk *output* yang dihasilkan oleh sensor yang terpasang.
2. Selanjutnya, simbol "Do" digunakan untuk membatasi *output* tegangan pada nilai 3.3 volt dalam rangka mencegah kerusakan perangkat.
3. Simbol "Po" digunakan untuk mendeteksi *output* nilai pH ketika probe BNC dan pin modul sensor telah dihubungkan dengan pin analog mikrokontroler.
4. Simbol "G" pada sensor pH, di sisi lain, menunjukkan jalur koneksi ke *ground* dalam rangka pengukuran pH yang akurat.
5. Pada komponen *board* Arduino, simbol "G" kembali digunakan untuk menunjukkan jalur koneksi ke *ground*.
6. Dan terakhir, simbol "V+" digunakan untuk menyalurkan tegangan sumber daya yang diperlukan oleh sistem dalam bentuk arus, dengan tegangan maksimal sebesar 5 volt DC [27].

Daripada dengan Modul sensor pH lainnya modul pH-4502C mempunyai keunggulan yaitu memiliki 6 pin dalam pin modul, *respon* yang cepat dalam membaca nilai pH dan penggunaan modul pH-4502C yang lebih mudah, sehingga peneliti menggunakan modul sensor pH-4502C.

b. pH Electrode Probe BNC Connector

Jenis *probe* sensor pH yang digunakan pada penelitian ini yaitu pH *Electrode Probe BNC Connector* dengan spesifikasi pada tabel 2.3.

Tabel 2.3 Spesifikasi pH Electrode Probe BNC Connector [28]

No.	Paramter	Keterangan.
1.	Rentang pengukuran	pH 0 – 14
2.	Respon waktu	< satu menit
3.	Suhu kerja	0 – 60 °C
4.	Konektor	<i>Port BNC</i>
5.	Panjang kabel	0.8 m

Pada tabel 2.3 merupakan spesifikasi *pH electrode BNC conncektor* dengan rentang pengukuran pada pH 0-14, bekerja pada suhu 0 – 60 °C, jenis konektor *port BNC* dan Panjang kabel 0,8 m.



Gambar 2.7 pH Electrode Probe BNC Connector [28]

Gambar 2.7 merupakan pH *Electrode Probe BNC Connector* yang digunakan pada penelitian. Dalam pH meter, elektroda atau *probe* merupakan bagian penting yang digunakan untuk mengukur pH larutan. Elektroda terdiri dari sebuah batang yang biasanya terbuat dari kaca. Pada bagian bawah elektroda terdapat bohlam yang merupakan bagian sensitif dari *probe*, yang berisi sensor. Untuk mengukur pH larutan, *probe* dicelupkan ke dalam larutan tersebut. *Probe* ini kemudian dipasang pada sebuah lengan atau alat penahan *probe* untuk mempermudah penggunaan dan pengukuran. Konektor BNC memiliki desain yang mudah dipasang dan dilepas dengan memutar, sehingga cocok untuk digunakan dalam lingkungan laboratorium dan industry [28].

2.2.8 Sensor Suhu DS18B20

Sensor suhu DS18B20 adalah salah satu jenis sensor suhu digital. Sensor suhu DS18B20 berinteraksi melewati bus *1-wire*, yang berarti sekedar memerlukan satu kabel data untuk berkomunikasi memakai mikroprosesor utama. DS18B20 memiliki kode serial unik yang memungkinkan beberapa sensor untuk beroperasi pada bus *1-wire* yang sama. Hal ini membuat sensor ini sangat populer, terutama karena memiliki desain *waterproof*. Sensor ini memiliki spesifikasi yang mengizinkan digunakan pada rentang tegangan 3.0V sampai 5.5V, rentang suhunya mencapai -55°C sampai 125°C . Waktu konversi yaitu waktu yang diperlukan untuk mengkonversi suhu menjadi data digital, berkisar kurang dari 750 milidetik. Penampilan sensor suhu dilihat di gambar 2.8, sensor DS18B20 memiliki tiga kabel yang terhubung ke perangkat lain. Ketiga kabel tersebut adalah VCC (*power*) berwarna merah, GND (*ground*) berwarna hitam, dan DQ (mentransmisikan data) berwarna kuning [29].



Gambar 2.8 Sensor Suhu DS18B20 [29]

2.2.9 Kotak Pendingin (*Cool Box*)

Kotak pendingin atau *Cool Box* berfungsi sebagai wadah penyimpanan dan menjaga bahan makanan tetap dingin dan segar. *Cool box* biasanya digunakan untuk menjaga produk pertanian dan kelautan, makanan dan minuman tetap segar dengan mendinginkannya. Umumnya, ruang kotak pendingin didinginkan menggunakan es batu atau es kristal. Bahan yang digunakan pada pembuatan kotak pendingin atau *cool box* seperti kayu, kaca, *Styrofoam* dan bahan-bahan lainnya yang dapat mempertahankan suhu dingin kotak ruangan [30].

Pada gambar 2.9 merupakan *cool box* yang terbuat dari bahan *Styrofoam*. Pada penelitian ini menggunakan kotak pendingin sebagai media untuk mempertahankan *temperature* atau suhu pada saat proses reaksi polimerisasi *polyaniline* berlangsung yang terbuat dari bahan *Styrofoam*.



Gambar 2.9 Cool box dari Styrofoam [30]

2.2.10 Styrofoam

Styrofoam adalah salah satu tipe plastik. *Styrofoam* berasal dari *polystyrene*, bahan polimer sintetik. *Polystyrene* ditemukan pada tahun 1930-an dan diproduksi dengan penambahan polimerisasi dalam proses pencetakan tiup. *Styrena* bisa didapat dari alam yakni minyak bumi. *Styrena* adalah cairan berminyak tak berwarna serta aroma mirip benzena dengan rumus kimia $C_6H_5CH=CH_2$ atau C_8H_8 . Alasan digunakannya unsur seng serta butadiena dalam proses pembuatannya adalah karena sifat *styrofoam* yang sangat ringan, keras, tembus cahaya serta ekonomis namun cepat rusak. Akibatnya, *styrofoam* kehilangan transparansi dan warnanya menjadi putih susu. *Plasticizer* seperti *dioctyl phthalate* dan *butylated hydroxytoluene* ditambahkan untuk fleksibilitas.

Styrofoam digunakan untuk kemasan dan makanan, dll sebab bahan tersebut memiliki sejumlah keunggulan. Material *styrofoam* menghindari kebocoran, menjaga bentuknya dipegang, dapat menahan panas ataupun dingin namun tetap nyaman Ketika dipegang, biaya rendah dan ringan [30].

2.2.11 Software Arduino IDE

Arduino IDE merupakan *software* yang dimanfaatkan untuk mengembangkan dan memprogram *board* Arduino. Sedangkan, IDE (*Integrated Development Environment*) yang menggabungkan berbagai fasilitas, seperti *text editor*, kompiler, dan debugger, dalam satu program untuk memudahkan proses pengembangan aplikasi.

Dalam konteks Arduino, *Software* Arduino IDE menyediakan antarmuka yang mudah dipakai untuk menulis *code* program Arduino, mengunggah program ke *board* Arduino, serta memonitor dan menganalisis data dari *board* Arduino. Pengguna dapat menggunakan Arduino IDE di berbagai sistem operasi, termasuk *Windows*, *Mac OS*, dan *Linux*.

Dengan Arduino IDE, pengguna dapat mengakses library yang tersedia, mengedit kode program, dan memeriksa hasil pemrograman dengan mudah. Sebagai hasilnya, proses pengembangan aplikasi dengan *board* Arduino menjadi lebih efisien dan cepat [31]. Gambar 2.10 merupakan *software* Arduino IDE yang digunakan peneliti untuk pemrograman mikrokontroler nodeMCU.



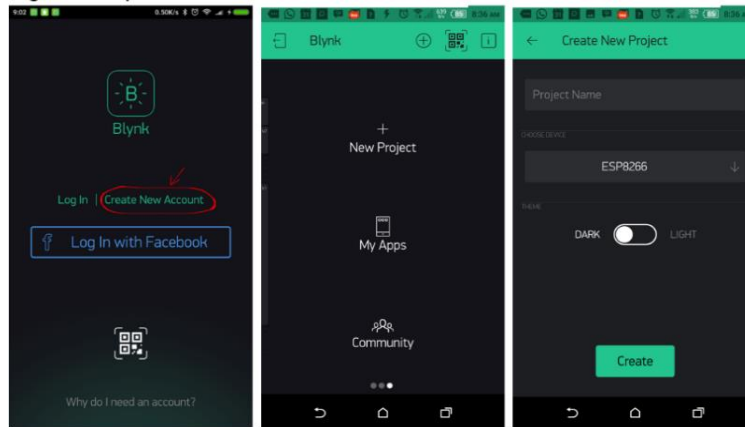
Gambar 2.10 Software Arduino IDE [31]

2.2.12 Blynk

Blynk merupakan sebuah layanan *server* yang didesain guna membantu precangan *Internet of Things*. Lingkungan operasi seluler tersedia dalam layanan *server* ini untuk Android dan iOS. Aplikasi Blynk digunakan untuk membantu precangan IoT dapat *download* dari *Google Play Store*. Aplikasi blynk mendukung berbagai perangkat yang dimanfaatkan dalam proyek IoT. Aplikasi blynk memiliki antarmuka pengguna grafis untuk *dashboard* digitalnya berfungsi dalam membuat proyek. Menambahkan komponen ke aplikasi ini menggunakan Fitur *drag and drop* membuat proses menjadi lebih mudah dalam penerapan elemen *input* atau *output* tanpa keterampilan pengkodean Android atau iOS.

Aplikasi Blynk ini ditujukan untuk kendali jarak jauh dan pemantauan perangkat melalui komunikasi *Internet* atau intranet (LAN). Dapat menyimpan dan menampilkan data dengan representasi visual dalam format numerik, kromatik atau grafik mempermudah implementasi proyek di area *Internet of Things* [32].

Proses pengoperasian aplikasi blynk pada Gambar 2.11 yaitu, untuk mendaftar di *server* blynk menggunakan aplikasi blynk app terdapat dua *opsi* tersedia, yakni menggunakan akun *Facebook* atau menggunakan email. Jika menggunakan email, email yang didaftarkan pada *server* blynk akan menjadi *username* saat *login*. Setelah mendaftar dan memverifikasi email, langkah selanjutnya adalah masuk ke aplikasi blynk, lalu menyusun suatu proyek baru menggunakan opsi "*New Project*". Isi nama proyek serta perangkat yang akan digunakan pada sistem IoT *Top of Form* [32].



Gambar 2.11 Tampilan Aplikasi blynk [32]

2.2.13 Kesalahan (*Error*)

Error sensor merupakan perbedaan antara hasil pengukuran sensor dengan nilai yang sebenarnya (*true/actual value*) atau standar yang telah ditentukan. Kesalahan dapat diekspresikan dalam bentuk *absolut* dari kesalahan atau kesalahan mutlak, dapat disimbolkan dengan (2.1) [33].

$$\text{Absolut Error, } e = \left| \frac{\text{Pengukuran sensor} - \text{Pengukuran alat pembanding}}{\text{Pengukuran alat pembanding}} \right| \quad (2.1)$$

Untuk menentukan nilai *error* menggunakan persamaan (2.2) [33].

$$\% \text{ error} = \left| \frac{\text{Pengukuran sensor} - \text{Pengukuran alat pembanding}}{\text{Pengukuran alat pembanding}} \right| \times 100 \quad (2.2)$$

Dimana % *error* adalah persentase kesalahan atau *error*. Kemudian, untuk menentukan rata-rata dari persentase *error* menggunakan persamaan (2.3) [33].

$$\% \text{ rata - rata error} = \left| \frac{\text{Jumlah selisih error}}{\text{Jumlah Pengukuran}} \right| \quad (2.3)$$

2.2.14 Akurasi

Akurasi sensor merupakan salah satu faktor penting dalam penelitian atau aplikasi yang memerlukan penggunaan sensor. Akurasi sensor adalah kemampuan sensor untuk memberikan hasil pengukuran yang mendekati nilai sebenarnya atau standar yang telah ditetapkan.

Untuk memastikan akurasi sensor, perlu dilakukan kalibrasi sensor secara teratur. Kalibrasi sensor adalah proses untuk membandingkan hasil pengukuran sensor dengan nilai yang sebenarnya atau standar yang telah ditetapkan. Dalam kalibrasi sensor, biasanya digunakan alat bantu seperti alat kalibrasi atau alat pengukur referensi. Untuk perhitungan nilai persen akurasi menggunakan persamaan (2.4) [33].

$$\% \text{ Akurasi} = 1 - \left| \frac{\text{Pengukuran sensor} - \text{Pengukuran alat pembanding}}{\text{Pengukuran alat pembanding}} \right| \times 100 \quad (2.4)$$

Kemudian, untuk nilai rata-rata persentase akurasi dapat dihitung menggunakan persamaan (2.5) [33].

$$\% \text{ rata - rata akurasi} = \left| \frac{\text{Jumlah akurasi}}{\text{Jumlah Pengukuran}} \right| \quad (2.5)$$

Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi akurasi dan *error* sensor meliputi sensitivitas sensor, resolusi sensor, stabilitas sensor, dan lingkungan pengukuran. Oleh karena itu, sebelum melakukan pengukuran, perlu dilakukan kalibrasi sensor untuk memastikan bahwa sensor bekerja dengan baik dan memberikan hasil pengukuran yang akurat [33].

2.2.15 *Magnetic Stirrer*

Magnetic Stirrer merupakan sebuah alat laboratorium yang sangat berguna dalam mencampur dua larutan yang berbeda menjadi satu larutan yang homogen.



Gambar 2.12 *Magnetic stirrer* [34]

Alat ini menggunakan prinsip gaya magnet untuk mengaduk larutan tersebut dengan bantuan sebuah stir bar pengaduk. Penggunaan gaya magnet memungkinkan *stir bar* untuk berputar dengan kecepatan dan waktu yang ditentukan, sehingga menciptakan pergerakan fluida yang memadai untuk mencampur larutan secara merata. Pada gambar 2.12 merupakan *magnetic stirrer*. *Stir bar* pengaduk diatur dengan kecepatan dan waktu tertentu sehingga larutan dapat tercampur dengan sempurna. Selain itu, penting juga untuk mengatur suhu larutan agar tetap konstan selama proses pencampuran [34].

2.2.16 *Stir bar* atau *magnet bar*

Stir bar berfungsi sebagai penggerak dalam pengadukan larutan. Dengan bentuk dan ukuran yang sesuai, *stir bar* ditempatkan di dalam wadah larutan yang akan diaduk.

Ketika medan magnet dihasilkan oleh *Magnetic Stirrer*, *stir bar* berputar secara magnetik. Gerakan putaran *stir bar* ini menciptakan aliran fluida di sekitarnya, memastikan pencampuran yang efektif dan merata dari zat-zat dalam larutan.

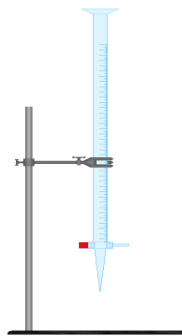


Gambar 2.13 *Stir Bar* [35]

Gambar 2.13 merupakan batang pengaduk atau *stir bar*. Pemilihan *stir bar* yang tepat sangat penting untuk mencapai pengadukan yang efisien dan efektif. Ukuran dan bentuk *stir bar* harus sesuai dengan ukuran dan geometri wadah serta sifat fisik larutan yang akan diaduk. *Stir bar* yang terlalu besar atau terlalu kecil dapat mengganggu aliran fluida dan menyebabkan ketidakmerataan dalam pencampuran [35].

2.2.17 Buret

Buret merupakan sebuah alat laboratorium yang digunakan untuk mengukur dan menuangkan volume larutan secara terkontrol. Buret terdiri dari tabung silinder transparan dengan skala pengukuran yang tepat serta dan memiliki keran pengatur aliran larutan di bagian bawahnya. Larutan dimasukkan ke dalam buret melalui bagian atas dengan menggunakan corong pengisi.



Gambar 2.14 Buret [36]

Gambar 2.14 merupakan buret, yang digunakan untuk penelitian yaitu buret dengan *volume* 25 ml. Pengukuran dimulai dengan menyesuaikan tingkat awal larutan pada skala dengan membuka keran pengatur aliran secara perlahan sehingga larutan mulai mengalir [36].

2.2.18 Gelas Beker

Gelas beker berupa salah satu peralatan dasar yang digunakan dalam laboratorium. Gelas beker biasanya terbuat dari kaca borosilikat yang tahan terhadap perubahan suhu dan bahan kimia. Gelas beker memiliki bentuk silinder dengan dasar datar, dinding yang tinggi, dan dilengkapi dengan tanda-tanda pengukuran *volume* [37].



Gambar 2.15 Gelas beker [37]

Pada gambar 2.15 merupakan gelas beker dengan ukuran 100 ml. Dengan menggunakan gelas beker, peneliti atau praktisi laboratorium dapat melakukan reaksi, melarutkan, mencampur, dan memanaskan bahan kimia dengan aman dan efisien.

2.2.19 *pH Buffer Powder*

pH buffer powder adalah bubuk yang digunakan untuk menjaga stabilitas pH larutan dalam rentang yang diinginkan. Dengan menggunakan *pH Buffer Powder*, perubahan pH akibat penambahan zat baru atau perubahan suhu dapat dicegah atau dikompensasi karena berperan sebagai larutan penyangga. Selain itu, *pH Buffer Powder* juga digunakan untuk kalibrasi pH meter agar memberikan pengukuran yang akurat. Pada gambar 2.16 merupakan *pH buffer* standar yang biasa digunakan untuk kalibrasi pH meter dengan skala yang digunakan pH = 4 merah; pH = 6,8 hijau; pH = 9 biru [39].



Gambar 2.16 *pH buffer Powder* [39]