

BAB IV

PEMBUATAN ALAT

4.1 Gambaran Umum

Bab ini menjelaskan tahapan pembuatan alat mulai dari persiapan alat dan bahan, proses pembuatan mekanik kandang, pemasangan rangkaian elektronika, hingga integrasi perangkat lunak pada mikrokontroler ESP32. Tahap pembuatan dilakukan untuk merealisasikan kandang DOC yang mampu melakukan pemantauan parameter utama, yaitu waktu, suhu, kelembapan, dan berat. Seluruh tahapan disusun agar alat yang dihasilkan aman digunakan, mudah dirawat, dan mampu bekerja stabil pada lingkungan kandang yang memiliki getaran, debu, serta fluktuasi suhu akibat pemanas.

Secara garis besar, alur pembuatan alat mencakup penyusunan rancangan fisik kandang dan tata letak komponen, pembuatan rangka dan panel kandang berbahan kayu, pembuatan platform timbangan berbasis 4 load cell, pemasangan catu daya dan modul-modul sensor, pengujian sambungan listrik (continuity dan tegangan), serta pemrograman ESP32, uji tampilan LCD, dan uji kalibrasi timbangan.

4.2 Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan pada proses pembuatan meliputi peralatan pemotongan, perakitan, dan pengukuran. Daftar alat yang digunakan ditunjukkan pada table berikut.

Tabel 4. 1 Daftar Alat yang Digunakan

No	Nama Alat	Jumlah
1	Bor listrik	1
2	Gerinda	1
3	Amplas	Secukupnya
4	Mata bor	1 set

No	Nama Alat	Jumlah
5	Tang potong	1
6	Tang cucut	1
7	Tang kombinasi	1
8	Obeng (+)	1
9	Obeng (-)	1
10	Sekrup	Secukupnya
11	Mur + baut	Secukupnya
12	Spacer	Secukupnya
13	Multimeter	1

Bor listrik dan mata bor digunakan untuk membuat lubang pemasangan engsel, gagang pintu, slot pengunci, serta dudukan komponen elektronik. Gerinda dan amplas berfungsi merapikan tepi dan permukaan kayu sehingga tidak terdapat serpihan tajam. Tang potong, tang cucut, dan tang kombinasi dipakai untuk pekerjaan kabel, sedangkan obeng digunakan untuk pemasangan sekrup. Multimeter menjadi alat penting untuk memverifikasi tegangan keluaran power supply dan LM2596, memastikan polaritas benar, serta memastikan jalur GND tersambung baik sebelum sistem dinyalakan penuh.

Bahan yang digunakan terdiri dari bahan mekanik, bahan elektrikal, dan komponen elektronik. Bahan mekanik mencakup papan kayu dan aksesoris (engsel, gagang, slot), sedangkan bahan elektrikal mencakup kabel dan box pelindung. Komponen elektronik mencakup mikrokontroler ESP32, sensor suhu-kelembapan, RTC, LCD, serta rangkaian timbangan (HX711 dan load cell). Daftar bahan ditunjukkan pada tabel berikut.

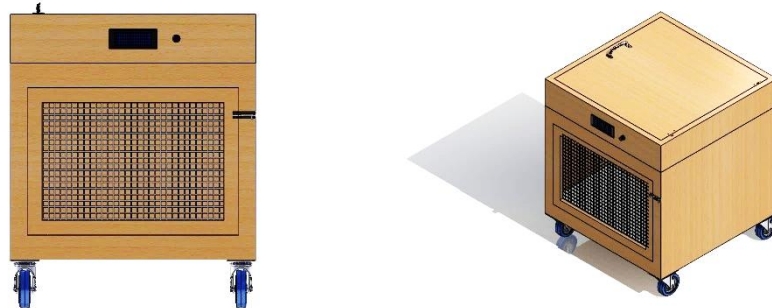
Tabel 4. 2 Daftar Bahan yang Digunakan

No	Nama Bahan	Jumlah
1	Papan Kayu Melamin 50×45	1
2	Papan Kayu Jati Belanda 50×50 cm	6

No	Nama Bahan	Jumlah
3	Papan Kayu Jati Belanda 50×2 cm	2
4	Papan Kayu Jati Belanda 50×10 cm	2
5	Papan Kayu Jati Belanda 50×25 cm	1
6	Jaring lembut	1×1 m
7	Gagang pintu	2
8	Slot pintu	2
9	Engsel	4
10	Fitting	1
11	Lampu pijar 40 W	1
12	ESP32 Devkit V1 30 pin	1
13	DHT22	1
14	RTC DS3231	1
15	HX711	1
16	Load cell 50 kg 3 kabel	4
17	LCD I2C 20×4	1
18	LM2596	1
19	ESP32 Expansion Board	1
20	Power supply 12 V 5 A	1
21	Modul dimmer AC	1
22	Box plastik hitam (X2)	1
23	Kabel NYM	2 m
24	Kabel jumper	Secukupnya

Pemilihan lampu pijar 40 W sebagai pemanas mempertimbangkan kemudahan diperoleh, kemampuan menghasilkan panas, serta kemudahan pengaturan intensitas menggunakan dimmer AC. Pada sisi pengukuran berat, digunakan 4 load cell agar platform timbangan lebih stabil terhadap distribusi beban (DOC tidak selalu diam di tengah), sehingga pembacaan lebih representatif untuk kondisi nyata kandang.

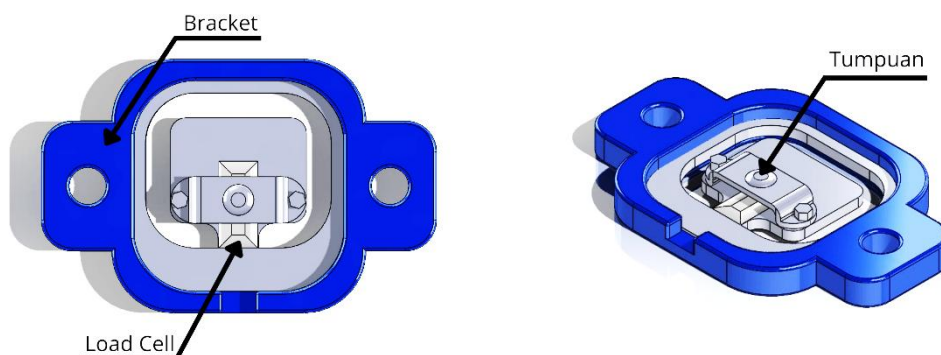
4.3 Pembuatan Desain Kandang



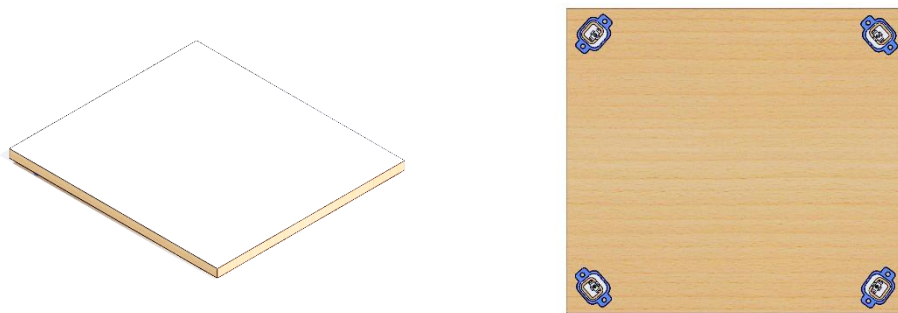
Gambar 4. 1 Desain 3D Tugas Akhir

Tahap desain bertujuan menentukan bentuk kandang, tata letak komponen, dan jalur instalasi kabel agar sistem mudah dioperasikan dan aman. Pada tahap ini dilakukan penentuan lokasi pintu, ventilasi, area pemanas, posisi sensor, serta posisi display LCD. Pertimbangan utama dalam desain adalah kebutuhan akses pengguna, kenyamanan DOC, keamanan instalasi listrik, dan kemudahan perawatan.

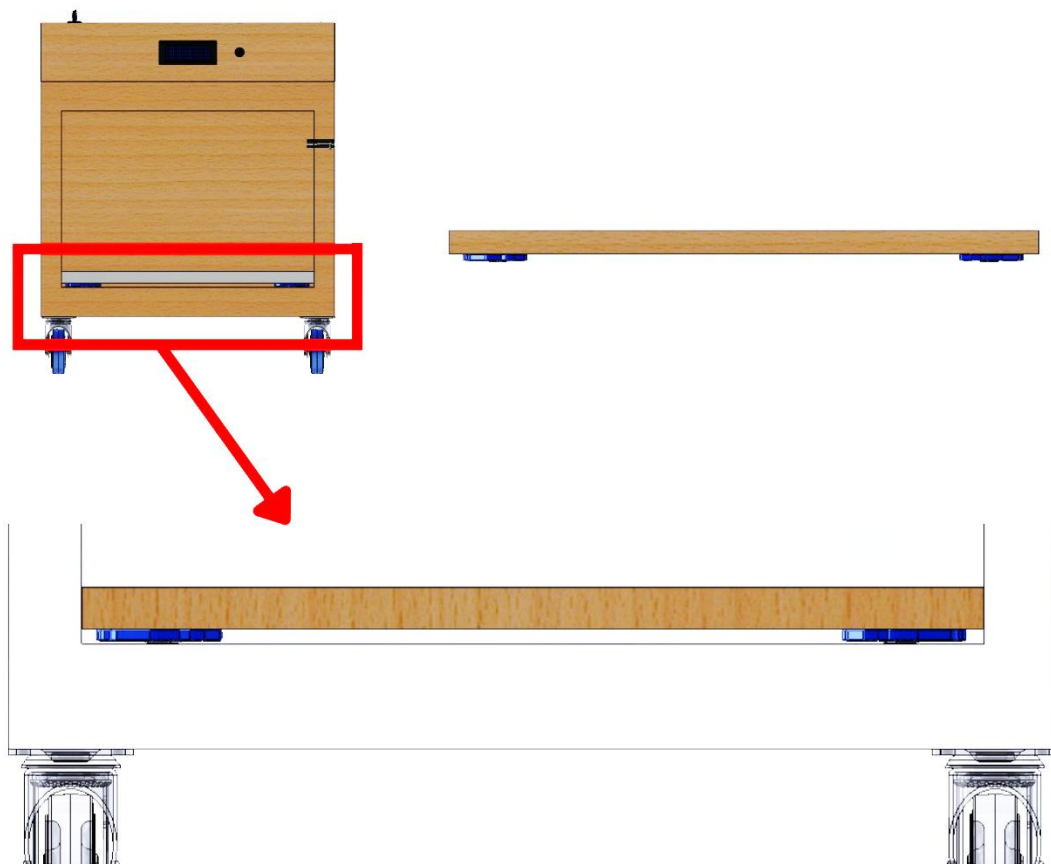
Beberapa prinsip desain yang diterapkan adalah LCD ditempatkan pada bagian luar agar parameter mudah dipantau tanpa membuka kandang, sensor DHT ditempatkan pada posisi yang tidak terlalu dekat pemanas agar pembacaan suhu tidak bias, serta terlindungi dari aktivitas anak ayam, modul dan koneksi kabel ditempatkan dalam box agar tidak terkena kotoran/air dan platform timbangan dibuat kokoh dan rata untuk mengurangi error posisi serta fluktuasi pembacaan



Gambar 4. 2 Load Cell dan Bracketnya



Gambar 4. 3 Tampak Atas dan Bawah Timbangan



Gambar 4. 4 Posisi Timbangan pada Kandang

Setelah rancangan ditetapkan, dibuat rencana ukuran potongan kayu sesuai material yang tersedia. Tahap ini penting untuk meminimalkan kesalahan pemotongan dan mengurangi pemborosan material.

Tabel 4. 3 Spesifikasi Kandang Penelitian

Spesifikasi	Keterangan
Rangka Kandang Kayu Jati Belanda	54 × 54 × 50 cm
Dimensi Timbangan	50 × 45 × 2 cm
Dimensi dalam kandang	50 × 50 × 35 cm
Pintu dengan ventilasi jaring kawat halus	50 × 35 cm
Dimensi tempat komponen dan kelistrikan	50×50×10 cm
Penerangan	Lampu pijar 40 watt, dan terdapat modul dimmer ac untuk mengatur terang/redup
Daya Operasional (tanpa lampu)	± 10 watt
Tampilan monitoring	Layar LCD dan WebServer
Pembacaan Timbangan	0 – 200 kg

Fitur utama:

1. Menggunakan mikrokontroler ESP32 Devkit V1 yang mumpuni untuk projek IOT,
2. Sensor DHT22 untuk mendeteksi suhu dan kelembapan,
3. RTC DS3231 untuk menampilkan waktu terkini,
4. Terdapat LoadCell + HX711 untuk pembacaan massa dengan rentang 0 – 200 kg yang dapat dikalibrasi melalui WebServer,
5. Menggunakan lampu pijar 40 watt, serta modul dimmer ac untuk mengatur terang/redup,
6. Tampilan monitoring pada LCD ukuran 20×4 dan juga WebServer yang dapat dibuka melalui link dengan syarat perangkat harus tersambung dahulu pada hotspot ESP32.

4.4 Pembuatan Mekanik Kandang

Pembuatan mekanik meliputi proses pemotongan kayu, perakitan rangka, pemasangan pintu, pemasangan jaring ventilasi, pembuatan dudukan roda (jika digunakan), serta pembuatan platform timbangan. Tahap mekanik berpengaruh langsung terhadap keamanan DOC dan kestabilan sistem timbangan.



Gambar 4. 5 Bentuk Final Kandang

4.4.1 Pemotongan dan Persiapan Material



Gambar 4. 6 Pemotongan Kayu

Kayu dipotong sesuai rencana ukuran menggunakan alat potong yang tersedia. Setelah pemotongan, setiap sisi dan sudut diampelas agar halus. Langkah pengamplasan dilakukan untuk mengurangi risiko serpihan kayu yang dapat melukai DOC maupun pengguna saat perawatan.

4.4.2 Perakitan Rangka dan Panel



Gambar 4. 7 Rangka Kandang yang Sudah Jadi

Rangka disusun terlebih dahulu untuk memastikan bentuk kandang kokoh. Panel dinding kemudian dipasang pada rangka menggunakan sekrup. Pada proses perakitan, titik sambungan diperiksa ulang agar tidak ada kelonggaran yang dapat menyebabkan bunyi/gerakan saat kandang dipindahkan. Kekakuan rangka juga penting untuk menjaga platform timbangan tidak terpengaruh oleh deformasi rangka.

4.4.3 Pembuatan dan Pemasangan Pintu

Pintu dibuat pada sisi yang memudahkan akses pembersihan dan pemindahan DOC. Engsel dipasang pada posisi yang sejajar agar pintu dapat menutup rapat. Selanjutnya gagang pintu dan slot pengunci dipasang agar pintu mudah dioperasikan namun tetap aman (tidak mudah terbuka). Kerapatan pintu juga membantu menjaga stabilitas suhu di dalam kandang ketika pemanas digunakan.



Gambar 4. 8 Pintu Kandang

Ventilasi menggunakan jaring lembut dipasang pada area pintu untuk memastikan sirkulasi udara tetap baik. Pemasangan jaring dilakukan dengan memastikan jaring tidak longgar dan tidak memiliki ujung tajam yang dapat melukai DOC. Ventilasi diperlukan untuk menjaga kualitas udara dan mencegah kelembapan berlebih, namun tetap mempertahankan suhu brooding.

4.4.4 Pembuatan Platform Timbangan

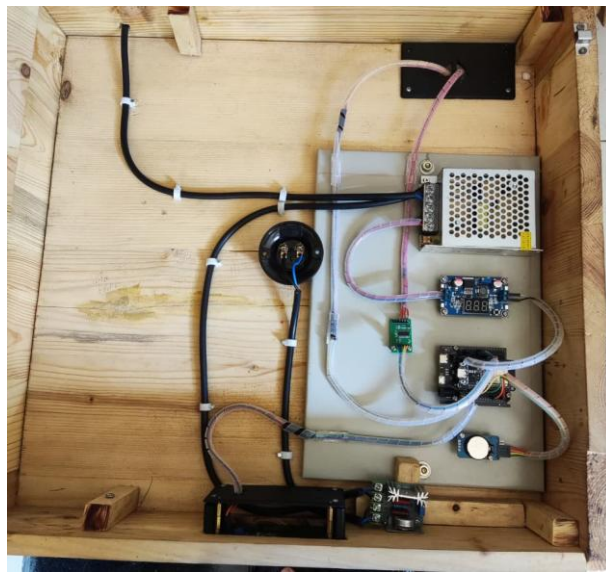
Platform timbangan dibuat sebagai alas tempat DOC berdiri/beraktivitas. Empat load cell dipasang pada titik tumpu (umumnya empat sudut) dengan orientasi dan ketinggian yang seragam. Keseragaman pemasangan penting untuk mengurangi error posisi (*corner error*). Selain itu, platform harus '*free-floating*' atau bebas gesekan dengan rangka kandang. Jika platform menyentuh rangka, sebagian beban dapat berpindah ke rangka sehingga pembacaan berat menjadi tidak akurat dan cenderung fluktuatif.



Gambar 4. 9 Platform Timbangan

Setelah platform selesai dipasang, dilakukan pengecekan mekanik dengan cara menekan beberapa titik platform (tengah dan sudut) untuk memastikan pergerakan platform tidak tersangkut dan kembali ke posisi semula. Tahap ini membantu mengurangi masalah nilai tidak kembali nol atau pembacaan yang 'nyangkut'.

4.5 Pemasangan Rangkaian pada Kandang



Gambar 4. 10 Rangkaian pada Kandang

Tahap pemasangan rangkaian dilakukan setelah mekanik kandang selesai. Rangkaian terdiri dari sistem catu daya, sistem sensor, sistem timbangan, tampilan LCD, dan sistem pemanas. Pemasangan dilakukan dengan prinsip keamanan: jalur AC dipisahkan dari jalur sensor, semua sambungan diberi isolasi memadai, dan modul ditempatkan dalam box pelindung.

4.5.1 Pemasangan dan Pengujian Catu Daya

Power supply 12 V 5 A digunakan sebagai sumber utama. Tegangan 12 V dialirkan ke LM2596 untuk diturunkan menjadi 5 V sebagai catu untuk ESP32 dan sensor. Sebelum rangkaian dihubungkan ke ESP32, keluaran LM2596 disetel dan dicek menggunakan multimeter hingga stabil di sekitar 5 V. Langkah ini penting karena tegangan berlebih dapat merusak ESP32 dan modul I2C.

Untuk meningkatkan keandalan, kabel GND dibuat common (satu referensi) untuk semua modul DC (ESP32, DHT, RTC, LCD, HX711). Jika GND tidak tersambung dengan baik, pembacaan sensor dapat menjadi NaN, I2C tidak terdeteksi, atau data HX711 tidak stabil.

4.5.2 Pemasangan ESP32 dan Periferal I2C

ESP32 Devkit V1 dipasang pada expansion board agar penomoran pin rapi dan mengurangi kesalahan wiring. Jalur I2C (SDA dan SCL) dihubungkan ke LCD I2C 20×4 dan RTC DS3231. Dengan I2C, kedua modul dapat berbagi dua jalur data yang sama sehingga instalasi lebih sederhana.

Setelah pemasangan, dilakukan uji I2C menggunakan I2C scanner untuk memastikan alamat modul terdeteksi. Jika modul tidak terdeteksi, maka akan dilakukan pengecekan yaitu memastikan SDA/SCL tidak tertukar, memastikan supply modul sesuai (5 V atau 3,3 V sesuai modul), memastikan GND terhubung, dan memastikan kabel tidak longgar.

4.5.3 Pemasangan Sensor DHT22

Sensor DHT22 dipasang pada posisi yang cukup representatif terhadap udara di dalam kandang. Pemasangan tidak terlalu dekat dengan lampu pijar agar pembacaan suhu tidak bias akibat radiasi panas langsung. Selain itu, sensor dipasang pada tempat yang terlindungi dari sentuhan langsung DOC dan tidak terkena percikan air/minum. Kabel sensor dibuat rapi dan diberi strain relief agar tidak mudah putus.

4.5.4 Pemasangan Sistem Timbangan (HX711 + 4 Load Cell)

Empat load cell 50 kg (3 kabel) dihubungkan ke modul HX711 menggunakan konfigurasi jembatan (bridge) sesuai spesifikasi modul. Hasil keluaran HX711 berupa data digital yang dikirim ke ESP32 melalui pin DT (data) dan SCK (clock). Penempatan HX711 disarankan sedekat mungkin dengan load cell untuk meminimalkan *noise* pada kabel, namun tetap ditempatkan di area yang terlindungi.



Gambar 4. 11 Pemasangan Sistem Timbangan

Pada tahap pemasangan ini dilakukan beberapa pengecekan penting yaitu memastikan polaritas supply HX711 benar, memastikan DT/SCK terhubung ke pin ESP32 sesuai program, mengikat kabel agar tidak bergerak (karena gerakan kabel dapat menimbulkan perubahan gaya kecil yang terbaca sebagai perubahan berat), dan memastikan platform timbangan tidak menyentuh rangka kandang.

4.5.5 Pemasangan LCD I2C 20×4

LCD I2C 20×4 dipasang pada panel luar kandang agar informasi mudah terbaca. LCD dihubungkan melalui jalur I2C yang sama dengan RTC. Setelah pemasangan, dilakukan uji tampilan (smoke test) untuk memastikan backlight menyala dan karakter tampil normal. Kontras LCD disetel melalui potensiometer pada modul I2C.

4.5.6 Pemasangan Pemanas (Lampu Pijar) dan Dimmer AC

Sistem pemanas menggunakan lampu pijar 40 W sebagai sumber panas. Modul dimmer AC dipasang pada jalur AC untuk mengatur intensitas lampu sehingga suhu kandang dapat dikendalikan. Jalur AC dipasang menggunakan kabel NYM dan sambungan diberi isolasi yang baik. Demi keamanan, modul AC ditempatkan pada box atau area tertutup agar tidak mudah tersentuh pengguna maupun terkena air.



Gambar 4. 12 Penempatan Lampu Pijar

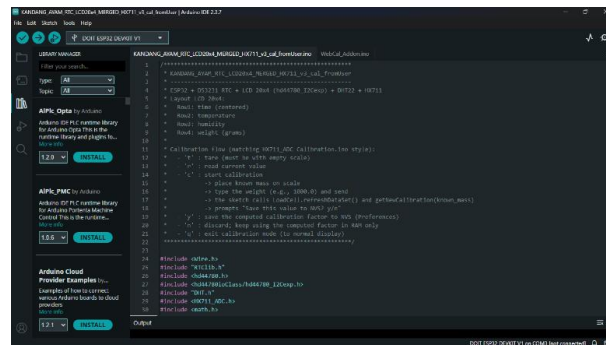
Pengujian pemanas dilakukan dengan menyalakan lampu pada intensitas rendah terlebih dahulu, kemudian dinaikkan secara bertahap. Pengamatan dilakukan dengan memantau kenaikan suhu dari sensor DHT serta memastikan tidak ada komponen elektronik DC yang panas berlebih akibat posisi terlalu dekat pemanas.

4.6 Pembuatan Perangkat Lunak (Software)

Perangkat lunak dibuat menggunakan Arduino IDE untuk memprogram ESP32 agar seluruh modul terintegrasi. Program mengatur proses inisialisasi, pembacaan sensor, pengolahan data sederhana, serta tampilan pada LCD. Selain itu, program menyediakan fitur kalibrasi timbangan melalui Web Server agar faktor kalibrasi dapat diatur tanpa mengubah nilai secara manual di dalam kode.

4.6.1 Instalasi Board dan Library

Langkah awal adalah memastikan Arduino IDE telah terinstal dan board ESP32 ditambahkan melalui Boards Manager (ESP32 by Espressif Systems). Selanjutnya diinstal library yang diperlukan, antara lain: RTCLib (RTC DS3231), DHT sensor library (DHT22), hd44780 (LCD I2C 20×4), HX711_ADC (pembacaan HX711 dan prosedur kalibrasi), serta Preferences (penyimpanan parameter kalibrasi pada memori non-volatile ESP32).



Gambar 4. 13 Tampilan Arduino IDE

4.6.2 Alur Program Sistem

Secara umum alur program adalah: (1) inisialisasi komunikasi I2C dan LCD, (2) inisialisasi RTC dan memastikan jam valid, (3) inisialisasi sensor DHT, (4) inisialisasi HX711 serta melakukan tare awal (mengosongkan timbangan), (5) membaca data sensor secara periodik, (6) menampilkan data pada LCD dengan format yang rapi, dan (7) melayani perintah Serial untuk kalibrasi (tare, baca nilai, hitung faktor kalibrasi, dan simpan). Tampilan data monitoring dan kalibrasi juga terdapat pada web yang bisa diakses pada <http://192.168.4.1> dengan syarat perangkat yang digunakan telah tersambung dengan Hotspot WiFi milik ESP32, yaitu dengan SSID “KandangDOC” dan password “12345678”. Berikut adalah tampilan web pada perangkat smartphone:



Gambar 4. 14 Tampilan Web Monitoring dan Kalibrasi

4.6.3 Prosedur Kalibrasi Timbangan

Kalibrasi dilakukan untuk mengubah pembacaan mentah HX711 menjadi satuan gram. Berikut adalah prosedur kalibrasi timbangan:

1. pastikan platform kosong,



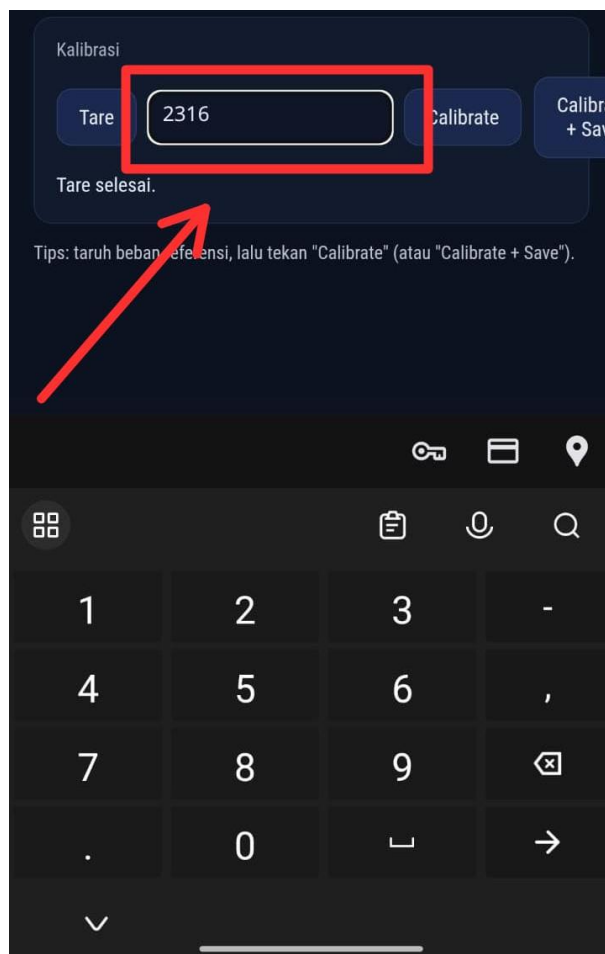
2. masuk WebServer, lalu lakukan tare,



3. letakkan beban referensi (misal pada foto dibawah ini 2316 g),



4. masukkan nilai beban referensi, kemudian sistem menghitung faktor kalibrasi baru,



5. dan simpan faktor kalibrasi ke memori (Preferences) agar nilai tetap tersimpan meskipun ESP32 restart.



6. tampilan hasil setelah kalibrasi.



Setelah kalibrasi, dilakukan verifikasi dengan beberapa beban lain untuk memastikan hasil sesuai.