

## BAB 2 DASAR TEORI

### 2.1 KAJIAN PUSTAKA

Penelitian oleh Arham Arifin, Muhammad Rizal, Randy Angriawan (2019) dengan judul “PENGARUH *SPREADING FACTOR* (SF) TERHADAP JARAK DAN PERSENTASE DATA TERKIRIM LORA DALAM HUTAN”. Penelitian ini membahas tentang pengaruh *spreading factor* terhadap persentase data terkirim Lora di dalam hutan. Dalam penelitian ini penulis membuat sebuah node dari arduino yang telah dirakit bersama LoRa. Proses pengambilan data dilakukan setiap kelipatan jarak 100 meter antar dua node LoRa di dalam hutan, serta melakukan konfigurasi terhadap LoRa yaitu mengeset 250 untuk Bandwidth (BW), 4/5 untuk *Coding Rate* (CR) dan untuk *Spreading factor* (SF) menggunakan tiga konfigurasi yaitu 12, 10, dan 9. Hasil penelitian menunjukkan, dari 3 konfigurasi *Spreading factor* yang digunakan, penulis mendapatkan hasil bahwa *Spreading factor* yang terbaik adalah *Spreading factor* 10, dimana LoRa dapat berfungsi dengan baik pada jarak maksimal 500 meter dengan hasil persentase data terkirim untuk jarak 100 m adalah 100%, jarak 200 m adalah 100%, jarak 300m adalah 100%, jarak 400m adalah 98%, jarak 500m adalah 98%[2].

Penelitian oleh Daniele Croce, Michele Gucciardo, Stefano Mangione, Giuseppe Santaromita, Ilenia Tinnirello (2017) dengan judul “*Impact of LoRa Imperfect Orthogonality: Analysis of Link-level Performance*”. Penelitian ini membahas tentang analisis modulasi LoRa secara numerik dan menunjukkan bahwa tabrakan antar paket dimodulasi dengan berbeda SF memang dapat menyebabkan packet loss jika daya interferensi diterima cukup kuat. Penelitian ini menggunakan Semtech SX1272 *transceiver*, dikendalikan oleh Arduino Yun, untuk karakterisasi perilaku penerima dengan adanya tabrakan. Penulis menerapkan synthesizer LoRa yang mampu menyandikan, memodulasi dan menghasilkan sampel I / Q dari paket LoRa, yang dapat dengan mudah tersalur melalui udara dengan USRP B210 papan melalui radio GNU.. Hasil penelitian menunjukkan ketidaksempurnaan antara SF yang berbeda, sel jaringan LoRa tidak bisa dipelajari sebagai posisi super sederhana dari jaringan yang bekerja di saluran independen. Memang saat di power sinyal yang mengganggu secara signifikan mengatasi

referensi sinyal, demodulasi yang benar dari sinyal referensi bisa dicegah. Hasil percobaan menunjukkan bahwa rata-rata ambang penolakan co-channel adalah 16 dB. Perbedaan kekuatan ini dapat dengan mudah muncul dalam kondisi dekat-jauh, saat gangguan berada lebih dekat ke penerima LoRa, atau saat banyak gangguan sinyal diterima secara bersamaan [5].

Penelitian oleh Eka Didik Widiyanto, Michael S.M. Pakpahan, Al Arthur Faizal, Risma Septiana (2017) dengan judul “*LoRa QoS Performance Analysis on Various Spreading factor in Indonesia*”. Penelitian ini menganalisis korelasi dari berbagai penyebaran faktor dan perubahan jarak dengan kinerja *QoS* di 925 Mhz ISM band. Penelitian ini mengambil sampel dari pengukuran *QoS* yang dilakukan dengan mengirimkan masing-masing 100 paket percobaan. Setiap paket data akan memiliki 50 byte *payload*. Untuk setiap variasi jarak dan pengaturan SF dilakukan 10 percobaan selesai, dan hasilnya dirata-ratakan. Waktu akan dikumpulkan menggunakan jam internal gateway dan data yang dikumpulkan akan direkam di PC. Hasil penelitian ini menyimpulkan bahwa parameter *QoS* dipengaruhi oleh berbagai jarak dan nilai faktor penyebaran. Kehilangan paket dan penundaan meningkat seiring bertambahnya jarak. Jarak memiliki efek sebaliknya pada throughput. Sedangkan pengaruh pada delay yang terlalu kecil untuk diperhatikan. Berdasarkan hasil pengukuran, SF rekomendasi untuk sistem yang sama atau serupa dengan pengaturan percobaan adalah SF7 untuk throughput maksimum, SF8 untuk keseimbangan throughput tinggi dan kapabilitas jarak jauh, dan SF11 untuk jangkauan maksimum dan jangkauan optimal untuk LoRa aplikasi parameter *QoS* dipengaruhi oleh berbagai jarak dan nilai faktor penyebaran. Kehilangan paket dan penundaan meningkat seiring bertambahnya jarak. Jarak memiliki efek sebaliknya pada throughput. Sedangkan berpengaruh pada delay terlalu kecil untuk diperhatikan. Berdasarkan hasil pengukuran, SF rekomendasi untuk sistem yang sama atau serupa dengan pengaturan percobaan adalah SF7 untuk throughput maksimum, SF8 untuk keseimbangan throughput tinggi dan kapabilitas jarak jauh, dan SF11 untuk jangkauan maksimum dan jangkauan optimal untuk LoRa aplikasi [6].

Penelitian oleh Muhammad Turmudzi, Andrian Rakhmatsyah, Aulia Arif Wardan (2019) dengan judul “*Analysis of Spreading factor Variations on LoRa in Rural Areas*”. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui sejauh mana LoRa dapat mengirim dan menerima data. Kualitas LoRa komunikasi juga dapat dilihat dengan menganalisis di *PDR(Packet Delivery Ratio)* dan *PER*. Nilai *PDR* dan *PER* bisa dihitung berdasarkan paket yang diterima di *gateway*. Penelitian ini mengambil sampel yang di coba di berbagai bidang, termasuk daerah pedesaan atau perkotaan. Tapi kebanyakan tidak di uji pada daerah yang memiliki lingkungan perbukitan karena terdapat rintangan cukup besar yaitu perbukitan, akan tetapi daerah perbukitan juga dipilih untuk menemukan kemungkinan terburuk dari jangkauan di LoRa. Hasil penelitian menunjukkan ketidaksempurnaan antara SF yang berbeda, sel jaringan LoRa tidak bisa dipelajari sebagai posisi super sederhana dari jaringan yang bekerja di saluran independen. Memang saat di power sinyal yang mengganggu secara signifikan mengatasi referensi sinyal, demodulasi yang benar dari sinyal referensi bisa dicegah. Hasil dari berbagai penelitian Faktor Penyebaran telah dilakukan untuk menentukan jangkauan dan kualitas LoRa dalam berkomunikasi di pedesaan, terutama di daerah perbukitan. Dengan variasi SF ini, jangkauan terjauh dicapai oleh SF12 ke980 meter. Meski begitu, semakin tinggi SF yang digunakan akan berdampak pada nilai *PDR* dan *PER* yang lebih tinggi [3].

Penelitian oleh Alston Lloyed Emmanuel, Xavier Fernando, Fatima Hussain, Wisam Farjow (2020) dengan judul “*Optimization of Spreading factor Distribution in High Density LoRa Networks*”. Penelitian ini dilakukan untuk mengoptimasi LoRa dari berbagai parameter yang dapat disetel untuk mendapatkan kinerja optimum tergantung pada lingkungan dan jumlah node LoRa yang dilayani oleh gateway LoRa. Penelitian ini mendapatkan sampel dari beberapa parameter kunci LoRa yang di setel untuk mengoptimalkan kinerja LoRa yang lebih baik, seperti *Spreading factor*, *Transmission Power*, *Bandwith*, *Code Rate*, *Payload Length*. Hasil penelitian yang berdasarkan hasil optimasi, probabilitas rata-rata kesuksesan adalah 82.0%. Hasil ini menunjukkan bahwa kapasitas LoRa mampu ditingkatkan secara signifikan dengan menetapkan Faktor Sebaran yang sesuai ke node. Begitu pula dengan parameter lainnya, seperti node *Transmission Power*, *Code Rate*, dan *Payload Length*, juga dapat dioptimalkan menjadi lebih baik[7].

Penelitian oleh Ching-Chung Wei, Shu-Ting Chen, Pei-Yi Su (2019) dengan judul “*Image Transmission Using LoRa Technology with Various Spreading factors*”. Penelitian ini mengusulkan metode untuk meningkatkan pengembangan transmisi gambar LoRa berdasarkan simultan transmisi menggunakan berbagai parameter SF. Dalam penelitian ini, file paket piksel gambar di distribusikan ke berbagai node pengirim dengan node SF berbeda untuk transmisi multiplexing yang meningkatkan efisiensi transmisi gambar.. Hasil penelitian yang berdasarkan hasil optimasi, probabilitas rata-rata kesuksesan adalah 82.0%. Hasil ini dapat memastikan bahwa menggunakan metode ini tidak memiliki lebih sedikit waktu untuk mengirimkan gambar daripada waktu untuk satu titik transmisi. Oleh karena itu, setelah penurunan transmisi waktu, transmisi gambar dengan teknologi LoRa akan sesuai, dan dengan demikian hasilnya dapat mempercepat aplikasi LoRa[8].

Tabel 2. 1 Rangkuman Tinjauan Pustaka

Judul	Yang di ukur	Jarak	<i>Spreading factor</i> yang digunakan
PENGARUH SPREADING FACTOR (SF) TERHADAP JARAK DAN PERSENTASE DATA TERKIRIM LORA DALAM HUTAN	<i>Spreading factor</i>	100 m, 200 m, 300 m, 400 m, 500 m	9,10 dan 12
<i>Impact of LoRa Imperfect Orthogonality: Analysis of Link-level Performance</i>	<i>Bit Error Rate</i>	-	6,7,8,9,10,11 dan 12
<i>LoRa QoS Performance Analysis on Various Spreading factor in Indonesia</i>	<i>Spreading factor</i>	1 m, 100 m, 500 m	7,8,9,10,11 dan 12
<i>Analysis of Spreading factor Variations on LoRa in Rural Areas</i>	<i>Spreading factor</i>	100 m, 240 m, 530 m, 820 m, 980 m	7,8,9,10,11 dan 12
<i>Optimization of Spreading factor Distribution in</i>	<i>Spreading factor</i>	-	7,8,9,10,11 dan 12

<i>High Density LoRa Networks</i>			
<i>Image Transmission Using LoRa Technology with Various Spreading factors</i>	<i>Spreading factor</i>	1,5 km	7, 8 dan 9

## 2.2 DASAR TEORI

### 2.2.1 LoRa

*LoRa (Long Range)* adalah teknik modulasi *spread spectrum* yang berasal dari teknologi *chirp spread spectrum (CSS)*. *LoRa Semtech* adalah platform nirkabel jarak jauh berdaya rendah yang telah menjadi platform nirkabel de facto *Internet of Things (IoT)*[9]. LoRa merupakan teknologi wireless yang dikenalkan oleh LoRa banyak dikembangkan di USA dan Eropa. LoRa adalah sebuah sistem komunikasi LowPower Wide Area Network (LPWAN) yang diasumsikan memiliki sifat berdaya rendah dan jangkauan transmisi jarak jauh yang tergabung dalam LoRa Alliance. Perangkat dan jaringan *LoRa* seperti *LoRaWAN*® memungkinkan aplikasi *IoT* pintar yang memecahkan beberapa tantangan terbesar yang dihadapi planet bumi: manajemen energi, pengurangan sumber daya alam, pengendalian polusi, efisiensi infrastruktur, dan pencegahan bencana. Perangkat LoRa Semtech telah mengumpulkan beberapa ratus kasus penggunaan yang diketahui untuk kota pintar, rumah dan bangunan, komunitas, pengukuran, rantai pasokan dan logistik, pertanian, dan banyak lagi[10]. Adapun beberapa perbedaan LoRa dengan teknologi lain dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2. 2 Perbedaan LoRa dengan Teknologi lain.

<i>Technology</i>	<i>Wireless Communication</i>	<i>Range</i>
<i>Bluetooth</i>	<i>Short Range</i>	10 m
<i>Wifi</i>	<i>Short Range</i>	50 m
<i>3G/4G</i>	<i>Cellular</i>	5 km
<i>LoRa</i>	<i>LPWAN</i>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 2-5 km (<i>urban</i>)</li><li>• 5-15 km (<i>rural</i>)</li><li>• &gt;15 km (<i>LOS</i>)</li></ul>

### 2.2.2 Kelas Perangkat Lora

Berbagai bidang di mana LoRa dapat diterapkan memunculkan pengkategorian berbagai perangkat LoRaWAN ke dalam kelas yang berbeda.. Tiga kelas Perangkat LoRa adalah kelas A, B dan C.

#### 1) Perangkat Lora Kelas A

Perangkat akhir yang diklasifikasikan sebagai kelas A bertanggung jawab penuh untuk memulai komunikasi dalam jaringan LoRaWAN. Server Jaringan

tidak mampu memulai komunikasi dalam komunikasi Kelas A. Perangkat akhir Kelas A memulai komunikasi dengan mengirimkan data melalui pita frekuensi radio tertentu ke aplikasi LoRa. Kemudian akan mendengarkan dan menunggu data yang diterima melalui frekuensi tertentu. Jika gateway LoRa tidak dapat menerima informasi. Perangkat node akhir kemudian akan mendengarkan frekuensi lain yang lebih dikenal oleh gateway LoRa dan server Jaringan. Untuk memeriksa apakah data diterima melalui frekuensi itu alih-alih frekuensi yang dikomunikasikan.

- Semua perangkat akhir LoRaWAN harus dapat mendukung kelas A.
- Perangkat LoRa Kelas A adalah dua arah dengan setiap transmisi data uplink dari perangkat Akhir ke aplikasi LoRa disertai dengan dua transmisi data downlink singkat dari aplikasi ke node akhir.
- Jenis protokol ALOHA diamati di perangkat LoRa Kelas A
- Perangkat Kelas A sangat efisien karena tingkat konsumsi daya dapat dioptimalkan dan karenanya, dapat beroperasi pada tingkat daya terendah dari semua kelas.

## 2) Perangkat Lora Kelas B

Perangkat LoRa Kelas B bertenaga baterai dan meskipun, mirip dalam operasi dengan Kelas A, itu menggunakan lebih banyak daya dibandingkan dengan Kelas A. Karena, perangkat Akhir tidak secara otomatis hibernasi saat tidak mencari sinyal yang terhubung. Ada jendela koneksi yang dibuka sebentar-sebentar untuk komunikasi data antara gateway LoRa dan perangkat End dalam sinkronisasi berkala tertentu satu sama lain.

## 3) Perangkat Lora Kelas C

Perangkat LoRa Kelas C memiliki konsumsi daya paling banyak di antara semua kelas perangkat LoRa End. Perangkat Akhir selalu aktif mengirimkan sinyal melalui frekuensi radio ke gateway LoRa dan secara bersamaan mendengarkan frekuensi. Perangkat LoRa Kelas C adalah End node yang memberi Anda fleksibilitas dan kenyamanan untuk dapat mengirim data kapan saja.. Perangkat Kelas C juga bertenaga baterai[11].

### 2.2.3 Parameter *Physical Layer* LoRa

Beberapa parameter dalam modulasi LoRa antara lain :

#### 1) *Spreading factor*

*Spreading Factor* adalah salah satu parameter kunci dalam teknologi komunikasi LoRa yang digunakan untuk mengatur cara data disebar (spread) melalui spektrum frekuensi radio. Spreading Factor mengontrol seberapa lebar data disebar di dalam kanal frekuensi tertentu. Semakin tinggi nilai Spreading Factor, semakin lambat laju pengiriman data, tetapi semakin tinggi daya tanggapnya dan mampu mencapai jarak komunikasi yang lebih jauh. Faktor penyebaran yang lebih tinggi meningkatkan *Signal to Noise Ratio (SNR)*, dan karenanya sensitivitas dan jangkauan, tetapi juga meningkatkan airtime paket. Jumlah chip per simbol dihitung sebagai  $2SF$ . Sebagai contoh, dengan SF 12 (SF12) 4096 chip / simbol digunakan. Setiap peningkatan SF mengurangi separuh laju transmisi dan, karenanya, menggandakan durasi transmisi dan akhirnya konsumsi energi. Faktor sebaran dapat dipilih dari 6 hingga 12[12].

#### 2) *Bandwidth*

BW adalah lebar frekuensi dalam pita transmisi. BW yang lebih tinggi memberikan kecepatan data yang lebih tinggi (sehingga waktu lebih pendek pada proses transmisi), tetapi sensitivitasnya lebih rendah (karena integrasi kebisingan tambahan). BW yang lebih rendah memiliki sensitivitas tinggi, tetapi kecepatan data lebih rendah[13].

#### 3) *Code Rate*

*Code Rate* merujuk kepada jumlah bit yang memuat data atau informasi untuk ditransmisikan. *Coding Rate* diformulasikan untuk menangani *Packet Error Rate (PER)* akibat adanya interferensi. perlu disesuaikan sesuai dengan kondisi kanal yang digunakan untuk transmisi data. Jika ada terlalu banyak gangguan di kanal, maka disarankan untuk meningkatkan nilai CR. Namun, kenaikan nilai CR juga akan meningkatkan durasi untuk transmisi[13].

#### 4) *Signal to Noise Ratio (SNR)*

*SNR (Signal Noise Ratio)*, merupakan perbandingan antara kekuatan sinyal dengan *noise level*. Semakin besar nilai *SNR*, maka semakin baik kualitas jalan tersebut. Maksudnya, Semakin bear pula mungkin jalan itu dipakai untuk lalu lintas komunikasi informasi & sinyal dalam kecepatan tinggi. Nilai *SNR* suatu jalan bisa



dikatakan senantiasa bernilai tetap, berapapun kecepatan informasi yang lewat jalan tersebut. Efek yang ditimbulkan akibat *SNR* yang buruk diantaranya koneksi lambat, sering terputus. Rata – rata *SNR* dapat ditentukan melalui :

$$\text{Rata – Rata } SNR = \frac{\text{Jumlah } SNR}{\text{Paket Diterima}} [14].$$

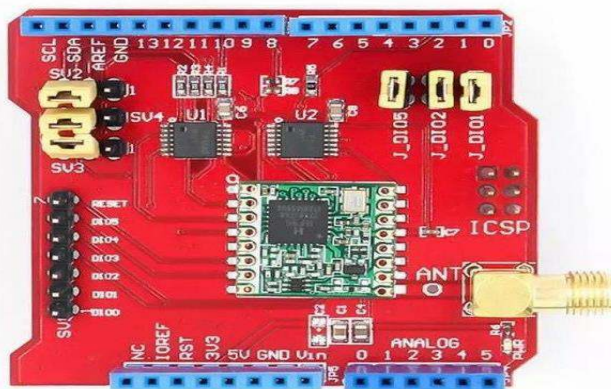
5) *RSSI (Received Signal Strength Indicator)*

*RSSI (Received Signal Strength Indicator)*, merupakan indikator penanda kekuatan sinyal yang dapat terekap oleh receiver. Baik tidaknya suatu *RSSI* dinilai dari seberapa jauh *RSSI* yang terekap dari nilai 0. Apabila semakin mendekati 0 maka *RSSI* dapat dikatakan baik, apabila semakin menjauh dari 0 maka *RSSI* dikatakan buruk. Nilai *RSSI* yang baik berkisar "-1" hingga "-99", sedangkan nilai *RSSI* yang buruk berada dibawah "-100", Rata-rata *RSSI* dapat ditentukan melalui:

$$\text{Rata – Rata } RSSI = \frac{\text{Jumlah } RSSI}{\text{Paket Diterima}} [14].$$

**2.2.4 LoRa Shield 915 MHz**

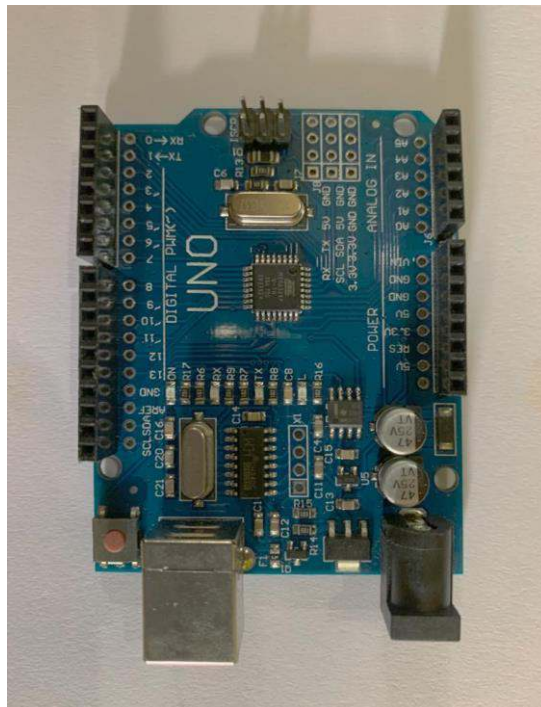
*LoRa Shield* adalah *transceiver* jarak jauh pada *form factor* perisai Arduino dan berdasarkan pada *open source library*. Shield memungkinkan pengguna untuk mengirim data dan mencapai rentang yang sangat panjang pada data-data rendah. Ini menyediakan spektrum penyebaran spektrum ultra jarak jauh dan tinggi. Kekebalan interferensi sambil meminimalkan konsumsi saat ini [15].



Gambar 2. 1 *LoRa Shield 915 MHz*

### 2.2.5 Arduino Uno

Arduino ini merupakan sebuah board mikrokontroler yang didasarkan pada ATmega328. Arduino UNO memuat semua yang dibutuhkan untuk menunjang mikrokontroler. ATmega328 pada Arduino Uno hadir dengan sebuah bootloader yang memungkinkan untuk mengupload kode baru ke ATmega328 tanpa menggunakan pemrogram hardware eksternal[16]. Perangkat lunak dari arduino menggunakan bahasa pemrograman yang sederhana (menyerupai bahasa C) dan dilengkapi dengan boot loader yang berjalan pada sebuah board. Board pada arduino menyediakan beberapa pin I / O (input / output) mikrokontroler sehingga dapat menghubungkan pin-pin tersebut ke sirkuit lain atau ke sensor[17].



Gambar 2. 2 Arduino Uno

Spesifikasi dari Arduino dapat dilihat di tabel 2.3.

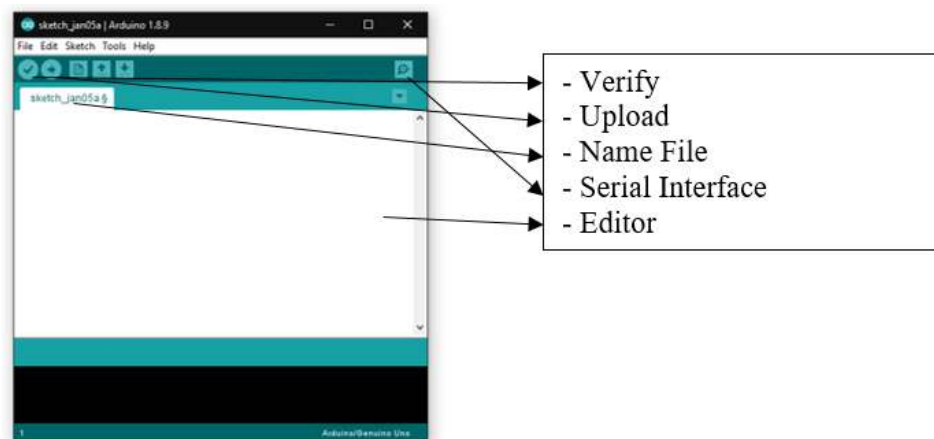
Tabel 2. 3 Spesifikasi Arduino Uno

<i>Microcontroller</i>	<i>ATmega328</i>
<i>Operating Voltage</i>	<i>5V</i>
<i>Recommended Input Voltage</i>	<i>7-12V</i>
<i>Input Voltage Limits</i>	<i>6-20V</i>
<i>Analog Input Pins</i>	<i>6 (A0 – A5)</i>
<i>Digital I/O Pins</i>	<i>14 (Out of which 6 provide PWM output)</i>

<i>DC Current on I/O Pins</i>	<i>40 mA</i>
<i>DC Current on 3.3V Pin</i>	<i>50 mA</i>
<i>Flash Memory</i>	<i>32 KB (0.5 KB is used for Bootloader)</i>
<i>SRAM</i>	<i>2 KB</i>
<i>EEPROM</i>	<i>1 KB</i>
<i>Frequency (Clock Speed)</i>	<i>16 MHz</i>

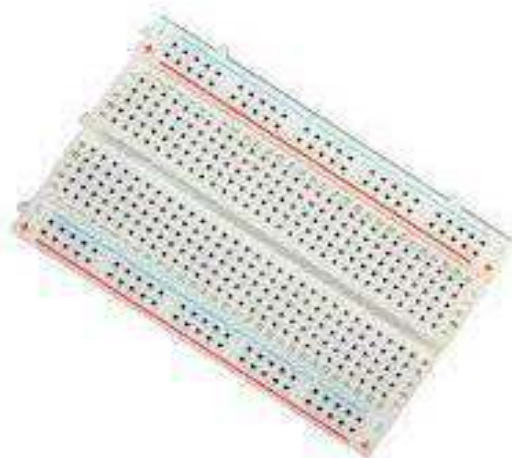
### 2.2.6 Arduino IDE

Arduino IDE adalah software yang digunakan sebagai text editor untuk membuat, mengedit dan juga memvalidasi kode program dan juga bisa digunakan untuk mengupload kode program ke papan Arduino.



Gambar 2. 3 Arduino IDE

### 2.2.7 Project Board



Gambar 2. 4 Project Board

*Project board* atau yang sering disebut *breadboard* adalah dasar konstruksi sebuah sirkuit elektronik dan merupakan *prototype* dari suatu rangkaian elektronik. Istilah ini sering merujuk pada jenis papan tempat merangkai komponen, dimana papan ini tidak memerlukan proses menyolder. Karena papan ini tidak memerlukan solder sehingga dapat digunakan kembali, dan dengan demikian dapat digunakan untuk *prototype* sementara serta membantu dalam bereksperimen desain sirkuit elektronika[18].

### 2.2.8 Kabel Jumper

Kabel *jumper* adalah kabel yang di pergunakan untuk menghubungkan satu komponen dengan komponen lain ataupun menghubungkan jalur rangkaian yang terputus pada *breadboard*[19].



Gambar 2. 5 Kabel *Jumper*

### 2.2.9 Hutan Hujan Tropis

Hutan hujan tropika atau sering juga disebut sebagai hutan hujan tropis adalah bioma berupa hutan yang selalu basah atau lembap yang dapat ditemui di wilayah sekitar khatulistiwa. Hutan ini merupakan suatu hutan tropis yang sangat kaya akan jenis vegetasi. Ada banyak tumbuhan dari tingkat pohon, perdu bahkan sampai tumbuhan tingkat bawah seperti lumut dan jamur terdapat di hutan tropis yang ada di Indonesia. Tingginya curah hujan dan mendapat paparan sinar matahari sepanjang tahun menjadikan hutan Indonesia kaya akan spesies yang beranekaragaman[20].



Gambar 2. 6 Hutan Hujan Tropis