

BAB 2

DASAR TEORI

2.1 KAJIAN PUSTAKA

Pada penelitian [7] berfokus untuk mengatasi pemantauan lingkungan terkait suhu dan kelembapan akibat pemanasan global dengan membangun *prototype* sistem monitoring menggunakan *arduino* dan modul NRF24L01 untuk komunikasi nirkabel. Hasil uji coba menunjukkan bahwa *arduino uno* dan NRF24L01 adalah komponen utama dalam komunikasi nirkabel, dengan sensor DHT11 untuk mengumpulkan data suhu dan kelembapan lingkungan dengan konsumsi daya rendah. Efisiensi pekerjaan yang tinggi dan kemampuan pemantauan parameter lingkungan secara *real-time* menjadikan teknik ini ekonomis dan sesuai untuk aplikasi saat ini. Keuntungan lain dari jaringan sensor nirkabel termasuk data yang akurat dan mengurangi masalah berbahaya dibandingkan dengan sistem berkabel. Namun, penelitian ini tidak mengintegrasikan sistem dengan *cloud*.

Pada penelitian [5] berfokus untuk membuat sistem pemantauan dalam rumah pintar untuk mendapatkan informasi tentang situasi atau kondisi di suatu area. Penggunaan modul NRF24L01 dalam sistem ini menunjukkan kehandalan dalam komunikasi data, diuji dengan jarak hingga ± 800 m. *Buzzer* berfungsi sesuai kriteria, aktif saat suhu ≥ 32 °C dan kelembapan $\leq 65\%$. Sistem jaringan sensor berjalan baik dengan kesalahan rata-rata 1,4% untuk suhu dan 3,8% untuk kelembapan dari data yang dikumpulkan. Kelebihan penelitian ini adalah penggunaan modul komunikasi yang handal dan fungsional *buzzer*. Namun, kekurangannya termasuk adanya kesalahan dalam pengukuran suhu dan kelembapan serta tidak adanya integrasi dengan sistem *cloud*.

Pada penelitian [8] berfokus untuk mengevaluasi efisiensi daya dan keandalan komunikasi dalam pemantauan suhu dan kelembapan menggunakan modul RF NRF24L01 pada beberapa titik yang berbeda dengan 4 sensor DHT11. Desain dan implementasi jaringan sensor nirkabel berbiaya rendah dan ultra rendah energi untuk aplikasi *smart home* disajikan dalam penelitian ini. Modul *transceiver* NRF24L01 membentuk jaringan nirkabel dengan harga yang terjangkau, tidak

melebihi 11 dolar AS secara total, menjadikannya solusi *node sensor wireless sensor network* berbiaya rendah. Kinerja efisiensi daya dan keandalan komunikasi telah diuji dalam lingkungan kehidupan nyata, dan sistem *wireless sensor network* memenuhi persyaratan yang diuraikan, memberikan solusi yang terjangkau dan ultra rendah energi. Kelebihan penelitian ini adalah desain alat dengan biaya rendah namun efisien, serta penggunaan energi yang rendah. Kekurangannya adalah tidak adanya integrasi dengan sistem *cloud*.

Pada penelitian [9] berfokus pada cara mengimplementasikan jaringan sensor nirkabel untuk memantau dan mengendalikan suhu, kelembapan udara, serta kelembapan tanah di dalam rumah kaca. Hasil pengujian menunjukkan tingkat kesalahan yang rendah, dengan persentase kesalahan sekitar 2,9% untuk suhu, 2,05% untuk kelembapan udara, dan 2,23% untuk kelembapan tanah. Modul NRF24L01 memiliki jangkauan transmisi yang baik hingga 2 meter dengan *multi-hop routing*. Waktu tunda komunikasi antar node adalah 50 detik, dan akurasi pengukuran sebesar 80%. Meskipun demikian, penelitian ini memiliki kekurangan, seperti tidak adanya integrasi dengan sistem *cloud* dan jangkauan transmisi yang terbatas.

Pada penelitian [10] berfokus pada pemberian solusi terhadap permasalahan bahwa stroberi dapat tumbuh dengan baik di lahan dataran tinggi. Budidaya stroberi di dataran rendah dapat dilakukan dengan menyesuaikan faktor lingkungan asli pertumbuhan stroberi menggunakan media rumah kaca. Oleh karena itu, dibuatlah sebuah sistem yang dapat mengukur kondisi lingkungan asli tanaman dan mengendalikan rumah kaca secara otomatis menggunakan hasil pengukuran lingkungan sebagai *setpoint* berdasarkan waktu. Dengan menggunakan *raspberry pi* sebagai pusat kendali, serta sensor LM35 untuk mengukur suhu dan *Soil Moisture YL-69* untuk mengukur kelembapan tanah. Hasil uji coba penelitian menunjukkan bahwa pengukuran suhu berkisar antara 21,6°C hingga 23,9°C, sementara nilai rentang kelembapan tanah terukur berada pada 79,0% hingga 84,5%. Penelitian ini memiliki kelemahan, yaitu tidak adanya pengaplikasian ke sistem *cloud*.

Pada penelitian [11] berfokus pada pengamatan suhu ruangan yang tidak nyaman akibat suhu yang terlalu panas atau terlalu dingin, atau tingkat kelembapan

yang tinggi maupun rendah. Penelitian ini menggunakan NodeMCU ESP8266 sebagai mikrokontroler dan aplikasi *blynk* sebagai alat pemantauan. Sistem dari sensor DHT11 yang berfungsi sebagai pengukur suhu dan kelembapan. Sistem ini juga terhubung dengan *buzzer*, yang berfungsi sebagai *output* alarm jika terjadi perubahan suhu yang signifikan, yaitu melebihi batas yang telah ditetapkan sebesar 40°C. Ketika batas tersebut terlampaui, *buzzer* akan aktif berbunyi dan hasil pengukuran suhu akan ditampilkan pada *smartphone*.

Pada penelitian [12] berfokus pada perawatan khusus untuk budidaya jamur, termasuk penyiraman teratur dan lingkungan yang lembab dengan sedikit sinar matahari. Namun, proses manual seperti penyiraman dan penganginan menyulitkan petani dalam memantau suhu dan kelembapan, mengakibatkan hasil budidaya yang kurang optimal dan menghambat ekspansi pasar. Untuk mengatasi masalah ini, dikembangkanlah alat monitoring budidaya jamur tiram berbasis *website* dengan sistem otomatis menggunakan mikrokontroler *arduino*. Alat ini memungkinkan pemantauan suhu dan kelembapan dalam ruangan budidaya secara langsung melalui sensor, mengurangi kebutuhan untuk pemantauan manual. Ini membantu petani dalam memantau perkembangan jamur tiram, meningkatkan kualitas dan hasil produksi secara keseluruhan. Setelah pengujian dapat disimpulkan bahwa memonitoring suhu dan kelembapan di kumbung jamur tiram efisien dan efektif dalam memantau pertumbuhan jamur tiram. Dengan memonitoring dari jarak jauh, petani tidak perlu repot-repot memantau suhu dan kelembapan kumbung jamur tiram secara langsung.

Pada penelitian [13] Penelitian ini bertujuan untuk membangun sistem pemantauan suhu dan kelembapan berbasis *Internet of Things* (IoT) di dalam laboratorium kimia untuk pemantauan *real-time*. Menggunakan metode prototipe, sistem ini melibatkan interaksi antara pengguna dan pengembang untuk memastikan kebutuhan terpenuhi. Sistem ini menggunakan Sensor DHT11 untuk deteksi, mikrokontroler *nodemcu* ESP8266 untuk pengolahan data, dan menampilkan hasilnya pada sebuah *website*. *Software* yang digunakan termasuk *arduino ide*, XAMPP, dan *sublime*. Dengan adanya sistem IoT ini, pemantauan suhu dan kelembapan dapat diakses secara *real-time*. Untuk membuat alat monitoring suhu dan kelembapan udara pada laboratorium kimia berbasis IoT,

diperlukan komponen utama seperti NodeMCU ESP8266 sebagai mikrokontroler untuk proses data dan output, sensor DHT11 sebagai input suhu dan kelembapan udara, LCD 16x2 sebagai tampilan *output*, *relay* sebagai saklar untuk menghubungkan kipas *fan*, dan kipas *fan* sebagai perangkat keras untuk pendingin ruangan. Berdasarkan hasil pengujian, sistem monitoring suhu dan kelembapan udara berfungsi dengan baik. Di masa depan, diharapkan sistem ini dapat dikombinasikan dengan komponen lain seperti messenger untuk notifikasi langsung kepada pengguna yang bertanggung jawab jika terdapat faktor-faktor yang membahayakan di laboratorium.

Pada penelitian [14] Pemantauan kondisi lingkungan di lahan pertanian sangat penting untuk menyesuaikan karakteristik lingkungan dengan kebutuhan tanaman. Faktor-faktor utama yang memengaruhi pertumbuhan tanaman, seperti intensitas cahaya, kelembapan udara, suhu, dan kadar CO₂, perlu dipantau secara berkala. Mengingat variasi kondisi lingkungan di berbagai titik lahan, pemantauan yang mencakup area luas menjadi krusial. Teknologi Jaringan Sensor Nirkabel mampu memberikan solusi dengan memungkinkan pemantauan kondisi lingkungan dalam wilayah yang luas. Penelitian ini mengadopsi *wireless sensor network* dengan topologi *cluster* untuk mengukur suhu dan kelembapan. Topologi ini terdiri dari beberapa sensor *node*, termasuk *child node*, *cluster head*, dan *parent node*. Hasil pengujian menunjukkan kinerja yang memuaskan dari sensor *node* dalam akuisisi data, dengan tingkat kesalahan suhu sebesar 2%-5% dan kesalahan kelembapan sebesar 0%-2%. Rata-rata waktu tunda pengiriman dan penerimaan data adalah 100–500 *milidetik*, dengan jarak maksimum *transceiver* sekitar 2 km. Data yang diperoleh menunjukkan rentang suhu antara 20°C hingga 25°C dan kelembapan antara 90%-95%.

Pada penelitian [15] Untuk menjaga keberlangsungan tanaman dan hasil panen yang baik, suhu udara dan kelembapan tanah yang ideal sangat penting dalam budidaya. Penelitian ini merancang sistem berbasis *node* pada *wireless sensor network* untuk mendeteksi suhu dan kelembapan udara menggunakan sensor DHT-11 dan kelembapan tanah menggunakan sensor *soil moisture*. Data pembacaan diproses oleh *arduino nano* dan dikirim menggunakan modul NRF24L01 sesuai penjadwalan oleh modul RTC. Sistem terdiri dari 4 node yakni *node sensor*, *node*

router, dan *node server*. *Node router* berfungsi sebagai perantara data antara *node sensor* dan *server* untuk mengurangi risiko paket hilang akibat jarak. Topologi yang digunakan adalah topologi *tree*. Pengujian menunjukkan bahwa sensor DHT-11 dan sensor *soil moisture* memberikan hasil pembacaan yang baik, di atas 80%. Pengujian pengiriman paket pada modul NRF24L01 menunjukkan semua paket terkirim dengan sukses.

2.2 DASAR TEORI

Pada sub bab 2.2 dilakukan pendalaman teori terkait implementasi komunikasi nirkabel untuk mentransfer data pemantauan suhu dan kelembapan tanaman stroberi di rumah kaca menggunakan modul NRF24L01 yang akan membahas tanaman stroberi, penggunaan rumah kaca sebagai tempat untuk membudidayakan tanaman stroberi, *wireless sensor network*, *arduino uno R3*, modul NRF24L01, sensor DHT11.

2.2.1 ARSITEKTUR RUMAH KACA

rumah kaca adalah suatu struktur yang dibuat secara khusus untuk kegiatan budidaya tanaman. Bangunan ini memiliki atap transparan yang terbuat dari kaca, plastik, atau bahan lain yang dapat meneruskan sinar matahari. rumah kaca dapat berupa bangunan semi permanen atau permanen yang dapat dibuat dari berbagai material seperti bambu atau besi. Dengan adanya rumah kaca pemeliharaan tanaman di dalamnya menjadi lebih mudah karena lingkungan di dalam rumah kaca dapat dikendalikan dengan lebih baik. Selain itu, penggunaan rumah kaca juga dapat mengurangi risiko serangan hama dan penyakit serta faktor eksternal lainnya yang dapat mengganggu pertumbuhan tanaman. Dengan kontrol yang lebih baik atas suhu, kelembapan, dan sirkulasi udara di dalamnya, kualitas dan produksi buah dari tanaman yang dibudidayakan dalam rumah kaca dapat menjadi lebih optimal dibandingkan dengan cara budidaya konvensional di luar ruangan. Dengan lingkungan yang terkontrol di dalamnya, budidaya tanaman dapat dilakukan kapan saja tanpa harus bergantung pada musim atau kondisi cuaca eksternal. Ini memungkinkan untuk mengatur waktu panen tanaman secara lebih fleksibel, tanpa terikat pada musim tertentu [3].

Selain itu, penggunaan lahan dalam rumah kaca juga menjadi lebih efisien karena dapat disesuaikan dengan kondisi lahan dan skala usaha yang ada. Dengan memanfaatkan ruang secara optimal, produktivitas tanaman dapat ditingkatkan tanpa harus menggunakan lahan yang lebih luas. Hal ini sangat penting dalam konteks pertanian modern di mana lahan yang tersedia semakin terbatas sementara permintaan akan hasil pertanian terus meningkat. Dengan demikian, rumah kaca merupakan solusi yang sangat efektif dalam meningkatkan produktivitas pertanian dan memperbaiki ketahanan pangan. Dengan kemampuannya untuk menciptakan lingkungan yang optimal bagi tanaman, rumah kaca menjadi salah satu inovasi yang sangat berharga dalam mendukung pertanian yang berkelanjutan dan berdaya saing tinggi [3].



Gambar 2.1 Arsitektur rumah kaca

2.2.2 TANAMAN STROBERI

Sebagai negara beriklim tropis yang panas, memiliki kekayaan ragam bahan pangan yang sangat beragam. Kondisi ini memengaruhi masyarakat Indonesia untuk dapat dengan mudah mengakses berbagai jenis bahan makanan, Dengan beragamnya bahan pangan yang tersedia hampir setiap waktu, termasuk berbagai macam buah-buahan, potensi pengembangan komersial buah stroberi di Indonesia menjadi semakin menarik. Buah ini memiliki nilai ekonomi yang tinggi dan prospek yang cerah. Namun, saat ini produksi stroberi di Indonesia masih banyak difokuskan pada peningkatan jumlah produksi dengan cara memperluas lahan tanam, belum memberikan perhatian yang cukup pada peningkatan kualitas dan penanganan pasca panen. Secara teknis, stroberi dapat tumbuh dengan baik di daerah dataran tinggi, memerlukan lingkungan dengan suhu dingin yang optimal

sekitar 17 – 20°C dan kelembapan udara antara 80% hingga 90%. Penyinaran matahari selama 8-10 jam per hari dan curah hujan sekitar 600 mm – 700 mm per tahun juga merupakan faktor kunci dalam pertumbuhan dan produksi stroberi [16].

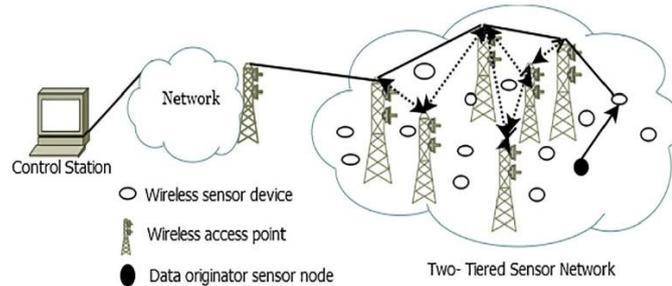


Gambar 2.2 Tanaman stroberi

2.2.3 WIRELESS SENSOR NETWORK

Wireless sensor network telah mengalami perkembangan pesat selama dekade terakhir. Hal ini tidak terlepas dari kontribusi ilmu komputer, teknologi otomasi, teknologi radio frekuensi (RF), elektronika, dan teknik terkait lainnya yang secara ekstensif telah berperan dalam pengembangan teknologi *wireless sensor network*. Secara umum, sebuah *node* sensor nirkabel merupakan perangkat yang dilengkapi dengan berbagai komponen, seperti *mikroprosesor*, *transceiver* radio, memori, sumber daya listrik, *analog to digital converter*, serta terdiri dari satu atau beberapa sensor. Jaringan sensor nirkabel adalah suatu rangkaian nirkabel yang terdiri dari berbagai sensor, yang berfungsi untuk memantau kondisi sekitar sebagai satu sistem terintegrasi [8].

Sensor-sensor ini diimplementasikan dengan menggunakan berbagai perangkat, seperti mikrokontroler, *transceiver*, dan komponen elektronik lainnya. *Node* sensor dipasang di lingkungan sekitar untuk memantau parameter lingkungan tertentu, seperti suhu, kelembapan, cahaya, dan lain-lain, dan meneruskan data yang dikumpulkan ke stasiun basis. Dengan adanya *wireless sensor network*, akses ke tempat-tempat atau lingkungan yang sulit dijangkau oleh kabel menjadi lebih mudah. Oleh karena itu, sistem sensor nirkabel sangat cocok untuk diterapkan dalam kegiatan pemantauan dan kontrol, karena memungkinkan pengumpulan data yang handal dari berbagai area melalui jaringan nirkabel [8].



Gambar 2.3 Proses Kerja *Wireless Sensor Network*[17]

2.2.4 SOFTWARE ARDUINO IDE

Arduino ide adalah sebuah platform elektronik sumber terbuka yang berbasis pada perangkat keras dan perangkat lunak yang dirancang untuk memudahkan pengembangan berbagai proyek elektronik. *Board arduino* mampu menerima berbagai input, seperti sensor cahaya atau tombol, dan mengubahnya menjadi *output*, seperti menyalakan *light emitting diode*. Pengguna dapat mengendalikan *board arduino* dengan mengirimkan serangkaian instruksi ke mikrokontroler yang terdapat di dalamnya. Untuk melakukan hal ini, pengguna menggunakan bahasa pemrograman *arduino* yang didasarkan pada *wiring*, serta perangkat lunak *arduino ide* yang dikembangkan dari pemrosesan. *Arduino* telah menjadi pilihan utama bagi ribuan pengembang proyek, baik yang sederhana maupun yang kompleks. Keunggulan *arduino* terletak pada kemudahannya digunakan. *Arduino* ide menyediakan antarmuka yang sederhana dan mudah dipahami serta harganya yang terjangkau, kompatibilitas lintas platform, serta sifat sumber terbukanya. Dengan harga yang relatif murah, pengguna dapat dengan mudah mengakses teknologi ini untuk keperluan pembelajaran, eksperimen, dan pengembangan produk komersial [9].



Gambar 2.4 *Arduino ide* [9]

Setiap program *arduino* memiliki dua fungsi utama. Fungsi-fungsi ini adalah bagian dari program komputer yang menjalankan perintah-perintah tertentu. Fungsi-fungsi yang diperlukan dalam program *arduino* disebut *setup()* dan *loop()*. Fungsi-fungsi ini perlu dideklarasikan, yang berarti perlu memberi tahu *arduino* apa yang akan dilakukan oleh fungsi-fungsi ini.

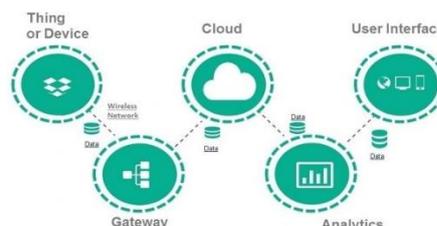
Untuk membuat sebuah variabel, perlu mendeklarasikan tipe data apa yang dimilikinya. Tipe data *int* akan menyimpan bilangan bulat yaitu angka tanpa titik desimal. Ketika mendeklarasikan sebuah variabel, biasanya Anda memberikannya nilai awal juga. Deklarasi variabel seperti setiap pernyataan harus diakhiri dengan titik koma (;). Fungsi *setup()* dijalankan sekali, ketika *arduino* pertama kali diberi daya. Di sini mengonfigurasi pin-pin digital untuk menjadi input atau output menggunakan fungsi bernama *pinMode()*. Pin-pin yang terhubung ke *light emitting diode* akan menjadi *output* dan pin sakelar akan menjadi input.

```
void setup() {  
  // put your setup code here, to run once:  
}  
  
void loop() {  
  // put your main code here, to run repeatedly:  
}
```

Gambar 2.5 Fungsi Utama Pada Arduino IDE

2.2.5 INTERNET OF THINGS

Internet of Things (IoT) adalah konsep di mana objek-objek atau perangkat di sekitar kita dapat saling terhubung dan bertukar data melalui internet. Dalam IoT, berbagai jenis perangkat seperti sensor, kendaraan, peralatan rumah tangga, atau bahkan bangunan dapat memiliki kemampuan untuk mengumpulkan dan bertukar informasi secara otomatis. Hal ini memungkinkan objek-objek tersebut untuk diatur, dimonitor, dan dikendalikan dari jarak jauh melalui perangkat elektronik yang terhubung ke internet, seperti *smartphone* atau komputer [18].



Gambar 2.6 Arsitektur *Internet Of Things*[18]

2.2.6 BOARD ARDUINO UNO R3

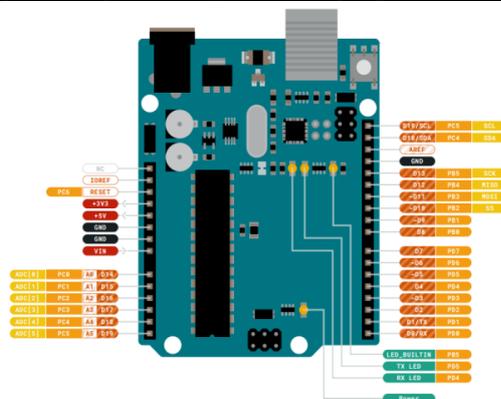
Arduino uno r3 adalah sebuah *board* pengembangan mikrokontroler yang didasarkan pada IC ATmega328P. *Board* ini dilengkapi dengan sejumlah fitur yang memudahkan pengguna untuk mengembangkan berbagai proyek elektronik. Salah satunya adalah 14 pin *input/output* digital, di mana 6 di antaranya dapat diatur sebagai *output pulse wide modulation* untuk mengontrol perangkat seperti motor DC atau lampu *led* dengan kecepatan atau intensitas yang berbeda. Selain itu, *arduino uno r3* juga dilengkapi dengan 6 input analog, yang memungkinkan pengguna untuk membaca nilai dari sensor analog seperti sensor suhu atau sensor cahaya. Dengan kristal kuarsa 16 MHz, *board* ini dapat menjalankan program dengan kecepatan yang memadai. *Board* ini dapat dihubungkan ke komputer melalui kabel *universal serial bus*, memungkinkan pengguna untuk mengunggah kode program yang telah dibuat atau memantau keluaran dari *board* secara *real-time*. Selain itu, *arduino uno r3* juga dapat ditenagai melalui *adaptor* AC-ke-DC atau baterai, memberikan fleksibilitas dalam penggunaannya. Fitur tambahan dari *arduino uno r3* termasuk *header* ICSP, yang memungkinkan pengguna untuk melakukan pemrograman langsung ke IC mikrokontroler menggunakan programmer eksternal jika diperlukan, serta tombol reset untuk memulai ulang *board* [19].

Tabel 2.1 Spesifikasi Port Analog Arduino Uno R3 [19]

Pin	Function	Type	Description
1	NC	NC	Not connected
2	IOREF	IOREF	Reference for digital logic V - connected to 5V
3	Reset	Reset	Reset
4	+3V3	Power	+3V3 Power Rail
5	+5V	Power	+5V Power Rail
6	GND	Power	Ground
7	GND	Power	Ground
8	VIN	Power	Voltage Input
9	A0	Analog/GPIO	Analog input 0 /GPIO
10	A1	Analog/GPIO	Analog input 1 /GPIO
11	A2	Analog/GPIO	Analog input 2 /GPIO
Pin	Function	Type	Description
12	A3	Analog/GPIO	Analog input 3 /GPIO
13	A4/SDA	Analog input/I2C	Analog input 4/I2C Data line
14	A5/SCL	Analog input/I2C	Analog input 5/I2C Clock line

Tabel 2.2 Spesifikasi Port Digital Arduino Uno R3 [19]

Pin	Function	Type	Description
1	D0	Digital/GPIO	Digital pin 0/GPIO
2	D1	Digital/GPIO	Digital pin 1/GPIO
3	D2	Digital/GPIO	Digital pin 2/GPIO
4	D3	Digital/GPIO	Digital pin 3/GPIO
Pin	Function	Type	Description
5	D4	Digital/GPIO	Digital pin 4/GPIO
6	D5	Digital/GPIO	Digital pin 5/GPIO
7	D6	Digital/GPIO	Digital pin 6/GPIO
8	D7	Digital/GPIO	Digital pin 7/GPIO
9	D8	Digital/GPIO	Digital pin 8/GPIO
10	D9	Digital/GPIO	Digital pin 9/GPIO
11	SS	Digital	SPI Chip Select
12	MOSI	Digital	SPI1 Main Out Secondary In
13	MISO	Digital	SPI Main In Secondary Out
14	SCK	Digital	SPI serial clock output
15	GND	Power	Ground
16	AREF	Digital	Analog reference voltage
17	A4/SD4	Digital	Analog input 4/I2C Data line (duplicated)
18	A5/SD5	Digital	Analog input 5/I2C Clock line (duplicated)

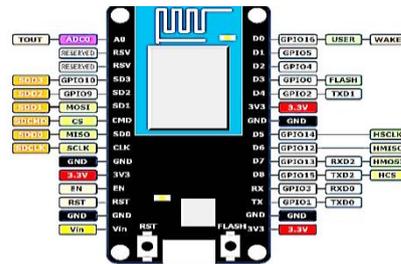


Gambar 2.7 Board Arduino Uno R3 [19]

2.2.7 MIKROKONTROLER ESP32

ESP32 adalah modul WiFi yang dapat mengirim dan menerima data melalui jaringan WiFi lokal atau internet. Sementara itu, nodemcu merupakan platform IoT yang bersifat *open-source*. nodemcu terdiri dari perangkat keras berupa *sistem on chip* ESP32 yang diproduksi oleh *Espressif Systems*, serta *firmware* yang menggunakan bahasa pemrograman *scripting Lua*. Secara *default*, istilah NodeM

nodemcu CU mengacu pada *firmware* yang digunakan daripada perangkat keras *development kit*. nodemcu dapat dianggap sebagai *board arduino* untuk ESP32, yang telah mengintegrasikan ESP32 ke dalam sebuah *board* kompak dengan berbagai fitur seperti mikrokontroler dan kemampuan akses WiFi serta komunikasi *usb to serial*. Hal ini memungkinkan nodemcu diprogram hanya dengan menggunakan kabel data usb seperti yang digunakan pada *smartphone* Android. ESP32 menjadi alat yang sangat berguna untuk mengimplementasikan berbagai sistem ke dalam Internet, yang dikenal sebagai *Internet of Things*, karena harganya terjangkau dan kualitasnya tinggi. ESP32 berfungsi sebagai mikrokontroler tambahan seperti Arduino yang dapat terhubung langsung ke jaringan WiFi dan membuat koneksi TCP/IP. Modul ini memiliki tiga mode WiFi, yaitu *Station*, *Access Point*, dan keduanya. Dilengkapi dengan prosesor, memori, dan GPIO, jumlah pin pada ESP32 tergantung pada jenisnya. Sehingga, modul ini dapat berdiri sendiri tanpa memerlukan mikrokontroler tambahan karena sudah memiliki fungsi seperti mikrokontroler. [20].

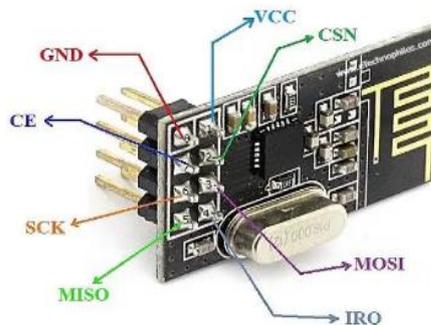


Gambar 2.8 Microcontroller ESP32 [20]

2.2.8 MODUL NRF24L01

NRF24L01 adalah sebuah *transceiver* yang dirancang untuk aplikasi nirkabel *ultra low power*. *Transceiver* ini beroperasi pada frekuensi ISM 2.400 - 2.4835GHz, yang merupakan frekuensi yang terbuka secara global. Dengan demikian, NRF24L01 dapat digunakan di berbagai negara tanpa terkendala masalah frekuensi. Penggunaan NRF24L01 memungkinkan pengembang untuk melakukan komunikasi nirkabel dengan jarak yang cukup jauh, hingga mencapai 1 kilometer. Salah satu keunggulan NRF24L01 adalah kemampuannya untuk dikonfigurasi dan dioperasikan melalui *Serial Peripheral Interface (SPI)*. *Interface* ini memungkinkan pengguna untuk mengakses peta *register* yang berisi semua konfigurasi di dalam *chip* NRF24L01. Dengan demikian, pengguna dapat

mengatur berbagai parameter seperti frekuensi *channel*, daya *output*, dan laju data udara sesuai dengan kebutuhan aplikasi [5].



Gambar 2.9 Modul NRF24L01 [5]

2.2.8.1 RECEIVER MODE

Mode *receiver* adalah mode aktif di mana radio NRF24L01 berperan sebagai penerima. Untuk masuk ke mode ini, NRF24L01 harus memiliki bit PWR_UP yang diatur tinggi, bit PRIM_ *receiver* yang diatur tinggi, dan pin CE diatur tinggi. Dalam mode ini, penerima mendemodulasi sinyal dari saluran RF, secara konstan menyajikan data yang didemodulasi ke mesin protokol *baseband*. Mesin protokol *baseband* secara terus-menerus mencari paket yang valid. Jika paket yang valid ditemukan, muatan paket disajikan dalam slot kosong di *receiver* FIFO. Jika *receiver* FIFO penuh, paket yang diterima akan dibuang. NRF24L01 tetap berada dalam mode *receiver* sampai MCU mengonfigurasinya ke mode *standby-I* atau mode mati daya. Jika fitur protokol otomatis di mesin protokol *baseband* diaktifkan [21].

2.2.8.2 TRANSMITTER MODE

Mode *transmitter* adalah mode aktif di mana NRF24L01 mengirimkan sebuah paket. Untuk masuk ke mode ini, NRF24L01 harus memiliki bit PWR_UP yang diatur tinggi, bit PRIM_ *receiver* yang diatur rendah, sebuah muatan dalam *transmitter* FIFO, dan sinyal pulsa tinggi pada pin CE selama lebih dari 10 μ s. NRF24L01 tetap berada dalam mode *transmitter* sampai selesai mengirimkan paket saat ini. Jika CE = 0, NRF24L01 kembali ke mode *standby-I*. Jika CE = 1, tindakan selanjutnya ditentukan oleh status *transmitter* FIFO. Jika *transmitter* FIFO tidak

kosong, NRF24L01 tetap berada dalam mode *transmitter*, mengirimkan paket berikutnya. Jika *transmitter* FIFO kosong, NRF24L01 masuk ke mode *standby-II*. Pemancar PLL NRF24L01 beroperasi dalam *loop* terbuka saat berada dalam mode *transmitter* [21].

2.2.9 SENSOR DHT11

Sensor DHT11 adalah perangkat sensor yang dapat memberikan informasi tentang suhu dan kelembapan dengan menggunakan sinyal digital yang dikalibrasi. Keunggulan dari sensor ini terletak pada stabilitasnya yang sangat baik, terutama saat dipasangkan dengan kemampuan mikrokontroler *arduino uno r3*. Sensor ini memiliki kemampuan respons cepat dalam membaca data, serta mampu mengurangi gangguan dari lingkungan sekitarnya, semuanya itu ditawarkan dengan harga yang terjangkau. Keakuratan kalibrasi sensor ini disimpan di dalam memori program, sehingga saat sensor internal mendeteksi perubahan suhu atau kelembapan, modul ini dapat membaca koefisien sensor dengan sangat tepat. Selain itu, dengan ukurannya yang kecil dan kemampuan transmisi sinyal hingga 20 meter, sensor ini dapat digunakan dalam berbagai aplikasi dengan fleksibilitas tinggi [22].

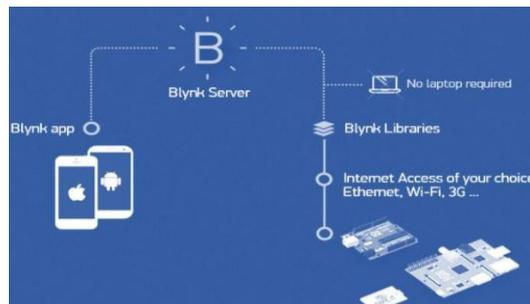
DHT11 dapat mengukur suhu dalam rentang -20°C hingga 50°C dengan akurasi sekitar $\pm 2^{\circ}\text{C}$. Kelembapan relatif adalah ukuran yang menunjukkan jumlah uap air yang terkandung dalam udara dibandingkan dengan jumlah maksimum uap air yang bisa dikandung udara pada suhu tertentu. Kelembapan relatif dinyatakan dalam persentase (%). Sensor ini juga dapat mengukur kelembapan relatif udara dalam rentang 20% hingga 80% dengan akurasi sekitar $\pm 5\%$. Kelembapan relatif adalah ukuran persentase seberapa banyak uap air yang ada di udara dibandingkan dengan maksimum yang bisa diadakan udara pada suhu dan tekanan tertentu [22].



Gambar 2.10 Sensor DHT11 [22]

2.2.10 BLYNK

Aplikasi *blynk* digunakan untuk mengendalikan perangkat keras secara *remote*, menampilkan data sensor, menyimpan data, memvisualisasikannya, dan melakukan banyak tugas lainnya. Salah satu komponen utama dari *blynk* adalah aplikasi *seluler* atau *web* yang memungkinkan pengguna untuk mengakses dan mengontrol perangkat keras mereka dari jarak jauh. Selain itu, terdapat juga *blynk Server* yang berfungsi sebagai perantara antara aplikasi pengguna dan perangkat keras yang terhubung, menyediakan layanan otentikasi, dan menyimpan konfigurasi perangkat. Selain itu, terdapat juga komponen *blynk libraries* yang merupakan perpustakaan kode sumber terbuka yang dapat diintegrasikan dengan berbagai mikrokontroler dan platform perangkat keras untuk mengaktifkan komunikasi antara perangkat keras dan aplikasi *blynk* [23].



Gambar 2.11 Aplikasi *Blynk* [23]