

## **BAB IV**

### **PEMBUATAN ALAT**

#### **4.1. Perencanaan Pembuatan Alat**

Sebelum proses pembuatan alat, diperlukan perencanaan untuk menentukan jenis alat dan bahan yang sesuai agar sistem dapat bekerja secara efisien dan optimal. Perencanaan ini meliputi penentuan spesifikasi komponen serta perhitungan kebutuhan daya listrik yang akan digunakan dalam pengoperasian sistem. Langkah tersebut bertujuan untuk mencegah terjadinya kesalahan dalam pemilihan komponen maupun spesifikasi yang berpotensi memengaruhi kinerja alat.

##### **4.1.1. Perhitungan Daya Listrik**

Sebelum menentukan kapasistas panel surya yang diperlukan, terlebih dahulu dilakukan perhitungan terhadap kebutuhan konsumsi daya total sistem dari seluruh komponen aktif pada perangkat. Komponen beban utama terdiri dari mikrokontroler ESP32 dan modul komunikasi radio LoRa E220-900T22D. Berdasarkan spesifikasi teknis, konsumsi daya dihitung menggunakan rumus dibawah ini:

$$P_{total} = V \times I$$

Diketahui:

$P = \text{Daya Listrik (Watt)}$

$V = \text{Tegangan Kerja (Volt)}$

$I = \text{Arus Listrik (Ampere)}$

Berdasarkan data teknik, kedua perangkat beroperasi pada tegangan 3.3V. ESP32 memiliki konsumsi arus rata-rata sebesar 80 mA (0.08 A), sedangkan modul LoRa E220 saat melakukan transmisi data memerlukan arus sebesar 110 mA (0.11 A). Maka, perhitungan total daya beban adalah sebagai berikut:

$$P_{total} = (V_{Esp32} \times I_{Esp32}) + (V_{LoRa} \times I_{LoRa})$$

$$P_{total} = (3,3V \times 0,08A) + (3,3V \times 0,11A)$$

$$P_{total} = 0,264W + 0,363W$$

$$P_{total} = 0,627W$$

Berdasarkan Kapasitas panel surya atau Watt Peak harus mampu menghasilkan energi yang cukup untuk mensuplai beban selama 24 jam sekaligus mengisi kembali daya baterai yang telah digunakan. Perhitungan ini mempertimbangkan konsumsi energi harian dan rata-rata jam matahari efektif (Peak Sun Hours). Berikut ini perhitungan konsumsi energi harian:

$$E_{harian} = P_{total} \times t$$

$$E_{harian} = 0,627W \times 24 \text{ jam}$$

$$E_{harian} = 15.048 \text{ Wh}$$

Berdasarkan hasil perhitungan daya listrik, sistem memiliki konsumsi daya sebesar 0,627 W. Dengan waktu operasi 24 jam, energi listrik yang dibutuhkan per hari adalah sebesar 15,05 Wh. Dalam perancangan sistem tenaga surya, perhitungan juga mempertimbangkan waktu penyinaran efektif matahari dan efisiensi sistem pengisian. Pada penelitian ini, waktu penyinaran efektif diasumsikan selama 4 jam per hari dengan efisiensi sistem sebesar 80%. Berikut ini perhitungan kapasitas panel surya :

$$E_{panel} = P_{panel} \times t_{matahari} \times \eta$$

Agar

$$E_{panel} \geq E_{load}$$

Maka:

$$P_{panel} \geq \frac{15,05}{4 \times 0,8}$$

$$P_{panel} \geq 4,7 \text{ Wp}$$

Untuk memberikan margin keamanan, dipilih panel surya:

$$P_{panel} = 10 \text{ Wp}$$

Berdasarkan perhitungan tersebut, diperoleh kebutuhan minimum daya panel surya sebesar 4,7 Wp. Namun, untuk memberikan margin keamanan dan memastikan sistem tetap dapat beroperasi secara optimal meskipun terjadi penurunan intensitas cahaya matahari, maka digunakan panel surya dengan kapasitas 10 Wp.

#### 4.1.2. Perhitungan Kapasitas Baterai

Perhitungan kapasitas baterai dilakukan untuk menentukan kemampuan baterai dalam menyuplai energi listrik yang dibutuhkan oleh sistem ketika tidak terdapat pasokan energi dari panel surya, seperti pada malam hari atau saat kondisi cuaca tidak mendukung. Kapasitas baterai harus mampu memenuhi kebutuhan energi sistem selama waktu operasi yang telah ditentukan dengan memperhatikan rugi-rugi energi pada sistem penyimpanan dan penyaluran daya.

Energi listrik yang dibutuhkan oleh sistem dihitung berdasarkan total daya beban dan lama waktu operasi. Kebutuhan energi tersebut dinyatakan dalam satuan Watt-hour (Wh). Untuk mengantisipasi rugi-rugi pada sistem pengisian baterai dan konversi daya, maka perhitungan energi baterai dilakukan dengan memasukkan faktor efisiensi sistem.

$$E_{baterai} = \frac{P_{total} \times t}{\eta}$$

Diketahui:

$E_{baterai}$  = energi minimum baterai (Wh),

$P_{total}$  = total daya beban sistem (W),

$T$  = waktu operasi sistem (jam),

$\eta$  = efisiensi sistem.

Energi listrik yang dibutuhkan sistem selama satu hari dihitung dengan persamaan:

$$E_{baterai} = \frac{P_{total} \times t}{\eta}$$

$$E_{baterai} = \frac{15,05}{0,8}$$

$$E_{baterai} = 18,8 \text{ Wh}$$

Setelah energi baterai diperoleh, nilai tersebut dikonversikan menjadi kapasitas baterai dalam satuan Ampere-hour (Ah) dengan menggunakan tegangan nominal baterai. Hubungan antara energi, tegangan, dan kapasitas baterai dinyatakan sebagai berikut:

$$E = V \times C$$

Sehingga kapasitas total baterai yang dibutuhkan dapat dihitung dengan persamaan:

$$C_{total} = \frac{E_{baterai}}{V_{baterai}}$$

Diketahui:

$C_{total}$  = kapasitas total baterai (Ah),

$V_{baterai}$  = tegangan nominal baterai (V),

$$C_{total} = \frac{E_{baterai}}{V_{baterai}}$$

$$C_{total} = \frac{18,8}{3,7}$$

$$C_{total} = 5,08 \text{ Ah}$$

Untuk menyatakan kapasitas baterai dalam satuan *miliampere-hour* (mAh), maka dilakukan konversi sebagai berikut:

$$C_{total}(mAh) = C_{total}(Ah) \times 1000$$

$$C_{total} = 5,08Ah \times 1000$$

$$C_{total} = 5080 \text{ mAh}$$

Apabila sistem menggunakan beberapa baterai yang dikonfigurasi secara paralel, maka kapasitas total baterai merupakan hasil penjumlahan kapasitas masing-masing baterai. Hubungan antara kapasitas total, jumlah baterai, dan kapasitas satu baterai dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$C_{total} = N \times C_{baterai}$$

Diketahui:

$N$  = jumlah baterai,

$C_{baterai}$  = kapasitas satu baterai (mAh),

Misalkan digunakan baterai 18650 dengan kapasitas umum di pasaran sebesar:

$$C_{total} = 2200 \text{ mAh}$$

Jumlah baterai yang dibutuhkan dihitung dengan:

$$N = \frac{C_{total}}{C_{baterai}}$$

$$N = \frac{5080}{2200}$$

$$N = 2,31$$

Karena jumlah baterai harus bilangan bulat, maka digunakan:

$$N = 3 \text{ buah baterai 18650}$$

Baterai dikonfigurasi secara paralel (3P) sehingga:

- Tegangan sistem tetap 3,7 V.
- Kapasitas total bertambah.

Karena Kapasitas total baterai:

$$C_{total} = 3 \times 2200 = 6600 \text{ mAh}$$

Energi total baterai:

$$E_{total} = V \times C$$

$$E_{total} = 3,7 \times 6,6$$

$$E_{total} = 24,42 \text{ Wh}$$

Lama waktu sistem dapat beroperasi tanpa pengisian dihitung dengan:

$$T_{operasi} = \frac{E_{total}}{P_{total}}$$

$$T_{operasi} = \frac{24,42}{0,627}$$

$$T_{operasi} \approx 38,9 \text{ jam}$$

Berdasarkan hasil perhitungan, sistem membutuhkan energi minimum sebesar 18,8 Wh. Kebutuhan energi tersebut dipenuhi dengan menggunakan tiga baterai Li-ion 18650 yang dikonfigurasi secara paralel, sehingga tegangan sistem tetap 3,7 V dengan kapasitas total 6600 mAh, dimana setiap baterai memiliki kapasitas 2200 mAh. Dengan konfigurasi tersebut, sistem mampu beroperasi selama sekitar 39 jam tanpa pasokan energi dari panel surya. perhitungan tersebut,

#### 4.2. Alat dan Bahan

Setelah hasil perhitungan didapatkan, berikut ini merupakan daftar alat yang diperlukan untuk mendukung proses perakitan, pembuatan, serta pengukuran rangkaian yang terlampir pada Tabel 4.3.

Tabel 4. 1 Daftar Alat yang Digunakan

| No. | Nama Alat      | Jumlah    |
|-----|----------------|-----------|
| 1   | Solder         | 1 buah    |
| 2   | Tenol          | 1 buah    |
| 3   | FeCl           | 1 bungkus |
| 4   | Sedotan Timah  | 1 buah    |
| 5   | Mesin Bor      | 1 buah    |
| 6   | Mata Bor       | 1 buah    |
| 7   | Mesin Gerinda  | 1 buah    |
| 8   | mata Gerinda   | 1 buah    |
| 9   | Penggaris Besi | 1 buah    |
| 10  | Obeng          | 1 buah    |

| No. | Nama Alat      | Jumlah     |
|-----|----------------|------------|
| 11  | Multimeter     | 1 buah     |
| 12  | Kuas Cat       | 1 buah     |
| 13  | Meteran        | 1 buah     |
| 14  | Tang Cucut     | 1 buah     |
| 15  | Tang Potong    | 1 buah     |
| 16  | Tang kombinasi | 1 buah     |
| 17  | Mur + Baut     | secukupnya |
| 18  | spacer         | secukupnya |
| 19  | Isolasi Kabel  | 1 buah     |
| 20  | Gunting        | 1 buah     |
| 21  | Sekrup Roofing | 5 buah     |

Tabel 4. 2 Bahan yang Digunakan

| No. | Nama Bahan              | Spesifikasi            | Jumlah   |
|-----|-------------------------|------------------------|----------|
| 1   | Papan PCB               | 20 x 10 cm             | 1 buah   |
| 2   | Papan PCB               | 11 x 10 cm             | 1 buah   |
| 3   | Sirine                  | 220V, MS-190M          | 1 buah   |
| 4   | Lampu Rotator           | 220V, LTE1103          | 1 buah   |
| 5   | Saklar Tarik            | 1 Arah dengan Pengunci | 4 buah   |
| 6   | Mikrokontroler ESP32    | ESP32 Devkit V1        | 2 buah   |
| 7   | Modul LoRa              | E220-900T22D           | 2 buah   |
| 8   | Solar Charge Controller | 10 Ampere              | 1 buah   |
| 9   | Panel Surya             | 10 Watt Peak           | 1 buah   |
| 10  | Baterai 18650           | 2600 mAh               | 3 buah   |
| 11  | Kabel NYY               | 1,5 mm                 | 1 Meter  |
| 12  | Kabel NYF               | 1,5 mm                 | 1 Meter  |
| 13  | Cat                     | AFIAN BLACK            | 1 kaleng |
| 14  | Panel Box               | 30 x 20 x 12 cm        | 2 buah   |
| 15  | Besi Holo               | 30 x 30 mm             | 6 Meter  |
| 16  | BMS 3S                  | 40 Ampere              | 1 buah   |
| 17  | Terminal Blok           | 2 Pin                  | 2 buah   |



| No. | Nama Bahan       | Spesifikasi | Jumlah  |
|-----|------------------|-------------|---------|
| 18  | JST              | 4 pin       | 1 buah  |
| 19  | Spacer Alumunium | 3 cm        | 10 buah |
| 20  | Modul Relay      | 2 Channel   | 1 buah  |

### 4.3. Pembuatan Perangkat Keras ( *Hardware* )

Berikut ini merupakan Langkah-langkah dalam proses pembuatan alat adalah sebagai berikut :

#### 4.3.1. Pembuatan Papan Sirkuit Cetak

Langkah awal dalam pembuatan PCB adalah menyusun rancangan jalur rangkaian elektronik menggunakan perangkat lunak EasyEDA. Pada tahap ini, skematik dirancang dengan mengintegrasikan mikrokontroler ESP32 bersama sensor Pull Switch sebagai pendeteksi pergerakan tanah longsor. Modul LoRa E220 900T22D juga digambarkan dalam skematik dengan jalur komunikasi UART. Setelah skematik tersusun, proses pembuatan PCB kemudian dilanjutkan melalui beberapa tahapan berikutnya.

1. Membuat skematik rangkaian menggunakan perangkat lunak EasyEDA.
2. Setelah skematik selesai dibuat, langkah berikutnya adalah menyusun tata letak komponen pada PCB agar jalur tidak saling bertumpukan.
3. Desain layout tersebut kemudian diekspor ke dalam bentuk Gerber file dan dicetak menjadi papan PCB.
4. Setelah PCB dicetak, siapkan seluruh komponen beserta peralatan pendukung yang diperlukan untuk proses perakitan.
5. Selanjutnya melakukan pengeboran pada papan PCB sesuai titik lubang yang telah ditentukan dalam desain layout.
6. Kemudian, pasang pin header dan terminal blok pada PCB yang telah dibor. Komponen ini digunakan agar sensor dan perangkat lain dapat

dilepas-pasang dengan mudah tanpa harus terhubung permanen, sehingga lebih aman dan fleksibel.

7. Lakukan proses penyolderan pada seluruh pin yang sudah terpasang untuk memastikan koneksi kuat dan stabil.
8. Terakhir, pasang seluruh komponen ke pin header atau terminal blok sesuai jalur dan rancangan wiring yang telah dibuat.



Gambar 4. 1 Proses Pembuatan Papan Sirkuit

#### 4.3.2. Pembuatan Rangka

Rangka pada sistem deteksi tanah longsor berfungsi sebagai tempat pemasangan berbagai komponen, seperti panel surya, baterai, SCC, mikrokontroler ESP32, serta modul LoRa E220. Rangka ini dibuat menggunakan besi hollow galvanis yang dilapisi antikorosi, memiliki ketebalan 1 mm, dan berukuran  $30 \times 30$  mm. Untuk kebutuhan pembuatan rangka, digunakan satu batang besi hollow galvanis dengan panjang 3 meter. Berikut spesifikasi material besi hollow galvanis pada tabel 4.5.

Tabel 4. 3 Spesifikasi Pembuatan Rangka Tiang Unit Transmitter

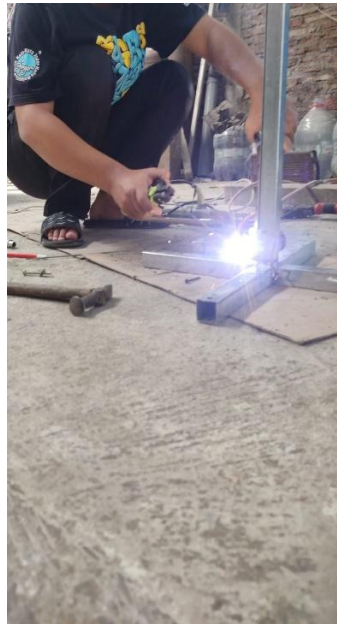
| Bagian                | Jenis Besi                    | Ukuran         |
|-----------------------|-------------------------------|----------------|
| Tiang Vertikal Utama  | Hollow Galvanis<br>30 x 30 mm | 100 cm, 1 buah |
| Kaki Penopang Bawah   | Hollow Galvanis<br>30 x 30 mm | 25 cm, 4 buah  |
| Penopang Panel Surya  | Hollow Galvanis<br>30 x 30 mm | 50 cm, 1 buah  |
| Penyangga Panel Surya | Hollow Galvanis<br>30 x 30 mm | 25 cm, 2 buah  |

Proses pemotongan besi dilakukan secara manual menggunakan mesin gerinda tangan dengan mata potong abrasive berukuran 4 inci. Sebelum melakukan pemotongan, besi diukur menggunakan penggaris besi, lalu rangka besi bisa langsung dipotong sesuai ukuran yang dibutuhkan,



Gambar 4. 2 Proses Pembuatan Rangka

Tahap selanjutnya adalah melakukan proses pengelasan untuk menyatukan potongan-potongan besi hingga membentuk satu rangka yang utuh. Rangka tersebut berfungsi sebagai struktur utama penopang sensor dan panel surya. Untuk memastikan hasil sambungan rapi serta tidak menimbulkan bagian tajam, dilakukan proses penghalusan pada area sambungan menggunakan mesin gerinda.



Gambar 4. 3 Proses Pengelasan Rangkain Mekanik

Setelah proses perakitan rangka selesai, dilakukan pelapisan cat untuk mencegah terjadinya karat serta meningkatkan ketahanan terhadap pengaruh cuaca. Tahap akhir berupa perakitan menyeluruh dengan memasang sensor, kabel, dan komponen pendukung lainnya ke dalam struktur mekanik sehingga sistem siap dioperasikan di lapangan.



Gambar 4. 4 Proses pengecatan Rangka Tiang

Setelah seluruh desain dan komponen tersedia, tahapan berikutnya adalah perakitan mekanik yang bertujuan menggabungkan seluruh bagian fisik sistem. Berikut ini menunjukkan dokumentasi proses perakitan mekanik perangkat keras pada Gambar 4.5.



Gambar 4. 5 Perakitan Rangkaian Mekanik

#### 4.3.3. Perakitan Box Panel *Transmitter*

Proses perakitan bertujuan untuk menyatukan seluruh komponen fisik dan elektronik agar membentuk satu sistem yang terintegrasi, terlindungi, dan siap dioperasikan di lingkungan lapangan. Panel box digunakan sebagai wadah utama untuk melindungi komponen dari pengaruh cuaca dan gangguan eksternal. Adapun tahapan proses perakitan alat pada panel box transmitter adalah sebagai berikut:

- Persiapan Panel Box dan Komponen

Menyiapkan panel box berukuran 30 cm × 12 cm × 20 cm sebagai wadah pelindung sistem, serta seluruh komponen elektronik yang digunakan, meliputi mikrokontroler ESP32, modul LoRa, Solar Charge Controller (SCC), baterai, DC converter, sensor pull switch, Papan PCB, dan komponen pendukung lainnya.

- Pemasangan Sistem Catu Daya

Panel surya dihubungkan ke Solar Charge Controller (SCC) untuk mengatur proses pengisian baterai. Baterai berfungsi sebagai media penyimpanan energi yang selanjutnya menyalurkan daya ke DC converter untuk menyesuaikan tegangan sesuai kebutuhan sistem.

- Distribusi Tegangan ke Mikrokontroler  
Tegangan keluaran dari DC converter disalurkan ke mikrokontroler ESP32 sebagai pusat pengendali sistem dan ke rangkaian pendukung lainnya.
- Perakitan dan Pemasangan PCB  
Komponen elektronika dirakit secara manual pada papan PCB melalui proses penyolderan satu per satu sesuai skematik rangkaian. Papan PCB yang telah selesai dirakit kemudian dipasang ke dalam panel box.
- Pemasangan Sensor dan Modul Komunikasi  
Sensor pull switch dihubungkan ke ESP32 sebagai perangkat input untuk mendeteksi pergerakan tanah. Modul LoRa dipasang dan diintegrasikan sebagai media komunikasi nirkabel untuk mengirimkan data peringatan.
- Penataan Kabel dan Perlindungan Panel Box  
Penataan kabel berguna untuk menjaga kerapian instalasi, mencegah terjadinya hubungan singkat, serta meminimalkan gangguan pada jalur daya dan sinyal.
- Pengujian Sistem Transmitter  
Setelah seluruh komponen terpasang, dilakukan pengujian untuk memastikan sistem catu daya berfungsi dengan baik, sensor dapat terbaca oleh ESP32, serta data peringatan dapat dikirimkan melalui LoRa secara stabil.

Penempatan komponen di dalam box panel bertujuan untuk melindungi perangkat dari paparan langsung kondisi lingkungan seperti hujan, panas matahari, debu, dan kelembaban yang berpotensi merusak komponen elektronik. Selain itu, box panel berfungsi sebagai pengaman terhadap gangguan eksternal, baik yang bersifat mekanis maupun lingkungan, sehingga keandalan dan umur pakai sistem dapat terjaga. Berikut gambar perakitan pada panel box *transmitter* seperti pada Gambar 4.6.



Gambar 4. 6 Hasil Perakitan panel Box Transmitter

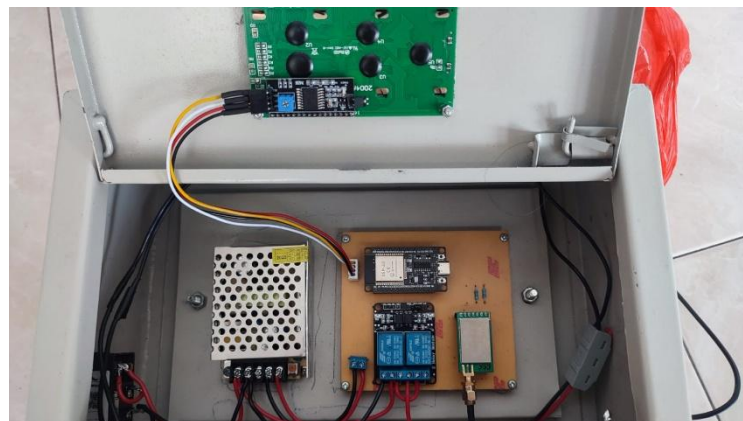
#### 4.3.4. Perakitan Box Panel Receiver

Berikut ini merupakan langkah-langkah proses perakitan panel box Receiver :

- Pemasangan Sistem Catu Daya  
*Power supply* dipasang di dalam box dan dihubungkan ke sumber tegangan PLN. Keluaran power supply digunakan sebagai sumber tegangan utama untuk menyuplai ESP32, modul relay, dan LCD.
- Pemasangan Mikrokontroler dan Modul LoRa  
 Mikrokontroler ESP32 dipasang sebagai pusat pengendali sistem dan dihubungkan dengan modul LoRa sebagai penerima data dari transmitter melalui jalur komunikasi yang telah ditentukan.
- Pemasangan Modul Relay  
 Modul relay dipasang dan dikoneksikan ke ESP32 untuk mengendalikan perangkat output. Relay berfungsi sebagai saklar otomatis yang menghubungkan daya ke sirine dan lampu rotator ketika menerima perintah dari ESP32.

- **Pemasangan Perangkat Output**  
Sirine dan lampu rotator dihubungkan ke modul relay sebagai perangkat peringatan suara dan visual. LCD dipasang pada bagian depan box untuk menampilkan informasi status sistem.
- **Penataan Kabel dan Pengamanan**  
Seluruh kabel daya dan sinyal dirapikan serta dipasang dengan rapi di dalam box untuk menghindari gangguan koneksi dan memudahkan perawatan.
- **Pengujian Sistem Receiver**  
Setelah seluruh komponen terpasang, sistem dinyalakan menggunakan sumber PLN untuk memastikan ESP32 dapat menerima data dari LoRa, relay bekerja sesuai perintah, sirine dan lampu rotator menyala dengan baik, serta LCD menampilkan informasi secara normal.

Berikut ini Gambar 4.7 menunjukkan hasil akhir dari prose perakitan panel box Receiver, yang terdiri atas ESP 32, modul LoRa E220, power supply, dan relay.



Gambar 4. 7 Hasil Perakitan Panel Box Receiver

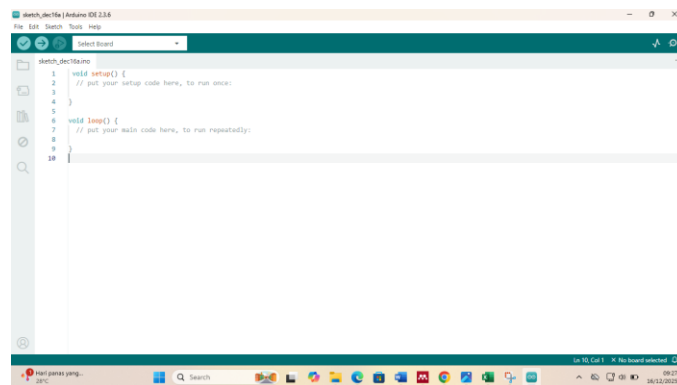
#### 4.4. Pembuatan Perangkat Lunak (Software)

Pada pembuatan perangkat lunak (software) dalam pelaksanaan tugas akhir ini, penyusun memanfaatkan aplikasi Arduino IDE sebagai sarana



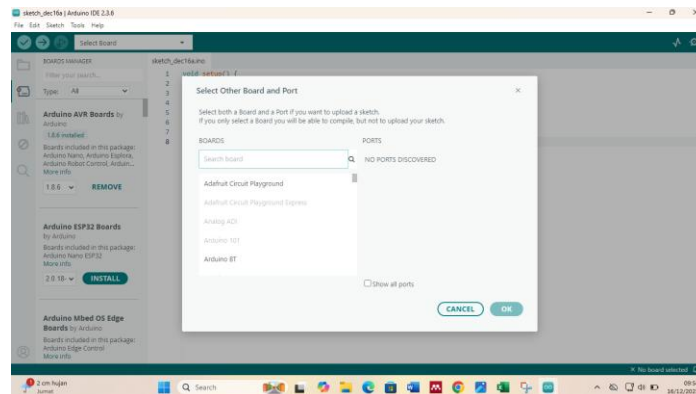
pemrograman mikrokontroler ESP32. Perangkat lunak tersebut dirancang untuk mengendalikan seluruh sistem pada alat pendeteksi tanah longsor, sehingga ESP32 dapat berfungsi sebagai pusat kendali yang mengatur proses pembacaan sensor, pengolahan data, serta komunikasi sistem secara keseluruhan.

1. Jalankan aplikasi Arduino IDE, kemudian pilih menu “File dan klik “New Sketch” untuk membuat lembar kerja program baru, seperti pada Gambar 4.8.



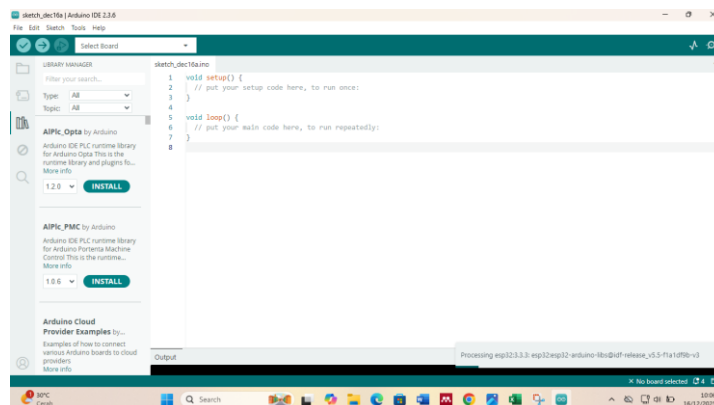
*Gambar 4. 8 Tampilan Awal Aplikasi Arduino IDE*

2. Koneksikan Arduino IDE dengan Board Arduino. Pada menu Tools, pilih jenis board ESP32, kemudian masuk ke menu Port dan tentukan port yang sesuai dengan koneksi kabel USB antara ESP32 dan komputer, seperti pada Gambar 4.9.



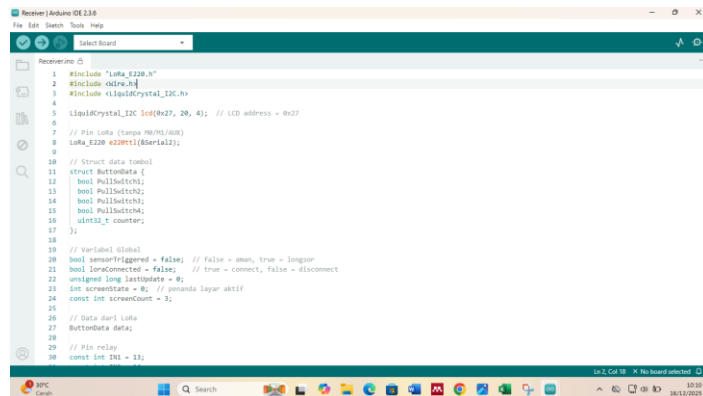
Gambar 4. 9 Memilih Port ESP32

3. Instal library yang dibutuhkan untuk proses pemrograman. Upload library dilakukan melalui menu “Sketch”, pilih “Include Library”, lalu klik “Add .ZIP Library”, sebagaimana ditampilkan pada Gambar 4.10.



Gambar 4. 10 Proses Upload Library

4. Selanjutnya, ketik kode program sistem yang akan diunggah ke mikrokontroler ESP32 pada halaman editor Arduino IDE, seperti diperlihatkan pada Gambar 4.11.



Gambar 4. 11 Membuat Program untuk Board ESP32

5. Compile program yang sudah dibuat tadi dan pastikan tidak terdapat error dalam proses compiling. Setelah proses compiling selesai, maka akan muncul pemberitahuan "done compiling" seperti pada gambar 4.12 berikut.



Gambar 4. 12 Tampilan Setelah Compile Berhasil

6. Lakukan proses pengunggahan program ke mikrokontroler ESP32 dengan menekan tombol "Upload", serta pastikan port yang dipilih sudah sesuai. Jika proses berhasil, akan muncul pemberitahuan "Done uploading".
7. Program yang telah diunggah selanjutnya tersimpan di dalam mikrokontroler ESP32 dan siap digunakan untuk mengendalikan serta mengoperasikan komponen sistem pendeteksi tanah longsor.