

BAB II

DASAR TEORI

2.1 KAJIAN PUSTAKA

Penelitian Viktorianus Ryan Juniardi, Dedi Triyanto dan Yulrio Brianorman melakukan perancangan sebuah sistem otomatis dengan menggunakan *microcontroller* AVR Atmega8 sebagai pengendali utama sistem [4]. Dengan variabel kelembaban media tanam sebagai pengatur waktu penyiraman. *Prototype* alat penyemprot air otomatis ini dilengkapi empat buah sensor kelembaban tanah yang digunakan untuk membaca nilai kelembaban media tanam kelapa sawit sekaligus berfungsi sebagai masukan sistem. Alat ini dapat menghemat air yang semula pada penyiraman manual menggunakan 0,5-2 liter per bibit tanaman per hari dihemat menjadi 0,2-0,8 liter per bibit tanaman per hari dengan ukuran keseragaman kelembaban tanah media tanam kelapa sawit yang terjaga antara batas atas dan batas bawah sistem bekerja [5]. Penelitian ini dinilai berhasil dalam mengontrol kelembaban tanah. Namun, penelitian ini tidak memperhitungkan parameter pH dan EC. Padahal kedua parameter tersebut sangat penting dalam menentukan tingkat kesuburan tanah.

Penelitian M.Zulkifli S, Muhammad Rivai dan Suwito melakukan perancangan alat untuk pengendalian aliran irigasi pada tanaman yang masih dilakukan secara manual [6]. Pada sistem ini juga akan diberikan sensor *Soil Moisture* untuk mengukur kelembaban tanah, *transceiver* dan *receiver* untuk komunikasi data, *Arduino* untuk memproses data serta keran sebagai pintu [7]. Penelitian ini dinilai mampu mengirimkan data dengan memanfaatkan *wireless sensor network*. Namun, dikondisi sebenarnya komunikasi yang dibutuhkan cukup jauh. Sehingga, pemanfaatan *wireless sensor network* dinilai kurang jauh dalam pemanfaatan yang sebenarnya.

Penelitian Husdi melakukan pemantauan parameter kelembapan dalam tanah [8]. Perangkat ini dikembangkan untuk membantu petani dalam mengetahui parameter kelembapan tanah. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode rentang. Rentang kelembapan yang digunakan untuk menentukan apakah tanah yang diukur lembap atau kering. Rentang lembap adalah 150 pada batas

bawahnya dan 340 untuk batas atasnya. Parameter kering menggunakan batas atas 476 hingga 1023. Penelitian menggunakan teknik pengukuran *Analog Digital Converter* (ADC) untuk membaca nilai sensornya. Penelitian yang akan dikerjakan memiliki objek yang sama yaitu pengukuran parameter tanah. Namun, parameter yang diukur berbeda. Penelitian yang akan dikerjakan menggunakan parameter pH dan EC.

Penelitian lain yang dilakukan oleh Rudy Gunawan, Tegas Andhika, Sandi, dan Fadil Hibatulloh membahas tentang *monitoring* parameter tanah [9]. Parameter tanah yang diukur spesifik digunakan sebagai media tanam komoditas Tomat. Parameter yang digunakan meliputi kelembapan tanah, suhu, dan pH yang digunakan untuk menentukan waktu yang tepat untuk melakukan penyiraman tanaman secara otomatis pada komoditas Tomat dalam sebuah *Greenhouse*. Penelitian ini menggunakan berbagai sensor untuk mengukur parameter tersebut diantaranya adalah DHT11 untuk mengukur kelembapan dan suhu ruang, sensor kelembapan tanah untuk mengukur kelembapan tanah, dan sensor pH tanah untuk mengukur pH tanah. Konektivitas untuk mengirimkan data menggunakan teknologi IoT dilakukan menggunakan konektivitas WiFi. Pengendali utama yang memberikan perintah kepada seluruh sensor dan penyiraman otomatis menggunakan *mikrokontroller* ESP8266. Hasil dari pengukuran akan dikirim ke basis data agar dapat diamati melalui *smartphone*. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa sistem sensor yang digunakan memiliki tingkat akurasi yang tinggi. Untuk parameter kelembapan tanah didapatkan akurasi sebesar 80%. Parameter pH yang diukur menggunakan sistem sensor juga memiliki galat yang cukup rendah. Galat pengukuran pH pada penelitian ini adalah 1,59%. Validasi sensor suhu pada penelitian ini juga menggunakan parameter galat. Galat terukur yang didapatkan pada penelitian ini adalah 0,92%. Penelitian ini mengklaim bahwa perangkat yang dikembangkan dapat membantu petani untuk mengetahui kondisi tanah. Perbedaan pada penelitian yang akan dikerjakan terdapat pada konektivitas IoT yang digunakan dan parameter yang diukur. Terdapat parameter yang diukur pada penelitian yang akan dikerjakan namun tidak ada di penelitian sebelumnya yaitu parameter EC. Konektivita yang digunakan juga berbeda, apabila penelitian sebelumnya menggunakan konektivitas WiFi, maka penelitian yang akan

dikerjakan menggunakan konektivitas LoRa.

2.2 DASAR TEORI

2.2.1 Pertanian

Pertanian merupakan suatu kegiatan pengolahan lahan atau tanah yang bertujuan untuk menghasilkan suatu bahan pangan atau bahan baku yang dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan rumah tangga maupun industri, seperti padi, jagung, pohon jati dan lain-lain. Pada tahun 2050 sektor pertanian diprediksi oleh *Food and Agriculture Organization* akan menghadapi tantangan besar dimana sektor pertanian harus mencukupi kebutuhan pangan penduduk dunia dengan jumlah penduduk kira-kira 9.6 Miliar penduduk [8]. Kesuburan tanah adalah kemampuan tanah dalam menyediakan unsur hara yang cukup untuk tumbuh kembang tanaman. Pengertian tersebut memiliki arti bahwa tanah yang subur mengandung unsur hara yang banyak dan seimbang sehingga dapat digunakan untuk tanaman [10]. Kesuburan tanaman dibedakan menjadi 3 tinjauan yaitu ditinjau dari unsur fisika meliputi bentuk, kelembapan, suhu, dan warna, unsur kimia meliputi pH, EC, *Naturum Phospat*, dan *kalium*. Dan unsur biologi yaitu banyaknya bakteri dan jamur dalam tanah yang menunjang kesuburan.



Gambar 2.1 Pertanian [7].

Tanah merupakan salah satu media yang mengandung sumber utama unsur hara yang dibutuhkan tanaman. Unsur hara dalam media tanah sangat dalam siklus perkembangan dan pertumbuhan tanaman. Tanah dikatakan subur dapat ditinjau

dari *Potential Hydrogen* (pH) dan *Electric Conductivity* (EC) tanah. Dalam ilmu pertanian *Potensial Hydrogen* (pH) tanah memiliki peran yang penting untuk menentukan mudah tidaknya unsur hara yang akan diserap oleh tanaman. Sedangkan parameter EC mempengaruhi tingkat penyerapan unsur hara tanah oleh tumbuhan. Kedua parameter tersebut sangat penting untuk diketahui parameternya dalam tanah.

2.2.2 *Smart Agriculture*

Smart Agriculture merupakan sebuah konsep sistem pertanian yang cerdas dan modern dimana dalam pengelolaan bidang pertanian melibatkan teknologi sebagai penunjang pertanian seperti dalam mengatur dan mengelola pertanian dan membantu menyelesaikan masalah di dunia pertanian. [7] Sehingga dengan adanya *Smart Agriculture* bisa menjadi salah satu faktor penunjang meningkatkan hasil panen petani. Karena proses pengolahan pertanian sudah dilakukan dengan mesin dan sistem. Konsep *Smart Agriculture* tidak lepas dari perananan sensor dan system mikrokontroler untuk dapat memantau parameter pada media tanam. Pengiriman data pembacaan sensor menggunakan teknolog IoT juga menjadi kunci dalam penerapan *Smart Agruculture*.



Gambar 2.2 *Smart Agriculture* [8].

Salah satu teknologi pendorong perkembangan *smart farming* adalah teknologi *Internet of Things* atau lebih dikenal dengan singkatan IoT. IoT merupakan sebuah metode yang bertujuan untuk memperluas manfaat dari konektivitas internet yang terhubung secara terus menerus dan membuat pengguna

untuk menghubungkan alat serta komponen fisik lainnya dengan sensor jaringan yang dapat terhubung dengan jaringan internet. Kelebihan yang ditawarkan IoT adalah jaringan yang digunakan tidak menggunakan kabel atau berbasis nirkabel. IoT bekerja dengan cara memanfaatkan sebuah argumentasi dari algoritma bahasa pemrograman komputer yang telah disusun, masing-masing argumentasi yang telah disusun menghasilkan sebuah interaksi yang akan membantu *hardware* dalam melakukan fungsinya sehingga dapat menciptakan kinerja yang lebih efektif dan efisien. *Smart Agriculture* diharapkan dapat membantu efektifitas dan produktifitas pertanian mengingat Indonesia merupakan negara agraris.

2.2.3 Arduino Uno R3

Arduino Uno Merupakan *microcontroller* berbasis ATmega328P. Memiliki 14 pin *input* dan *output digital* dimana 6 pin *input* tersebut dapat digunakan sebagai *output* PWM dan 6 pin *input analog*, 16 MHz osilator kristal, koneksi USB, *jack power*, ICSP header dan tombol *reset*. Arduino Uno berukuran sebesar kartu kredit. Meskipun ukurannya yang kecil tetapi papan tersebut memiliki *microcontroller* dan sejumlah *input/output* yang memudahkan pemakai untuk membuat sebuah *project* elektronika yang ditujukan untuk menangani sebuah tujuan [12]. Pada Arduino Uno tegangan dapat diperoleh melalui koneksi USB ataupun melalui *power supply eksternal*. Papan Arduino Uno ini dapat beroperasi jika diberikan tegangan sebesar 6V sampai dengan 12V. Akan tetapi ada beberapa hal yang harus diperhatikan dalam rentang nilai tegangan yang diberikan pada papan ini, jika tegangan diberikan kurang dari 7V.

Tabel 2.1 Spesifikasi Arduino UNO

<i>Microcontroller</i>	ATmega328
Tegangan Operasi	1.8 - 5.5V
<i>Input Voltage</i> (disarankan)	7-12V
<i>Output Voltage</i> (batas)	6-20V

Pin Digital I/O	14 (dimana 6 pin memberikan <i>output</i> PWM)
Pin Input Analog	6
Pin arus DC per I/O	40M
<i>Flash Memory</i>	32 KB (ATMega 328)
SRAM	2 KB (ATMega328)
EEPROM	1 KB (ATMega328)
<i>Clock Speed</i>	16 Hz



Gambar 2.3 Papan Arduino UNO [17].

Beberapa pin *power* yang ada pada papan Arduino Uno :

- a. Pin GND adalah *ground*.
- b. Pin Vin merupakan pin yang digunakan untuk memberikan tegangan padapapan Arduino sebesar 7V sampai dengan 12V.
- c. Pin 5V merupakan pin *output* dimana pada pin ini mengalir tegangan sebesar 5V.
- d. Pin 3,3V merupakan pin *output* yang dimana pin disediakan tegangansebesar 3,3V.
- e. Pin IOEF adalah pin yang menyediakan referensi tegangan *microcontroller*.

Arduino Uno memiliki 14 pin yang dapat digunakan sebagai pin *input* dan *output*. Pin tersebut dapat bekerja dengan tegangan sebesar 5V, dan setiap pin menyediakan atau menerima arus sebesar 20mA. Nilai maksimum arus adalah 40mA untuk menghindari kerusakan pada chip *microcontroller*. Beberapa pin yang memiliki fungsi khusus :

- a. Serial, terdiri dari 2 yaitu pin 0 (RX) dan pin 1 (TX) yang digunakan untuk menerima (RX) dan mengirim (TX) data serial.
- b. *External Interrupts*, yaitu pin 2 dan pin 3. Kedua pin tersebut dapat digunakan untuk mengaktifkan interupsi dengan menggunakan fungsi *attachInterrupt()*.
- c. PWM yaitu pin 3, 5, 6, 9, 10 dan 11 menyediakan *output* PWM 8-bit dengan menggunakan fungsi *analogWrite()*.
- d. SPI yaitu pin 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK) mendukung komunikasi SPI dengan menggunakan *SPI Library*.
- e. LED yaitu pin 13, pin ini terhubung *built-in led* yang dikendalikan oleh *digital* pin no 13.
- f. TWI yaitu pin A4 (SDA) dan A5 (SCL) yang mendukung komunikasi TWI dengan menggunakan *Wire Library*.

Arduino Uno memiliki 6 buah *input analog* yang diberi tanda dengan A0, A1, A2, A3, A4, A5. Masing-masing pin tersebut memiliki resolusi 10 bit. Beberapa pin lainnya yang ada pada papan Arduino Uno ini AREF sebagai referensi tegangan untuk *input analog*. *Reset* dapat dihubungkan ke *low* untuk melakukan *rest* terhadap *microcontroller*.

2.2.4 Arduino IDE

Arduino IDE adalah perangkat lunak keluaran dari Arduino yang berguna untuk mengunggah program yang telah ditulis oleh program ke mikrokontroler. Arduino IDE dapat terintegrasi dengan berbagai papan Arduino diantaranya adalah Arduino Mega 2560, Arduino UNO, Arduino NANO, Arduino Mikro, Arduino MKR1000, Arduino Portenta, dan lain sebagainya. Proses penanaman program pada papan Arduino membutuhkan perangkat lunak Arduino IDE. Penanaman program dilakukan dengan melakukan proses *compile* pada Arduino IDE. Arduino

IDE juga dapat digunakan untuk mengidentifikasi permasalahan pada papan Arduino dengan cara menghubungkan papan Arduino dengan Arduino IDE sehingga memungkinkan untuk memperbaiki *board* yang ada pada Arduino IDE. Pemrograman pada Arduino IDE memiliki 2 fungsi utama, yaitu fungsi *Void Setup()* dan fungsi *Void Loop*. *Setup* merupakan fungsi yang akan dijalankan hanya sekali oleh Arduino IDE. Berbagai *setting* awal dilakukan pada fungsi ini agar tidak terganggu oleh proses yang akan dijalankan oleh papan Arduino saat papan Arduino tersebut digunakan. *Loop* merupakan fungsi yang akan dijalankan oleh papan Arduino secara berulang-ulang. Fungsi utama terkait perintah-perintah yang perlu untuk dilakukan oleh papan Arduino ditanamkan pada fungsi *loop* tersebut. Fungsi *loop* sangat rentan terhadap perubahan data sehingga tidak cocok untuk melakukan pengaturan [17].



Gambar 2.4 Arduino IDE [17]

2.2.5 LoRa (*Long Range*)

LoRa (*Long Range*) merupakan suatu proses perubahan suatu gelombang periodik tertentu sehingga menjadikan suatu sinyal yang mampu membawa suatu

informasi. Gelombang periodik adalah merupakan gerak gelombang yang secara teratur. Perubahan gelombang ini teratur dan berulang-ulang yang mempunyai sumber berupa gangguan yang bertahap atau secara bertahap yang berupa getaran. LoRa memiliki beberapa fitur-fitur yang tersedia di dalamnya yaitu [14]:

- a. Kompatibel dengan 3,3V dan 5V I/O Arduino
- b. Biaya rendah, dapat mengurangi biaya.
- c. Terstandar, dibuat agar dapat berinteraksi dan berfungsi dengan sistem lain, sehingga dapat cepat beradaptasi dengan jaringan dan aplikasi IoT.
- d. Daya rendah, dengan konsumsi daya yang dibutuhkan hanya berkisar dari 13mA sampai dengan 15mA.



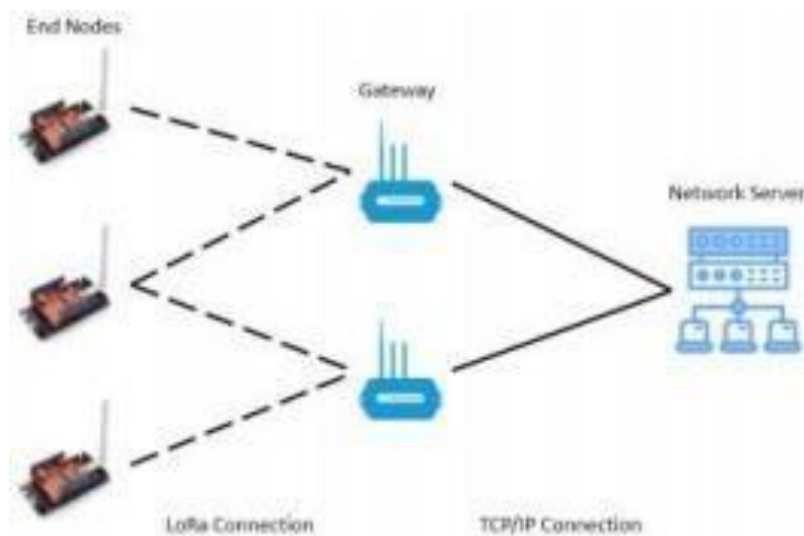
Gambar 2.5 LoRa Dragino *Shield* [14]

Pengaplikasian dari LoRa ini juga bermacam-macam dari berbagai bidang, penggunaan Lora biasa digunakan dalam komunikasi M2M (*Machine to Machine*), seperti contohnya untuk pengembangan *smart city*, dengan adanya penggunaan LoRa ini berbagai sensor dapat saling berinteraksi langsung dengan manusia atau mesin dimanapun dan kapanpun [14].

2.2.6 Arsitektur LoRa

LoRa mengacu pada dua *layer*, yaitu *layer physical* menggunakan teknik modulasi radio *Chirp Spread Spectrum* (CSS) dan protokol lapisan MAC untuk LoRaWAN. LoRa memiliki karakteristik jaringan berupa topologi *star*. Teknologi LoRa juga mendukung aplikasi IoT. *Long Range* (LoRa) adalah sistem transmisi

jarak jauh yang menggunakan komunikasi *Low Power Wide Area Network* (LPWAN), pengembangan didukung oleh IBM Semtech, Actility, dll yang tergabung dalam *LoRa Alliance*. Dalam *LoRa Alliance* telah mendesain suatu protokol bawaan untuk sistem komunikasi *Long Range* (LoRa) yang disebut dengan LoRaWAN. Protokol LoRaWAN ini memiliki beberapa keunggulan antara lain komunikasi jarak jauh, hemat biaya, skalabilitas tinggi, dan hemat energi.



Gambar 2.6 Arsitektur Jaringan LoRa [15].

1. *End Node*, memiliki peran sebagai pengirim data
2. *Gateway*, berperan sebagai perangkat penerus data yang dikirimkan dari *End Node* menuju ke *Network Server*.
3. *Network Server*, merupakan perangkat yang menyimpan data yang dikirimkan. *LoRa Network Server* dapat berupa *web server* pribadi maupun berupa *cloud server* seperti Antares.

2.2.7 Kelas LoRa

1. *Class A*

Kelas A secara umum dibagi menjadi transmisi *uplink* dan *downlink*. Uplink terdiri dari 1 slot diikuti oleh 2 slot *downlink*. Slot *uplink* dijadwalkan oleh perangkat end berdasarkan kebutuhannya (protokol ALOHA). Kelas A ini adalah perangkat akhir LoRa dengan sistem daya rendah.

2. *Class B*

Kelas B ini menggunakan jendela penerimaan ekstra selama periode komunikasi *downlink* dengan latensi deterministik, tetapi dengan mengorbankan beberapa konsumsi daya tambahan pada perangkat akhir, dan memerlukan konsumsi daya tambahan yang cukup rendah untuk menggunakan aplikasi bertenaga baterai.

3. Class C

Kelas C beroperasi dengan mengurangi latensi pada transmisi *downlink* dengan menjaga perangkat penerima terbuka setiap mentransmisikan. Penggunaan kelas C ini membutuhkan daya yang lebih besar dan memiliki latensi rendah dibandingkan dengan rekan kelas A dan B [12].

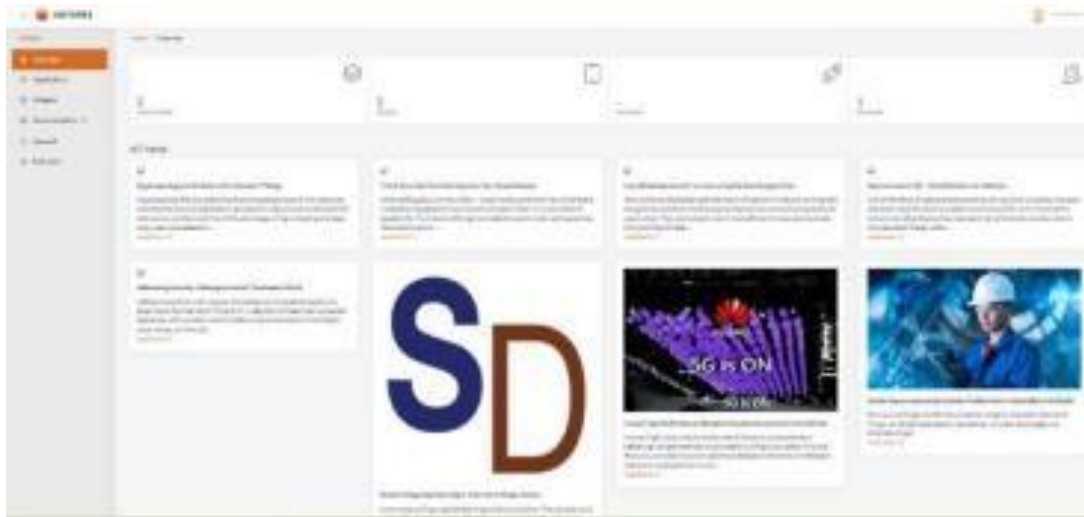
2.2.8 Perbandingan Konektivitas IoT dengan LoRa

Konektivitas merupakan salah satu lapisan utama dalam IoT agar terjalin komunikasi antara benda dengan infrastruktur yang terhubung seperti layanan *cloud*. Ada beragam jenis media konektivitas yang digunakan dalam bidang IoT seperti *Bluetooth*, Wifi, GSM, LoRaWAN, SigFox, NB-IoT dan lain-lain. Setiap media konektivitas memiliki kelebihan dan kekurangan yang berbeda-beda. Oleh karena itu, pengguna perlu mengetahui spesifikasi dari masing-masing media konektivitas agar dapat memilih jenis media konektivitas yang sesuai dengan kebutuhan bidang IoT yang akan diterapkan.

2.2.9 Antares

Antares adalah sebuah *platform* horizontal IoT dibawah naungan PT. Telkom Indonesia. Antares memiliki 4 pilar utama yaitu IoT *Platform*, IoT *Connectivity*, IoT *Solution* dan *Devices*. Antares/IOT *application & tech platform as your reliable solutions* adalah jawaban dari kebutuhan akan solusi platform horizontal IoT yang dapat menyesuaikan dengan arsitektur yang digunakan pengguna. Salah satu layanan Antares berupa *cloud* yang dapat menyimpan dan mengirim data secara *real-time* dari sensor. Antares menggunakan *RESTful* dalam mengembangkan API (*Application Programming Interface*) sehingga API yang tersedia lebih representative dan dapat digunakan dengan mudah oleh pengguna. Antares dapat menjadi jembatan antara dalam solusi IoT yang mendukung berbagai

macam konektivitas bisnis IoT. Antares mendukung berbagai macam protokol yang umum digunakan untuk solusi IoT seperti MQTT, HTTP, *websocket*, dan CoAP disamping format data JSON dan XML. Selain itu, untuk memudahkan pengembang perangkat lunak dan keras disediakan pula *library* untuk Android dan *microcontroller* berbasis Arduino [16].



Gambar 2.7 Tampilan Antares [16].

2.2.10 Sensor Soil Tester

Sensor *Soil Tester* merupakan sensor pengukur nutrisi tanah yang dapat digunakan untuk mengukur parameter pH dan EC dalam tanah. Sensor ini diproduksi oleh Weihai JXCT Electronics Co., Ltd. sensor *Soil Tester* dapat digunakan untuk pengukuran pH dan EC. Selain itu, sensor ini juga memiliki hasil pembacaan yang stabil. Sensor ini menggunakan protokol standar *modbus* RS485 sebagai protokol komunikasi. Sensor *Soil Tester* memiliki kepresisian yang tinggi, respon cepat dan *output* sinyal stabil sehingga cocok untuk semua jenis tanah. Selain itu sensor ini dapat dikubur didalam tanah untuk waktu yang lama, tahan terhadap korosi dan tahan air. Sensor *Soil Tester* dapat di aplikasikan untuk percobaan ilmiah, pengukuran cepat tanah, budidaya tanaman, pengukuran kadar air dan suhu dalam berbagai partikel. Sensor *Soil Tester* juga dapat digunakan oleh beberapa sensor yang digabungkan dalam *modbus* RS485. Catu daya yang dibutuhkan oleh sensor ini adalah sebesar 12-24v dengan arus listrik searah atau biasa disebut *Direct Current* (DC). Pada sensor *Soil Tester* terdapat 4 kabel yang

akan dihubungkan antara lain yaitu:

1. Cokelat: Catu daya positif (12-24V DC)
2. Hitam: Catu daya negatif
3. Kuning: RS485-Pin A
4. Biru: RS485-Pin B



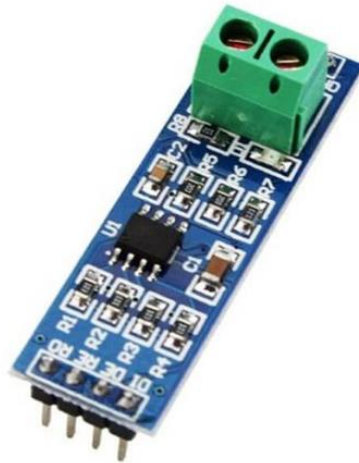
Gambar 2.8 Sensor *Soil Tester* [17]

2.2.11 Protokol Komunikasi RS485

Protokol komunikasi RS485 merupakan komunikasi data *serial* yang dapat dilakukan pada jarak yang cukup jauh yaitu sekitar 1,2 km. Kelebihan yang dimiliki sistem komunikasi RS485 adalah komunikasi *multidrop* atau berhubungan secara *one to many* dengan jarak yang cukup jauh dan dapat menghubungkan 32 unit beban sekaligus dengan hanya menggunakan dua kabel tanpa memerlukan referensi *ground* yang sama antar unit. Sistem komunikasi RS485 merupakan sistem yang dapat memenuhi kebutuhan pengukuran yang melibatkan banyak sensor untuk mendapatkan informasi yang terjadi. Protokol komunikasi RS485 merupakan standar protocol komunikasi yang umum digunakan di dunia industry. Hal ini dikarenakan protocol komunikasi RS485 memungkinkan untuk pengiriman data dengan jarak yang sangat jauh. Komunikasi umumnya perlu untuk dikuatkan agar data dapat diterima dengan baik. Penguatan tersebut terjadi secara otomatis pada protocol komunikasi RS485. Protokol komunikasi RS485 memiliki beberapa

kelebihan yaitu:

1. Komunikasi serial RS485 merupakan *interface* yang populer sehingga banyak piranti yang telah mendukung komunikasi ini.
2. *Noise* yang dihasilkan sangat kecil dan tahan terhadap perbedaan tegangan.
3. Implementasi komunikasi mudah.



Gambar 2.9 Modbus RS485 [18]

Selain itu sistem komunikasi RS485 juga memiliki kekurangan yaitu:

1. Sistem komunikasi RS485 lebih cocok untuk komunikasi sistem ke sistem dan kurang cocok untuk komunikasi *chip* ke *chip* maupun *chip* ke sensor.
2. Adanya penambahan biaya untuk *chip* sistem *transceiver* dan jenis kabel *twisted pair* dengan *terminating resistors*.

2.2.12 Baterai

Baterai merupakan sebuah alat yang berfungsi sebagai penyimpanan energi listrik dalam bentuk kimia yang selanjutnya diubah menjadi energi listrik sebagai catu daya untuk menghidupkan peralatan yang diperlukan. Baterai terbentuk dari beberapa elemen yang digabung dalam satu plastik atau sejenis karet yang keras. Komponen yang ada dalam baterai terbentuk dari sel yang membentuk pelat-pelat dengan kutub negatif dan kutub positif. Pelat-pelat yang ada di dalam baterai tersebut merupakan komponen penyimpanan arus listrik, baterai dapat diisi arus

listrik dengan cara melakukan pengisian yang dihubungkan dengan sumber pengisi daya [17].



Gambar 2.10 Baterai Lipo [19]

Gambar 2.9 baterai Lipo adalah komponen yang digunakan untuk mendeteksi atau mengukur suatu besaran tertentu dari sebuah objek penelitian dengan mengubah besaran fisik atau kimia menjadi suatu sinyal listrik. Sensor umumnya dikategorikan menurut objek yang diukur dan memiliki peranan penting baik dalam sebuah proses *monitoring* maupun proses pengendalian. Berdasarkan fungsidan penggunaannya sensor dapat dikelompokkan menjadi 3 bagian yaitu:

1. Sensor *Thermal* (Panas)
2. Sensor Mekanis
3. Sensor Optik (Cahaya) [18].

2.2.13 Persentase Error

Perhitungan persentase *error* merupakan persentase perbedaan antara hasil nilai pembacaan dari sensor atau nilai terukur dibandingkan dengan nilai acuan. Cara ini digunakan dalam berbagai kaidah ilmiah untuk melaporkan atau menganalisis perbedaan antara nilai terukur atau eksperimental dan nilai yang benar atau acuan.

$$\%Error = \left| \frac{Nilai\ Terukur - Nilai\ Acuan}{Nilai\ Acuan} \right| \times 100 \quad (1)$$

Perhitungan nilai persentase *error* dilakukan dengan cara yaitu nilai acuan

dikurangi dengan nilai pengukuran sensor dibagi nilai acuan lalu dikali 100 seperti terlihat pada Persamaan 1. Hasil dari perhitungan tersebut akan menghasilkan nilai persentase *error*. Nilai terukur merupakan nilai yang didapatkan dari hasil pembacaan sensor sedangkan nilai acuan didapatkan dari hasil pembacaan acuan. Nilai *error* digunakan untuk melakukan validasi untuk sensor yang digunakan. Validasi bertujuan untuk menguji seberapa baik hasil dari pembacaan sensor yang digunakan.

2.2.14 Akurasi

Akurasi merupakan pengukuran tingkat kedekatan kualitas terhadap nilai yang sebenarnya. Apabila nilai pengukuran mendekati atau sama dengan nilai acuan, maka dapat dikatakan bahwa akurasi dari perangkat yang digunakan tinggi. Nilai akurasi dapat dijadikan sebagai rujukan dalam mengatakan kualitas hasil pembacaan dari sensor.

$$\% \text{ Akurasi} = 100 - \% \text{ Error} \quad (2)$$

Apabila nilai akurasi tinggi, dapat dikatakan bahwa sensor telah mendekati nilai acuan yang dijadikan tujuan. Nilai akurasi kemudian dapat memberikan gambaran tentang kualitas dari luaran sensor. Akurasi dan persentase *error* merupakan hal yang saling melengkapi dalam melakukan analisis terhadap sensor.