

BAB IV

PROSES PEMBUATAN ALAT

4.1 Pembuatan Perangkat Keras (*Hardware*)

Pembuatan perangkat keras dilakukan dengan merakit komponen pada dua bagian utama, yaitu node *transmitter* dan node *receiver*. Node *transmitter* berfungsi membaca level tangki dan mengirimkan data melalui LoRa. Node *receiver* berfungsi menerima data, mengaktifkan indikator, mengirim notifikasi Telegram, dan menyimpan data ke Google Spreadsheet.

Node *transmitter* terdiri dari ESP32, sensor ultrasonik HC-SR04, modul LoRa SX1278, antena LoRa, LED indikator, baterai 18650, charging module 2S, buck converter MP1584EN, saklar, PCB, dan *box*. Node *receiver* terdiri dari ESP32, modul LoRa SX1278, antena LoRa, LED indikator, *buzzer*, *power supply* 5 V, PCB, dan *box*.

Perakitan dilakukan berdasarkan rancangan *hardware* pada Bab III. Setiap sambungan diperiksa menggunakan multimeter sebelum alat dinyalakan untuk memastikan tidak terjadi kesalahan polaritas, hubungan singkat, atau sambungan yang terputus.

4.1.1 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam pembuatan prototipe sistem monitoring level tangki solar terdiri dari komponen elektronik, komponen mekanik, serta alat pendukung perakitan. Komponen elektronik digunakan untuk membentuk rangkaian utama sistem, sedangkan komponen mekanik digunakan sebagai pelindung dan penempatan rangkaian. Alat pendukung digunakan untuk proses penyolderan, pengecekan sambungan, serta pemasangan komponen pada *box*. Berikut adalah tabel alat dan bahan yang diperlukan.

Tabel 4-1 Daftar Alat yang Digunakan

No.	Nama Alat	Fungsi
1	Solder	Menyolder komponen dan kabel pada PCB
2	Timah Solder	Bahan penyambung antara kaki komponen dan jalur PCB
3	Multimeter	Mengecek tegangan, kontinuitas, dan sambungan rangkaian
4	Tang Potong	Memotong kabel atau kaki komponen
5	Tang Lancip	Membantu menjepit dan membentuk kabel
6	Obeng	Memasang baut pada <i>box</i> dan terminal rangkaian
7	Bor mini / Cutter	Membuat lubang pada <i>box</i> untuk sensor, antena, saklar, dan kabel
8	Gerinda	Memotong PCB
9	Laptop	Membuat dan mengunggah program ke ESP32
10	Kabel USB	Menghubungkan ESP32 dengan laptop saat pemrograman

Tabel 4-2 Daftar Bahan yang Digunakan

No.	Nama Bahan	Jumlah
1	ESP32	2 buah
2	Sensor ultrasonik HC-SR04	1 buah
3	Modul LoRa SX1278 433 MHz	2 buah
4	Antena LoRa 433 MHz	2 buah
5	Baterai 18650	2 buah
6	Charging module 2S	1 buah
7	Buck converter MP1584EN	1 buah
8	<i>Power supply</i> 5 V	1 buah
9	LED indikator	2 buah
10	Resistor 220 Ω	2 buah

11	Resistor 1k Ω	1 buah
12	Resistor 2k Ω	1 buah
13	<i>Buzzer</i>	1 buah
14	Saklar	1 buah
15	PCB	2 buah
16	Kabel jumper	1 meter
17	Kabel AWG 20 (4 jalur)	1 meter
18	Terminal blok	1 buah
19	<i>Box</i> plastik	2 buah
20	Baut dan spacer	8 pasang
21	JST XH 2.54mm	5 buah

4.1.2 Langkah-Langkah Pembuatan

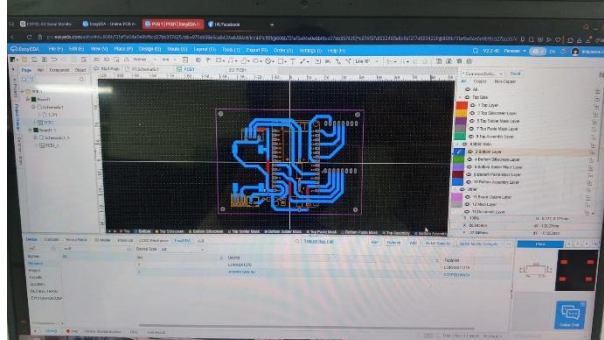
Pembuatan perangkat keras dilakukan secara bertahap agar setiap bagian rangkaian dapat diperiksa sebelum alat digunakan. Tahapan pembuatan meliputi perakitan node *transmitter*, perakitan node *receiver*, pemasangan komponen pada *box*, dan pengecekan akhir rangkaian.

4.1.2.1 Pembuatan PCB

Pembuatan PCB dilakukan sebagai tahap awal dalam proses realisasi rangkaian elektronik. PCB digunakan sebagai media pemasangan komponen dan jalur penghubung antar komponen agar rangkaian menjadi lebih rapi, kuat, dan stabil dibandingkan menggunakan *breadboard* atau kabel jumper secara langsung. Pada sistem ini, PCB dibuat untuk dua bagian, yaitu PCB node *transmitter* dan PCB node *receiver*.

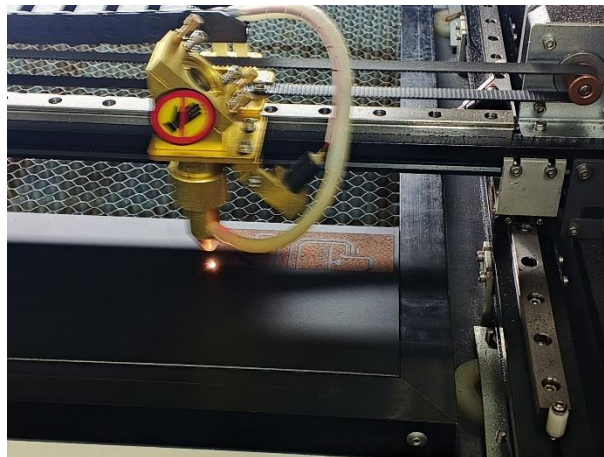
Tahap pertama dalam pembuatan PCB adalah membuat *layout* rangkaian menggunakan aplikasi EasyEDA. *Layout* dibuat berdasarkan skematik rangkaian yang telah dirancang pada Bab III, meliputi jalur ESP32, LoRa SX1278, sensor ultrasonik, LED indikator, *buzzer*, catu daya, terminal blok, dan konektor pendukung. Setelah *layout* selesai dibuat, desain PCB diperiksa

kembali untuk memastikan tidak ada kesalahan jalur, ukuran lubang, maupun posisi komponen.



Gambar 4-1 Pembuatan *Layout* pada EasyEDA

Setelah desain *layout* selesai, proses pembuatan PCB dilanjutkan dengan mempersiapkan PCB polos. Permukaan PCB dibersihkan terlebih dahulu agar proses pelapisan dan pencetakan *layout* dapat menempel dengan baik. PCB polos kemudian diberi lapisan cat menggunakan pilox doff hitam. Setelah cat mengering, *layout* PCB dicetak menggunakan CNC laser untuk membentuk pola jalur yang akan dipertahankan pada permukaan tembaga.



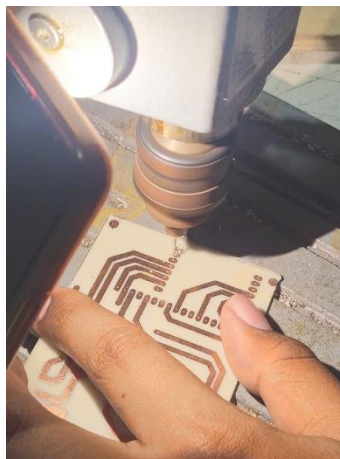
Gambar 4-2 Pencetakan *Layout* PCB

Setelah proses laser selesai, sisa hasil pembakaran pada permukaan PCB dibersihkan agar jalur yang terbentuk terlihat jelas. PCB kemudian direndam ke dalam larutan FeCl_3 untuk melarutkan bagian tembaga yang tidak tertutup pola jalur. Proses pelarutan dilakukan secara hati-hati hingga jalur PCB terbentuk sesuai dengan *layout*. Setelah proses pelarutan selesai, PCB dicuci dan dibersihkan dari sisa larutan maupun cat yang masih menempel pada jalur.



Gambar 4-3 Proses Pelarutan Menggunakan FeCl_3

Tahap selanjutnya adalah mengebor lubang pada titik kaki komponen, terminal blok, konektor, dan pin header. Pengeboran dilakukan sesuai ukuran lubang yang telah dirancang pada *layout* PCB. Setelah seluruh lubang selesai dibuat, jalur PCB diperiksa menggunakan multimeter pada mode kontinuitas. Pemeriksaan ini bertujuan untuk memastikan jalur PCB tidak putus dan tidak terdapat hubungan singkat antarjalur.



Gambar 4-4 Pengeboran untuk Lubang Komponen pada PCB

4.1.2.2 Pemasangan Komponen pada PCB

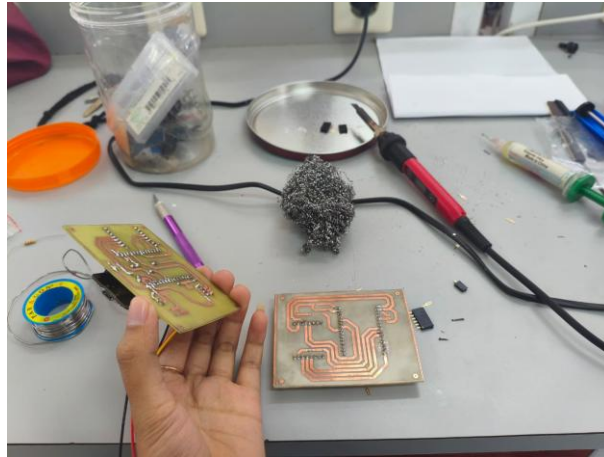
Setelah PCB selesai dibuat, komponen dipasang sesuai dengan *layout* rangkaian yang telah dirancang. Proses ini dilakukan dengan mengikuti posisi komponen yang telah ditentukan pada *layout*. Pemasangan komponen dilakukan

secara berurutan agar proses penyolderan lebih mudah dan hasil rangkaian lebih rapi.

Komponen yang dipasang terlebih dahulu adalah komponen berukuran kecil, seperti resistor, pin header, dan konektor kecil. Resistor digunakan sebagai pembatas arus pada LED dan sebagai bagian dari rangkaian pembagi tegangan untuk pin Echo sensor ultrasonik HC-SR04. Pin header female digunakan untuk pemasangan ESP32 dan modul LoRa SX1278 agar kedua komponen tersebut tidak disolder permanen pada PCB. Dengan penggunaan header female, ESP32 dan LoRa dapat dilepas apabila diperlukan pemeriksaan atau penggantian komponen.

Setelah komponen kecil terpasang, pemasangan dilanjutkan pada terminal blok, konektor JST, saklar, LED indikator, *buzzer*, dan konektor catu daya. Terminal blok digunakan untuk memudahkan penyambungan kabel dari sumber tegangan, sedangkan konektor JST digunakan agar kabel sensor dan komponen eksternal dapat dipasang dan dilepas dengan lebih mudah. Pada bagian node *transmitter*, konektor sensor ultrasonik dan konektor baterai dipasang sesuai dengan jalur yang telah dirancang. Pada bagian node *receiver*, konektor *power supply*, LED, *buzzer*, dan LoRa dipasang sesuai kebutuhan sistem.

Setelah seluruh komponen ditempatkan pada PCB, setiap kaki komponen disolder menggunakan solder dan timah. Proses penyolderan dilakukan secara hati-hati agar hasil solder tidak terlalu tebal, tidak menggumpal, dan tidak menyentuh jalur lain yang dapat menyebabkan hubungan singkat. Setelah penyolderan selesai, sisa kaki komponen yang terlalu panjang dipotong menggunakan tang potong agar bagian bawah PCB terlihat rapi dan tidak menyentuh komponen lain.



Gambar 4-5 Proses Penyolderan Komponen

Tahap akhir dari pemasangan komponen adalah pemeriksaan ulang hasil solder. Pemeriksaan dilakukan secara visual dan menggunakan multimeter. Pemeriksaan visual dilakukan untuk melihat apakah terdapat solder yang retak, menggumpal, atau menempel pada jalur lain. Pemeriksaan multimeter dilakukan untuk memastikan setiap jalur terhubung sesuai rancangan dan tidak terdapat hubungan singkat antara jalur positif dan ground.

4.1.2.3 Pemasangan Rangkaian pada *Box*

Setelah komponen terpasang pada PCB, rangkaian dipasang ke dalam *box* agar lebih rapi dan terlindungi. *Box* digunakan sebagai pelindung rangkaian dari debu, benturan ringan, dan gangguan dari luar. Selain itu, pemasangan rangkaian di dalam *box* juga bertujuan agar alat terlihat lebih rapi dan mudah digunakan saat proses pengujian.

Sebelum rangkaian dipasang, posisi setiap komponen ditentukan terlebih dahulu. Pada node *transmitter*, komponen yang perlu diperhatikan posisinya meliputi PCB *transmitter*, baterai 18650, charging module 2S, buck converter, saklar, LED indikator, antena LoRa, *port* charging, dan kabel sensor ultrasonik. Posisi komponen disusun agar tidak saling mengganggu dan kabel dapat dirapikan dengan baik. Sensor ultrasonik tidak dipasang langsung pada *box*, tetapi dihubungkan melalui kabel menuju tutup prototipe tangki.

Pada node *receiver*, posisi komponen yang ditentukan meliputi PCB *receiver*, power supply 5 V, ESP32 *receiver*, modul LoRa SX1278, antena LoRa,

LED indikator, *buzzer*, dan kabel power. Antena LoRa dipasang pada sisi luar *box* agar sinyal radio tidak terhalang oleh casing. LED indikator ditempatkan pada bagian luar atau bagian depan *box* agar kondisi kerja alat dapat diamati dengan mudah. *Buzzer* dipasang pada posisi yang memungkinkan suara alarm dapat terdengar dengan jelas.

Setelah posisi komponen ditentukan, *box* diberi lubang sesuai kebutuhan. Lubang dibuat untuk jalur antena LoRa, saklar, LED indikator, *port* charging, kabel sensor, kabel power, serta komponen lain yang perlu diakses dari luar. Pembuatan lubang dilakukan menggunakan bor mini atau cutter dengan hati-hati agar ukuran lubang sesuai dan *box* tidak retak.

PCB kemudian dipasang ke dalam *box* menggunakan baut dan spacer. Spacer digunakan agar PCB tidak menempel langsung pada permukaan *box*, sehingga bagian bawah PCB tidak bersentuhan dengan casing. Setelah PCB terpasang, kabel-kabel dari komponen eksternal disambungkan ke terminal atau konektor yang tersedia. Kabel kemudian dirapikan agar tidak mengganggu posisi komponen dan tidak mudah tertarik saat *box* ditutup.



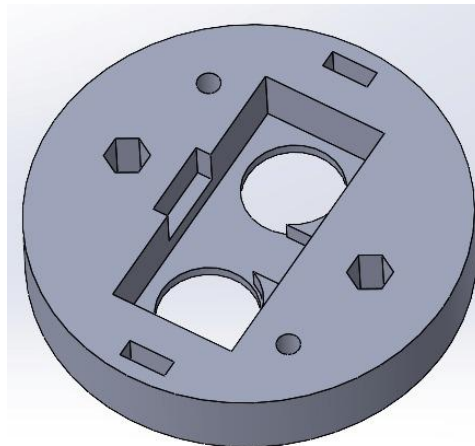
Gambar 4-6 Pemasangan PCB pada *Box*

Setelah seluruh komponen terpasang, dilakukan pengecekan akhir pada sambungan catu daya, jalur sensor, LED, *buzzer*, dan modul LoRa. Pengecekan dilakukan sebelum *box* ditutup untuk memastikan seluruh rangkaian telah terpasang dengan benar. Setelah hasil pengecekan dinyatakan baik, *box* ditutup menggunakan sekrup sehingga alat siap digunakan pada tahap pengujian.

4.1.2.4 Pembuatan Dudukan dan Prototipe Tangki

Pembuatan dudukan dan prototipe tangki dilakukan sebagai media pengujian sistem monitoring level tangki solar. Prototipe tangki digunakan sebagai tempat cairan yang akan dibaca oleh sensor ultrasonik HC-SR04, sedangkan dudukan digunakan untuk menopang tangki agar tetap stabil selama proses pengujian.

Tangki yang digunakan merupakan wadah berbentuk menyerupai *frustum* atau kerucut terpancung. Wadah ini dilengkapi dengan penutup pada bagian atas dan keran pada bagian bawah. Penutup tangki digunakan sebagai tempat pemasangan sensor ultrasonik HC-SR04. Sensor dipasang pada bagian tengah tutup tangki dengan posisi menghadap lurus ke bawah menuju permukaan cairan. Posisi ini dibuat agar gelombang ultrasonik dapat memantul pada permukaan cairan dan kembali diterima oleh sensor dengan lebih baik.



Gambar 4-7 Desain 3D Print Tempat Sensor HC-SR04

Pada bagian bawah tangki dipasang keran sebagai saluran keluaran cairan. Keran ini digunakan untuk mengatur proses pengurangan volume cairan saat dilakukan pengujian. Dengan adanya keran, perubahan level cairan dapat dibuat secara bertahap sehingga sistem dapat diuji pada beberapa kondisi level, seperti kosong, kritis, normal, *warning*, dan penuh.

Dudukan tangki dibuat agar posisi tangki lebih stabil dan tidak mudah bergeser selama proses pengujian. Dudukan terdiri dari empat kaki penyangga dan rangka bagian atas sebagai tempat tangki diletakkan. Selain menjaga

kestabilan, dudukan juga membuat posisi tangki lebih tinggi dari permukaan bawah sehingga keran dapat digunakan dengan lebih mudah saat cairan dikeluarkan.



Gambar 4-8 Proses Pembuatan Dudukan Tangki

Setelah tangki dan dudukan selesai dibuat, sensor ultrasonik dipasang pada tutup tangki dan kabel sensor dihubungkan menuju node *transmitter*. Box node *transmitter* diletakkan di dekat tangki agar kabel sensor tidak terlalu panjang dan tetap rapi. Selanjutnya dilakukan pemeriksaan terhadap posisi sensor, kestabilan dudukan, fungsi keran, serta kemungkinan kebocoran pada tangki. Pemeriksaan ini penting agar proses pengujian dapat berjalan dengan aman dan data pembacaan sensor lebih stabil.



Gambar 4-9 Prototipe Tangki

4.2 Pembuatan Perangkat Lunak (Software)

Pembuatan perangkat lunak dilakukan untuk mengatur kerja ESP32 pada node *transmitter* dan node *receiver*. Program dibuat menggunakan Arduino IDE. Node *transmitter* diprogram untuk membaca sensor ultrasonik, mengolah data level tangki, dan mengirimkan data melalui LoRa. Node *receiver* diprogram untuk menerima data LoRa, mengaktifkan indikator, mengirim notifikasi Telegram, dan menyimpan data ke Google Spreadsheet.

Perangkat lunak yang dibuat terdiri dari dua program utama, yaitu program untuk ESP32 *transmitter* dan program untuk ESP32 *receiver*. Kedua program tersebut dibuat secara terpisah sesuai fungsi masing-masing node.

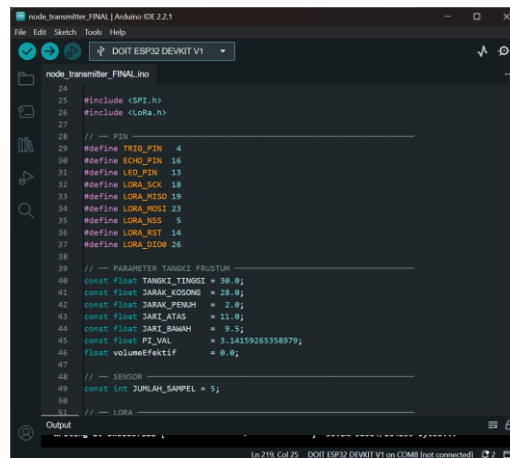
4.2.1 Pembuatan Program pada Arduino IDE

Program dibuat menggunakan aplikasi Arduino IDE dengan *board* ESP32. Sebelum program diunggah ke ESP32, dilakukan pengaturan *board* dan *port* pada Arduino IDE. *Library* yang dibutuhkan juga ditambahkan agar ESP32 dapat membaca sensor, menggunakan komunikasi LoRa, terhubung ke *Wi-Fi*, dan mengirim data ke Telegram maupun Google Spreadsheet.

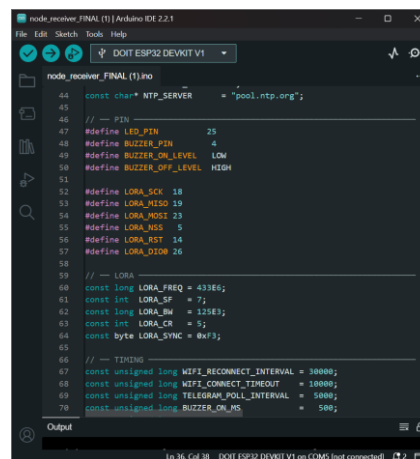
Tahapan awal pembuatan program pada Arduino IDE adalah sebagai berikut:

1. Membuka aplikasi Arduino IDE.
2. Menginstal *board* ESP32 melalui *Boards Manager*.
3. Memilih *board* ESP32 pada menu Tools > *Board*.
4. Memilih *port* ESP32 pada menu Tools > *Port*.
5. Menambahkan *library* yang dibutuhkan.
6. Membuat program node *transmitter* dan node *receiver*.
7. Melakukan *verify* untuk memeriksa kesalahan program.
8. Mengunggah program ke masing-masing ESP32.
9. Mengecek hasil awal melalui Serial Monitor

Program node *transmitter* berisi deklarasi pin sensor ultrasonik HC-SR04, pin modul LoRa SX1278, serta variabel yang digunakan untuk menghitung jarak, tinggi cairan, volume, persentase, dan status level tangki. Setelah data dihitung, ESP32 *transmitter* mengirimkan data tersebut ke node *receiver* menggunakan komunikasi LoRa.

Gambar 4-10 Deklarasi Pin Node *Transmitter*

Program node *receiver* berisi deklarasi pin LoRa SX1278, LED, *buzzer*, serta konfigurasi *Wi-Fi*, Telegram, dan Google Spreadsheet. Data yang diterima dari node *transmitter* diproses oleh ESP32 *receiver* untuk memisahkan data yang diterima. Status yang telah dihitung pada node *transmitter* kemudian digunakan untuk mengaktifkan indikator lokal dan meneruskan data monitoring sesuai program. Setelah itu, sistem akan mengaktifkan indikator lokal dan mengirimkan data monitoring sesuai program yang dibuat.

Gambar 4-11 Deklarasi Pin Node *Receiver*

4.2.2 Menghubungkan dengan platform Telegram

Telegram digunakan sebagai media notifikasi jarak jauh pada sistem monitoring level tangki solar. Agar ESP32 *receiver* dapat mengirim pesan ke Telegram, diperlukan bot Telegram yang dibuat melalui BotFather.

Tahapan menghubungkan sistem dengan Telegram adalah sebagai berikut:

1. Membuka aplikasi Telegram.
2. Mencari akun BotFather.
3. Membuat bot baru menggunakan perintah `/newbot`.
4. Memberikan nama dan username untuk bot Telegram.
5. Menyimpan token bot yang diberikan oleh BotFather.
6. Mencari chat ID pengguna.
7. Memasukkan token bot dan chat ID ke dalam program ESP32 *receiver*.
8. Menghubungkan ESP32 *receiver* ke jaringan *Wi-Fi*.
9. Menguji pengiriman pesan dari ESP32 *receiver* ke Telegram.

Pada sistem ini, pengiriman pesan Telegram dilakukan oleh node *receiver* karena node ini terhubung dengan jaringan *Wi-Fi*. Node *transmitter* hanya membaca sensor dan mengirimkan data ke node *receiver* melalui LoRa.

4.2.3 Menghubungkan dengan Google Spreadsheet

Google Spreadsheet digunakan sebagai media penyimpanan data hasil monitoring. Data yang disimpan meliputi waktu, jarak sensor, tinggi cairan, volume, persentase level, status tangki, dan nilai RSSI LoRa.

Pengiriman data dari ESP32 *receiver* ke Google Spreadsheet dilakukan menggunakan Google Apps Script. Google Apps Script dibuat sebagai *Web App* yang menerima data dari ESP32 *receiver*, kemudian memasukkan data tersebut ke dalam tabel Google Spreadsheet.

Tahapan menghubungkan sistem dengan Google Spreadsheet adalah sebagai berikut:

1. Membuat file Google Spreadsheet baru.
2. Membuat kolom data sesuai kebutuhan sistem.
3. Membuka menu Extensions > Apps Script.
4. Membuat script untuk menerima data dari ESP32 *receiver*.
5. Menyimpan dan menjalankan script.
6. Melakukan *deployment* sebagai *Web App*.
7. Mengatur akses *Web App* agar dapat menerima data dari ESP32.

8. Menyalin URL *Web App*.
 9. Memasukkan URL *Web App* ke dalam program ESP32 *receiver*.
 10. Menguji pengiriman data dari ESP32 *receiver* ke Google Spreadsheet.
- Data dikirim setelah node *receiver* berhasil menerima data dari node *transmitter*. Dengan adanya Google Spreadsheet, hasil monitoring dapat tersimpan otomatis dan digunakan sebagai data pengujian sistem.