

Perancangan Sistem Monitoring Budidaya Lebah Berbasis IoT

1st Fauzul Haqi Siregar
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

fauzulhaqi@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Casi Setianingsih,
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

setiacasie@telkomuniversity.ac.id

3rd Randy Erfa Saputra,
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

rasaputra@telkomuniversity.ac.id

Abstrak—Lebah adalah serangga sosial yang hidup dalam koloni dan memiliki manfaat penting bagi manusia, antara lain dalam proses penyerbukan tanaman dan produksi madu. Kandang lebah modern perlu memperhatikan faktor suhu dan kelembapan udara sekitar agar dapat menjaga kehidupan koloni lebah. Saat ini, peternakan lebah masih melakukan kunjungan rutin untuk memantau kondisi kandang lebah, tetapi pemeriksaan fisik dapat mempengaruhi umur lebah, menimbulkan stres pada lebah, dan mengganggu produktivitas koloni.

Sistem monitoring dibuat untuk memudahkan peternak lebah memonitor kondisi kandang lebah dan mengontrol rutinitas lebah serta menentukan waktu panen dengan cara yang lebih mudah dan dapat dilakukan dari jarak jauh.

Sistem monitoring lebah madu berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan mikrokontroler ESP32 yang berfungsi sebagai kontrol utama untuk menjalankan tiga macam sensor, yaitu sensor DHT22 untuk suhu dan kelembapan dengan akurasi 98,31% dan 95,12%, sensor Load Cell untuk berat kandang dengan akurasi 99,68%, dan sensor suara KY-037 yang tidak dapat mengukur kebisingan dikarenakan pembacaan analog pada ESP32 mendapatkan nilai akurasi sebesar 18,27% untuk kondisi hening, untuk kondisi sedang sebesar 18,77% dan 20,02% pada kondisi berisik. Sistem ini berhasil menampilkan data sensor pada aplikasi Blynk dengan ping rata-rata 2 ms.

Kata Kunci: berat, kebisingan, kelembapan, Internet of Things, suhu.

I. PENDAHULUAN

Kehidupan manusia saat ini tidak terlepas dari pesatnya kemajuan teknologi. Dengan berkembangnya zaman kehidupan manusia, penggunaan teknologi dalam kehidupan sehari-hari menjadi semakin penting. Teknologi dibutuhkan dalam berbagai bidang seperti kesehatan, pendidikan dan bisnis. Teknologi membuat tugas manusia yang sulit menjadi lebih mudah.

Peternakan lebah saat ini dilakukan secara manual, memerlukan kunjungan rutin untuk memantau sarangnya yang dapat mempengaruhi umur lebah, membuat mereka stres, dan mempengaruhi produktivitas mereka. Oleh karena itu, penting untuk memantau sarang, aktivitas terbang, suasana koloni, dan kesehatan keluarga lebah dari jarak jauh. Ada dua jenis lebah madu yang banyak ditenak di Indonesia, yaitu *Apis mellifera* dan *Trigona* sp yang dapat menghasilkan produk dengan banyak manfaat untuk kesehatan manusia.

Lebah madu menghasilkan madu yang dibuat dari nektar sewaktu musim tumbuhan berbunga. Sewaktu nektar dikumpulkan oleh pekerja dari bunga, bahan tersebut masih mengandung air tinggi dan juga sukrosa tinggi. Pakan lebah

yang penting adalah nektar yang dihasilkan tanaman. Nektar merupakan hasil sekresi yang manis dari tanaman dan bahan utama penyusun madu. Nektar terdapat pada bagian petal, sepal, stamen dan stigma.

Indikator yang digunakan untuk pemantauan sarang lebah adalah pengontrolan suhu dan kelembapan sarang lebah yang didukung oleh energi matahari. Indikator-indikator tersebut harus dikontrol dan dipantau agar memberikan lingkungan yang terbaik untuk lebah.

II. KAJIAN TEORI

A. Internet of Things (IoT)

Internet of Things (IoT) adalah teknologi yang memberikan kecerdasan pada perangkat elektronik dan menghubungkannya untuk berbagi informasi dan memberi makan sistem yang lebih besar untuk membantu pengambilan keputusan yang lebih tepat. IoT menciptakan jaringan perangkat elektronik yang terhubung dan objek yang mengumpulkan data di lingkungan, menganalisis data dan memulai tindakan berdasarkan informasi yang diperoleh. Para peneliti berharap dapat menghubungkan semakin banyak perangkat dan objek sehari-hari di sekitar kita ke internet melalui IoT untuk meningkatkan kualitas hidup. [1].

Di sisi lain, C-IoT adalah singkatan dari *Collaborative Internet of Thing* dan secara cerdas mewakili koneksi dari solusi 2 titik ke solusi 3 titik. Dalam bentuknya yang paling sederhana, model C-IoT terdiri dari sensor, *gateway*, dan layanan. Koleksinya mencakup apa yang dianggap penting, dan *gateway* menambahkan kecerdasan dan konektivitas ke tindakan yang dilakukan di tingkat lokal, atau mendorong informasi ke tingkat *cloud*. Layanan, di sisi lain, mengumpulkan informasi, memproses, menganalisis, dan mengembangkannya untuk meningkatkan kehidupan dan operasi bisnis [2].

B. Lebah Madu

Lebah dikenal sebagai serangga penghasil madu yang telah dikenal manusia sejak lama. Agar lebah dapat menghasilkan madu dengan baik, beberapa faktor yang harus diperhatikan seperti kondisi suhu dan kelembapan di dalam sarang lebah. Petani di beberapa daerah umumnya memelihara lebah madu untuk dijual atau produksi massal. [3].

Lebah juga memainkan peran penting dalam penyerbukan bunga yang mereka tempati. Madu dari tumbuhan dikonsumsi oleh lebah dan digunakan untuk membuat sarang ayam. Madu yang kita nikmati berasal dari lebah tempat koloni lebah berkembang biak. Indonesia termasuk wilayah yang memiliki udara subtropis, sangat

ideal sebagai tempat pengembangbiakkan dan membudidayakan lebah. Ratarata suhu udara di negara kita antara 26-30 °C, Suhu udara sekitar 26 °C, merupakan temperatur yang ideal yang disukai lebah[4].

Koloni lebah madu mempunyai cara-cara yang unik untuk mempertahankan temperatur dalam sarangnya. Khusus untuk daerah tetasan (*broad area*) harus dijaga agar tetap pada suhu 33-36 °C. Bila suhu turun langkah pertama yang dilakukan adalah membentuk kelompok baris-padat (*cluster*). Semakin rendah suhu maka kelompok semakin dirapatkan. Kelompok padat biasanya dibentuk apabila suhu lingkungan berkisar 14-18 °C[5].

Oleh karena itu, kita perlu mempelajari cara membudidayakan atau membudidayakan lebah yang benar agar lebah yang kita tanam lestari. Untuk menjaga lebah tetap lestari saat memanen madu langsung dari sarangnya. Jenis lebah madu yang baik untuk dibudidayakan yaitu sebagai berikut:

1. Lebah *Apis Cerana*, yang merupakan spesies lebah dari wilayah daratan Asia, menyebar hingga Cina, Jepang, Vietnam, Thailand, dan Myanmar



GAMBAR 1
Lebah *Apis Cerana*

2. Lebah *Apis Dorsata*, yang merupakan lebah terbesar dari spesies lainnya, habitat aslinya hampir tersebar diseluruh wilayah Indonesia, Malaysia, Singapura hingga Philipina.



GAMBAR 2
Lebah *Apis Dorsata*

3. Lebah *Apis Florea*, merupakan lebah dengan ukuran terkecil, habitatnya tersebar di wilayah Jazirah Arab, India, Pakistan, Bangladesh sampai Indonesia. di Indonesia lebah florea sering dikenal dengan nama tawon klanceng.



GAMBAR 3
Lebah *Apis Florea*

4. Lebah *Apis Mellifera*, spesies ini menyebar di wilayah daratan Eropa diantaranya Britania Raya, Perancis, Italia, Yunani dan beberapa negara sekitar Mediterania.

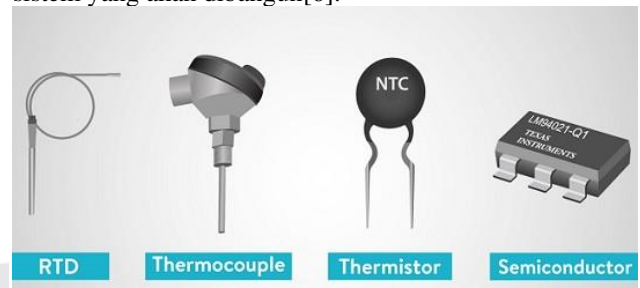


GAMBAR 4
Lebah *Apis Mellifera*

Hasil panen lebah adalah cairan madu, sisa sarang lebah, larva lebah yang sangat efektif untuk meningkatkan stamina. Tanaman yang diperoleh dari budidaya lebah madu ada yang berupa *pollen* dan *royal jelly* selain madu.

C. Sensor Suhu

Sensor suhu banyak digunakan dalam berbagai bidang seperti industri, pertanian, pendidikan, dll. Dalam bidang industri, pengendalian dan pemantauan suhu sangat penting karena dapat mempengaruhi kelangsungan produksi. Contoh produksi yang memerlukan pengendalian dan pemantauan suhu adalah produksi listrik, produksi semen, proses peleburan logam, produksi pupuk, dll. Penggunaan sensor suhu untuk implementasi sederhana seperti pengendalian suhu ruangan, pengendalian suhu pada produksi jamur tiram, pengendalian suhu pada proses inkubasi dan aplikasi lainnya menuntut pemilihan sensor yang tepat untuk digunakan pada sistem yang akan dibangun[6].



GAMBAR 5
Jenis Sensor Suhu

Sensor suhu dengan tingkat akurasi yang tinggi, harganya mahal, yang terutama disebabkan oleh prosedur kalibrasi dan pemangkasannya yang diperlukan. Selain itu, keakuratannya harus diperiksa secara teratur dan perawatan harus dilakukan selama aplikasi, misalnya, selama siklus termal atau beban mekanis yang berat, agar keakuratan yang diperlukan tetap ada dipertahankan[7].

D. Sensor Kelembapan

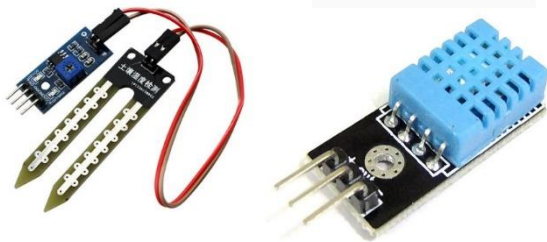
Sensor kelembapan konduktivitas termal mengukur kelembapan absolut dengan memanfaatkan perbedaan konduktivitas termal antara udara lembab dan udara kering. Sensor ini terdiri dari dua elemen thermistor, dan menghasilkan perbedaan resistansi yang sebanding dengan kelembapan absolut. Sensor ini digunakan dalam berbagai aplikasi seperti pada pakaian, oven microwave, dan oven injeksi uap, serta dalam berbagai industri seperti pengeringan

kayu, produk tekstil, industri kertas, dan kimia padat, farmasi, dan pengeringan makanan.

Secara umum, sensor kelembaban absolut menyediakan resolusi yang lebih besar pada temperatur $> 200^{\circ}\text{F}$ dibandingkan dengan sensor kelembaban resistif dan kapasitif; dan memungkinkan digunakannya sensor kelembaban absolut di dalam aplikasi dimana sensor kelembaban kapasitif dan sensor kelembaban resistif tidak dapat digunakan. Tingkat ketelitian sensor kelembaban absolut adalah sekitar $+3 \text{ g/m}^3$. Nilai ketelitian ini bila dikonversikan ke dalam kelembaban relatif adalah sekitar $+5\% \text{ RH}$ pada 40°C dan $+0.5\% \text{ RH}$ pada 100°C .

Penelitian telah dilakukan untuk mengembangkan sensor kelembaban yang sensitif, stabil, dan responsif, serta dapat bekerja pada kisaran kelembaban yang luas. Namun, sulit untuk menciptakan sensor kelembaban yang murah dan berkualitas tinggi, dan peneliti menghadapi tantangan dalam hal material dan teknik manufaktur. Polimer merupakan bahan yang paling menonjol karena mudah diendapkan dalam bentuk film tipis, relatif murah, dapat disesuaikan fungsinya, dan responsif secara cepat.[8]

Untuk memenuhi kebutuhan teknologi semikonduktor seperti deposisi film tipis, sputtering ion, dan deposisi keramik/silikon, dibutuhkan sensor kelembaban yang memiliki akurasi tinggi dan mampu menahan kontaminasi fisik dan kimia, tetapi juga ekonomis. Beberapa jenis sensor kelembaban yang umum digunakan antara lain sensor kelembaban relatif, sensor kelembaban kapasitif, dan sensor kelembaban.[9].



GAMBAR 6
Macam Sensor Kelembaban

E. Sensor Suara

Sensor suara bekerja berdasarkan besar/kecilnya kekuatan gelombang suara yang mengenai membran sensor yang menyebabkan bergeraknya membran sensor yang juga terdapat sebuah kumparan kecil dibalik membran tadi naik dan turun. Spesifikasi sensor ini adalah tegangan sumber 3.3 V sampai 5 V, fungsi yaitu mendeteksi intensitas bunyi dengan cepat, antarmuka analog, dan ukuran $22 \times 32 \text{ mm}$ ($0.87 \times 1.26 \text{ inch}$)[10]

Sensor pendeteksi suara memiliki dua output, yaitu Output analog (A0) adalah port output mikrofon waktu nyata. Port D0 menghasilkan sinyal tingkat tinggi dan rendah ketika volume suara mencapai ambang batas. Sensibilitas ambang batas dapat disesuaikan melalui potensiometer pada sensor[11].



GAMBAR 7
Sensor Suara KY-037

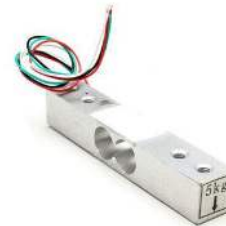
F. Sound Level Meter

Sound LevelMeter (SLM) adalah alat standar untuk mengukur intensitas kebisingan. Prinsip kerj alat tersebut adalah dengan mengukur tingkat tekanan bunyi. Tekanan bunyi adalah penyimpangan dalam tekanan atmosfer yang disebabkan oleh getaran partikel udara karena adanya gelombang yang dinyatakan sebagai amplitudo dari fluktuasi tekanan. SLM menunjukkan skala A, B, dan C yang merupakan skala pengukuran tiga jenis karakter respons frekuensi. Skala A merupakan skala yang paling mewakili batasan pendengaran manusia dan respons telinga terhadap kebisingan. Jadi dB (A) adalah satuan tingkat kebisingan dalam kelas A, yaitu kelas yang sesuai dengan respons telinga manusia normal, sedangkan kelas B pada tingkat kebisingan sedang dan C pada tingkat kebisingan tinggi.

Kebisingan akibat lalu lintas dan kebisingan yang dapat mengganggu pendengaran manusia termasuk dalam skala A yang dinyatakan dalam satuan dB(A). dB (A) adalah satuan tingkat kebisingan, diperoleh bila menggunakan alat ukur SLM pada filter pembobotan A, karena B dan C tidak mencerminkan hubungan yang sesuai dengan pengujian-pengujian subjektif dengan respons terhadap frekuensi SLM mendekati respons telinga[12].

G. Sensor Load Cell

Load cell adalah perangkat yang mengubah daya (massa dikalikan dengan gravitasi) menjadi sinyal listrik. Ini biasanya dilakukan dengan efek piezoelektrik atau pengukuran regangan. Bahan piezo adalah bahan yang menghasilkan tanda listrik kecil saat dipadatkan. Meskipun kristal piezo adalah yang paling populer, ada bahan referensi lain yang melakukan hal yang sama, misalnya keramik piezo[13].



GAMBAR 8
Strain Gauge Load Cell

Pengukur regangan adalah perangkat listrik yang terbuat dari bahan yang resistensinya berubah dengan regangan, biasanya dinyatakan sebagai puntiran. Ini digunakan dalam sel beban yang dirancang untuk mengarahkan cahaya dari tumpukan. Sebagian besar sel beban dirancang dengan susunan batang yang berputar di bawah beban, meskipun beberapa memanfaatkan ekspansi penampang yang disebabkan oleh tegangan longitudinal atau

aksial. Dalam kebanyakan kasus, ini menghasilkan hasil yang kurang lurus daripada tata letak melengkung, membuat perataan menjadi renungan. Pada titik di mana tumpukan ditempatkan sejajar dengan sel beban berbentuk tong, itu menciptakan tekanan atau ketegangan. Ini menyebabkan selip atau tekukan di tempat yang ditempatkan pada poros. Poros dapat digunakan dalam penyelesaian tunggal atau ganda. Komponen pilihan antara dua opsi tersebut mencakup persyaratan tambahan dan penyesuaian, serta pertimbangan biaya, keserbagunaan, dan pemeliharaan. Siapa pun yang memilih *load cell* harus selalu berhati-hati dalam hal kondisi kerja sehubungan dengan perlindungan terhadap erosi, keamanan kelistrikan, dan persyaratan selang.

Load cell yang disediakan untuk IC HX711 ini memiliki penjepit eksternal yang memungkinkan melihat ke dalam *load cell* untuk mengukur berat. Jika diperlukan perubahan pada *load cell*, bagian lain dapat dilakukan dengan menyambungkan speaker ke mikrokontroler, dan menggunakan konfigurasi kecil, estimasi berat yang benar dapat dibuat. Metode ini digunakan untuk membuat fitur kedekatan modern, kontrol ukuran, atau pembersihan. HX711 menggunakan koneksi kabel (*clock* dan *data*) untuk korespondensi. Pin GPIO dari setiap mikrokontroler harus dipetakan dan berbagai pustaka dikonfigurasi sedemikian rupa untuk mendukung pembacaan catatan HX711[13].



GAMBAR 9
HX711

H. LCD

Layar elektronik adalah komponen elektronik yang dirancang untuk menampilkan angka, huruf, atau simbol lainnya. LCD (*Liquid Crystal Display*) adalah salah satu tampilan elektronik yang paling umum digunakan. LCD terbuat dari logika CMOS. Itu tidak menghasilkan cahaya dan sebaliknya memantulkan cahaya sekitar terhadap cahaya depan atau mentransmisikan cahaya dari cahaya latar. Jumlah karakter yang dapat ditampilkan pada LCD tergantung pada spesifikasi LCD[14].

Pinout dari modul LCD paralel adalah sama. Mereka memiliki delapan pin data D0-D7. Saat menggunakan 4-pin (D4 hingga D7), ini disebut mode 4-pin, dan jika menggunakan semua, ini disebut mode 8-pin. Untuk alasan yang jelas, para insinyur menggunakan metode 4-pin. LCD memiliki pin, atau EN, untuk mengaktifkan tampilan. Pin RW biasanya digunakan untuk pengaturan baca/tulis. Pin VSS dan VDD masing-masing untuk ground dan + 5V. RS digunakan untuk memilih register. Lampu latar LED memiliki dua terminal, satu untuk anoda dan satu untuk katoda[15].



GAMBAR 10
LCD 16X2

I. ESP32

ESP32 adalah nama dari mikrokontroler yang dirancang oleh perusahaan yang berbasis di Shanghai, China yakni *Espressif Systems*. ESP32 menawarkan solusi jaringan WiFi yang mandiri sebagai jembatan dari mikrokontroler yang ada ke jaringan WiFi. ESP32 menggunakan prosesor *dual core* yang berjalan di instruksi Xtensa LX16[16].



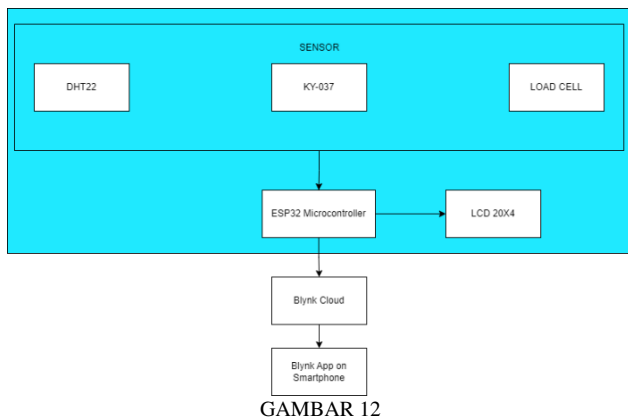
GAMBAR 11
ESP32

Platform ini dipilih oleh Institut Crokuner untuk konstruksi eksperimental pertama dari pusat pengukuran karena potensi yang cukup besar untuk pengembangan lebih lanjut. Ini adalah arsitektur baru dan modern dengan rasio daya positif terhadap kinerja. Ini penting untuk perangkat pengukuran bertenaga baterai kecil dan aplikasinya. Ada banyak kecepatan dan ruang penyimpanan untuk program dan data. Ada banyak periferal *onboard* (Wi-Fi 802.11 b/g/n/e/i 2.4GHz, SPI, I2C, I2S, UART, Ethernet), CAN2 support, PWM, A / D converter SAR, PWM untuk mesin. Keuntungan lain adalah bahwa perangkat keras yang sebenarnya sangat murah. Perangkat keras membutuhkan program pengukurannya sendiri. Alat pengembangan pemrograman milik *Open Source*[17].

III. METODE

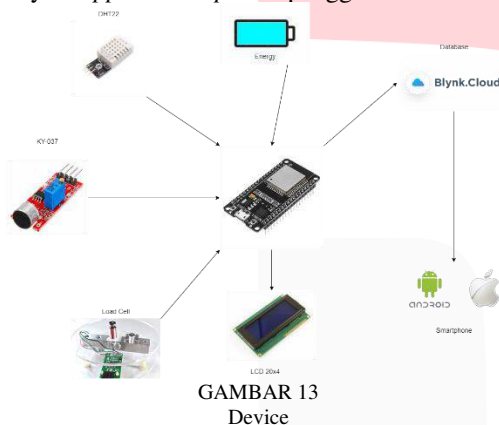
A. GAMBARAN UMUM SISTEM

Untuk mendapatkan data dari rumah lebah, sensor yang digunakan yaitu sensor DHT22 untuk suhu dan kelembapan, sensor KY-037 untuk kebisingan, serta *Load Cell* untuk mengetahui berat rumah lebah. Semua sensor akan di kontrol oleh ESP32 lalu data akan muncul dalam aplikasi Blynk.



GAMBAR 12
Gambaran Umum Sistem Keseluruhan

Sensor yang digunakan terdiri dari sensor DHT22, KY-037, dan *Load Cell*. Semua sensor akan di control oleh mikrokontroler ESP32 lalu data akan dikirim ke Blynk *Cloud*. Data yang diterima oleh Blynk *Cloud* akan muncul dalam Blynk *App* di *smartphone* pengguna.



GAMBAR 13
Device

Pada **gambar 14** *device* yang akan dibuat terdiri dari 4 buah sensor. Setiap sensor yang menempel pada rumah lebah yaitu sensor DHT22 untuk mengukur suhu dan kelembapan dalam rumah lebah, sensor KY-037 untuk mengukur kebisingan sekitar rumah lebah, dan *Load Cell* untuk mengetahui berat rumah lebah.

Sensor akan dikontrol oleh ESP32 untuk memperoleh data yang didapatkan dari sensor – sensor tersebut. Setelah data terkumpul, data tersebut dikirimkan secara nirkabel ke dalam Blynk *Cloud* dengan menggunakan jaringan internet. Data yang sudah masuk ke dalam *cloud* akan ditampilkan pada *smartphone* pengguna. Data juga akan ditampilkan melalui LCD 20x4 melalui kabel jumper.

B. Analisis Kebutuhan Perangkat Lunak

Sistem ini membutuhkan dukungan dari perangkat lunak. Perangkat lunak ini diperlukan untuk mengolah program agar mendapatkan nilai pada sensor. Yang dibutuhkan oleh sistem ini antara lain sebagai berikut:

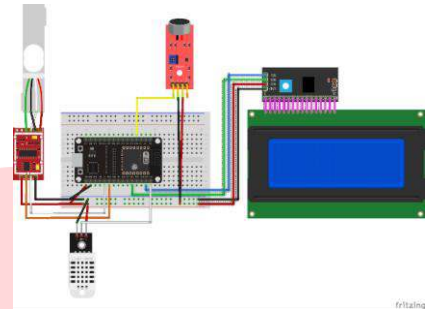
1. Sistem operasi Windows 10
2. Arduino IDE
3. Bahasa pemrograman C++

C. Analisis Kebutuhan Perangkat Keras

Perangkat keras yang digunakan terdiri dari mikrokontroler, sensor-sensor, dan tampilan. *Hardware* yang dalam perancangan ini yaitu:

1. ESP32 sebagai mikrokontroler.
2. DHT22 sebagai sensor pembacaan nilai suhu dan kelembapan
3. KY-037 sebagai sensor pembacaan nilai kebisingan
4. Load Cell HX711 sebagai sensor pembacaan nilai berat
5. LCD 20x4 I2C sebagai perangkat menampilkan hasil pembacaan semua nilai sensor.

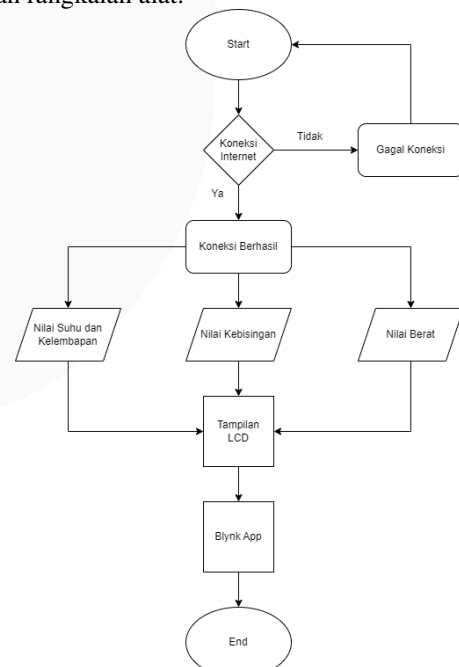
Seluruh perangkat keras dihubungkan menggunakan kabel jumper dengan rangkaian tertentu. Skema rangkaian terdapat pada gambar dibawah ini:



GAMBAR 14
Wiring Diagram

D. Flowchart Sistem

Flowchart monitoring budidaya lebah akan menjelaskan dan memberikan gambaran mengenai cara kerja sistem yang dibuat. Dimulai dari memberikan daya kepada ESP32, lalu ESP32 akan menghubungkan koneksi internet. Jika koneksi gagal, maka diperlukan menghidupkan ulang ESP32. Setelah koneksi berhasil, maka nilai dari sensor akan muncul pada LCD. Munculnya nilai pada LCD memberikan tanda bahwa koneksi berhasil. Semua nilai dari pembacaan setiap sensor akan tampil pada Blynk *App* sehingga pengguna dapat memulai monitoring kandang lebah yang sudah dipasangkan rangkaian alat.



GAMBAR 15
Flowchart Sistem

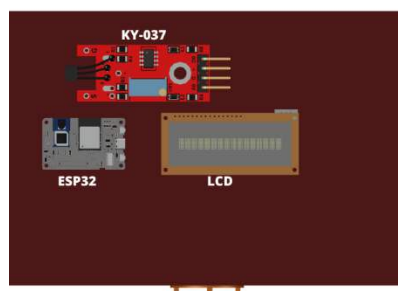
E. Perancangan Alat

Alat – alat yang terdiri dari ESP32, DHT22, KY-037, dan Load cell yang sudah dirangkai akan dipasangkan pada kandang lebah. Kandang lebah terbuat dari kayu

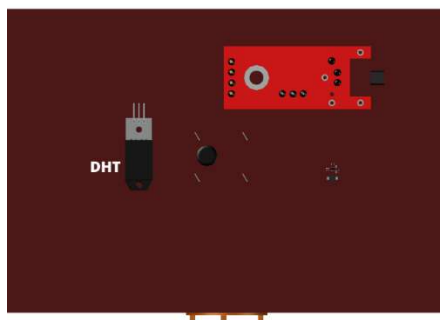
yang sudah kering. Kandang lebah berbentuk balok direncanakan dengan panjang kandang yaitu 48cm, lebar kandang sebesar 39cm, dan tinggi kandang sebesar 27cm. Kandang akan dibuat dengan tebal kayu ± 1 cm. Rangkaian ESP32, sensor suara KY-037 dan LCD akan dipasangkan pada sisi kanan kandang jika dilihat dari tampak depan kandang lebah. Untuk Sensor Load Cell diletakkan pada bagian bawah kandang untuk mengukur berat kandang lebah. Sedangkan untuk sensor DHT22 diletakkan pada bagian dalam kandang.



Gambar 16
Desain Tampak Depan Kandang



GAMBAR 17
Desain Tampak Kanan Kandang



GAMBAR 18
Desain Tampak Dalam Kandang

F. Perhitungan Nilai Akurasi

Sensor yang digunakan belum diketahui nilai akurasinya. Karena sensor diproduksi secara massal dari suatu pabrik. Maka dari itu sensor harus dikalibrasi dengan alat pembanding. Alat pembanding yang digunakan memiliki fungsi yang serupa dengan fungsi sensor sehingga didapatkan nilai akurasi sensor. Untuk mengetahui hasil nilai akurasi pada setiap sensor, dibutuhkan rumus pengolahan data. Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut.

$$\text{Error (\%)} = \frac{\text{nilai alat} - \text{nilai sensor}}{\text{nilai alat}} \times 100\% \quad (3.1)$$

$$\text{Rata Error (\%)} = \frac{\text{jumlah error (\%)}}{\text{jumlah pengujian}} \quad (3.2)$$

$$\text{Akurasi} = 100\% - \text{Rata Error (\%)} \quad (3.3)$$

Keterangan:

Error (%) = Nilai selisih perbandingan dalam persentase

nilai alat = Nilai yang didapatkan dari alat pembanding

nilai sensor = Nilai yang didapatkan dari sensor

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian dilakukan apabila rancangan sistem *hardware* dan *software* sudah selesai dikerjakan dan berhasil diimplementasikan. Pengujian berguna untuk mengetahui ketepatan pada perangkat yang digunakan untuk penelitian ini. Setelah proses perancangan selesai, maka dilakukan proses pengujian pada alat untuk mengetahui apakah alat buatan dapat digunakan dalam monitoring budidaya lebah dengan baik dan berjalan sesuai yang diharapkan. Pengujian alat dilakukan untuk mengetahui seberapa besar tingkat keberhasilan pada alat monitoring budidaya lebah.

A. Pengujian Alat

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui tingkat akurasi pada alat penelitian. Metode yang digunakan dengan cara membandingkan alat buatan dengan alat standar agar mengetahui tingkat keberhasilan pada perancangan alat buatan.

1. Pengujian DHT22

Pengujian antara sensor DHT22 dengan termometer ruangan dipengaruhi dengan faktor lingkungan dan cuaca, semakin dingin atau panasnya cuaca di lingkungan tersebut maka mempengaruhi sensor yang akan diuji.

TABEL 1
Perbandingan DHT22 dengan Termometer

No.	Nilai Alat		Nilai Sensor	
	Suhu (Celcius)	Kelembapan (RH)	Suhu (Celcius)	Kelembapan (RH)
1	26,40	76,00	25,20	89,40
2	25,80	75,00	25,20	89,20
3	25,60	75,00	25,10	88,90
4	25,50	76,00	25,10	88,90
5	25,40	77,00	25,00	88,70
6	25,40	77,00	25,00	89,40
7	25,30	77,00	25,00	89,00
8	25,30	78,00	25,00	89,20
9	25,20	78,00	24,90	89,30
10	25,20	78,00	24,90	89,40
11	25,10	78,00	24,90	89,60
12	25,20	78,00	24,90	89,90

Pada tabel 1 merupakan hasil nilai pembacaan dari sensor DHT22 dengan Termometer ruangan. Pengujian dilakukan dengan pengambilan data 5 menit sekali. Perhitungan yang digunakan untuk mencari tingkat akurasi pada sensor DHT22 jika dibandingkan dengan termometer ruangan.

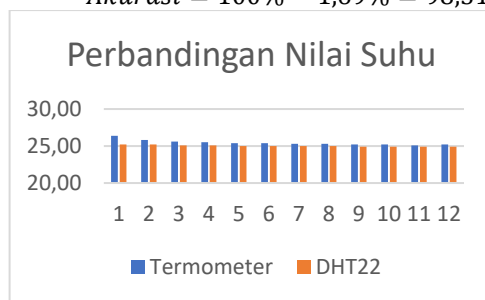
Untuk mengetahui tingkat akurasi suhu dari pembacaan sensor DHT22, maka dibuatlah tabel perbandingan menghitung uji akurasi suhu.

TABEL 2
Menghitung Uji Akurasi Suhu

No.	Termometer (Celcius)	DHT22 (Celcius)	Selisih	Error (%)
1	26,40	25,20	1,20	4,55%
2	25,80	25,20	0,60	2,33%
3	25,60	25,10	0,50	1,95%
4	25,50	25,10	0,40	1,57%
5	25,40	25,00	0,40	1,57%
6	25,40	25,00	0,40	1,57%
7	25,30	25,00	0,30	1,19%
8	25,30	25,00	0,30	1,19%
9	25,20	24,90	0,30	1,19%
10	25,20	24,90	0,30	1,19%
11	25,10	24,90	0,20	0,80%
12	25,20	24,90	0,30	1,19%
Total Error				20,28%
Rata-rata Error				1,69%

Pada tabel 2 merupakan pengujian akurasi nilai suhu menggunakan rumus uji akurasi pengolahan data. Kemudian didapatkan tingkat akurasi pada perhitungan berikut:

$$\text{Akurasi} = 100\% - 1,69\% = 98,31\%$$



GAMBAR 19
Perbandingan Nilai Suhu

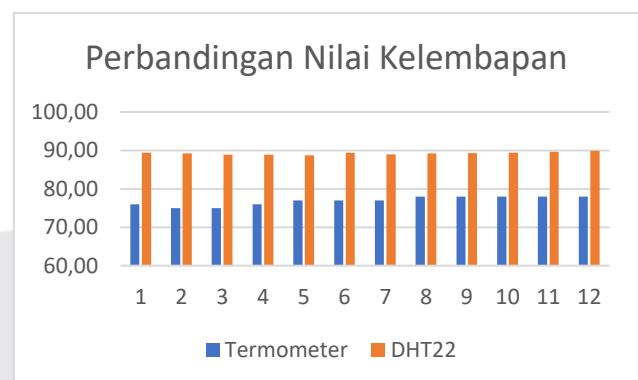
Untuk mengetahui tingkat akurasi kelembapan dari pembacaan sensor DHT22, maka dibuatlah tabel perbandingan menghitung uji akurasi kelembapan.

TABEL 3
Menghitung Uji Akurasi Kelembapan

No.	Termometer (RH)	DHT22 (RH)	Selisih	Error (%)
1	76,00	89,40	13,40	17,63%
2	75,00	89,20	14,20	18,93%
3	75,00	88,90	13,90	18,53%
4	76,00	88,90	12,90	16,97%
5	77,00	88,70	11,70	15,19%
6	77,00	89,40	12,40	16,10%
7	77,00	89,00	12,00	15,58%
8	78,00	89,20	11,20	14,36%
9	78,00	89,30	11,30	14,49%
10	78,00	89,40	11,40	14,62%
11	78,00	89,60	11,60	14,87%
12	78,00	89,90	11,90	15,26%
Total Error				192,54%
Rata-rata Error				16,05%

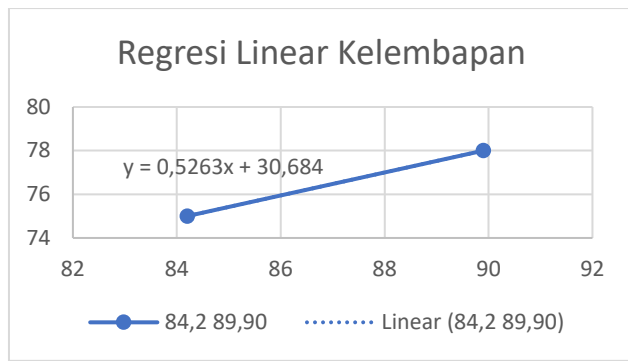
Pada tabel 3 merupakan pengujian akurasi nilai kelembapan menggunakan rumus uji akurasi pengolahan data. Kemudian didapatkan tingkat akurasi pada perhitungan berikut:

$$\text{Akurasi} = 100\% - 16,05\% = 83,95\%$$



GAMBAR 20
Perbandingan Nilai Kelembapan

Terdapat nilai *error* yang terlalu besar melebihi batas nilai toleransi sebesar 5% pada pengujian akurasi kelembapan. Maka dilakukan kalibrasi menggunakan metode persamaan regresi linear. Hasil regresi linear yang didapat yaitu $y = 0,5263x + 30,684$ dengan grafik seperti pada gambar 22.



GAMBAR 21
Regresi Linear Kelembapan

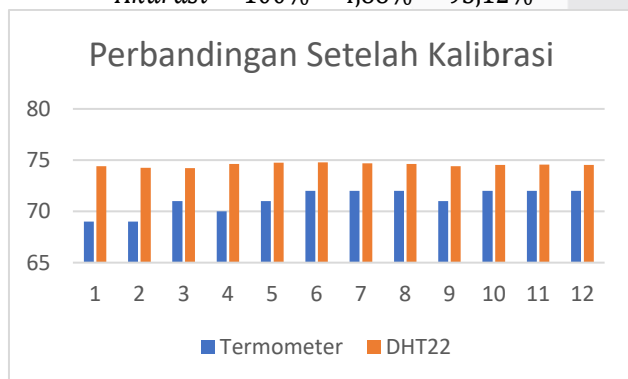
Setelah dilakukan kalibrasi menggunakan metode regresi linear, maka dilakukan pengujian ulang untuk mengetahui tingkat akurasi terbaru setelah kalibrasi.

TABEL 4
Hasil Uji Kalibrasi

No.	Termometer (RH)	DHT22 (RH)	Selisih	Error (%)
1	69	74,42	5,42	7,86%
2	69	74,26	5,26	7,62%
3	71	74,21	3,21	4,52%
4	70	74,63	4,63	6,61%
5	71	74,74	3,74	5,27%
6	72	74,79	2,79	3,88%
7	72	74,68	2,68	3,72%
8	72	74,63	2,63	3,65%
9	71	74,42	3,42	4,82%
10	72	74,52	2,52	3,50%
11	72	74,58	2,58	3,58%
12	72	74,52	2,52	3,50%
Total Error			58,53%	
Rata-rata Error			4,88%	

Pada tabel 4 merupakan pengujian akurasi nilai kelembapan setelah dilakukan kalibrasi menggunakan regresi linear dengan menggunakan rumus uji akurasi pengolahan data. Kemudian didapatkan tingkat akurasi pada perhitungan berikut:

$$\text{Akurasi} = 100\% - 4,88\% = 95,12\%$$



GAMBAR 22
Perbandingan Setelah Kalibrasi

2. Pengujian Load Cell

Dilakukan pengujian timbangan antara sensor load cell dengan timbangan yang sudah tersedia. Sebelumnya

sensor load cell sudah di kalibrasi menggunakan code calibration pada library modul HX711. Sehingga didapatkan nilai faktor kalibrasi sebagai berikut:

$$\text{calibration factor} = (\text{reading})/(\text{known weight})$$

$$\text{calibration factor} = 59110/127 = 465433$$

Setelah mendapatkan nilai faktor kalibrasi, maka nilai tersebut dimasukkan pada code load cell seperti berikut:

```
scale.begin(LOADCELL_DOUT_PIN, LOADCELL_SCK_PIN);
scale.set_scale(465.433);
scale.tare(); // reset the scale to 0
```

GAMBAR 23
Code Sensor Load Cell

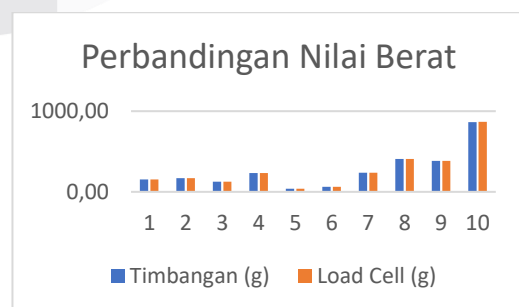
Pengujian dilakukan untuk mengetahui besar akurasi pada sensor load cell. Uji coba dilakukan sepuluh kali dengan massa benda yang berbeda – beda.

TABEL 5
Perbandingan Sensor Load Cell dengan Timbangan

No.	Timbangan (g)	Load Cell (g)	Selisih	Error (%)
1	152,00	152,60	0,60	0,39%
2	169,00	169,30	0,30	0,18%
3	127,00	127,00	0,00	0,00%
4	234,00	234,70	0,70	0,30%
5	40,00	40,50	0,50	1,25%
6	61,00	61,10	0,10	0,16%
7	236,00	236,20	0,20	0,08%
8	406,00	407,70	1,70	0,42%
9	383,00	382,70	0,30	0,08%
10	865,00	868,30	3,30	0,38%
Total Error			3,25%	
Rata-rata Error			0,32%	

Pada tabel 5 merupakan pengujian akurasi nilai berat benda antara sensor load cell dengan timbangan menggunakan rumus uji akurasi pengolahan data. Kemudian didapatkan tingkat akurasi pada perhitungan berikut:

$$\text{Akurasi} = 100\% - 0,32\% = 99,68\%$$



GAMBAR 24
Perbandingan Nilai Berat

3. Pengujian KY-037

Sebelum dilakukan pengujian, diketahui output dari sensor KY-037 berupa sinyal analog. Pengujian untuk sensor suara KY-037 menggunakan 2 mikrokontroler yang berbeda, yaitu ESP32 dan Arduino Uno untuk melakukan perbandingan nilai analog. Pengujian dilakukan dengan 3 kondisi berupa hening, sedang dan berisik. Setiap nilai kondisi dilihat pada nilai dB dari aplikasi Sound Meter pada *smartphone*. Maka didapatkan data seperti tabel dibawah ini.

TABEL 6
Pengujian Menggunakan ESP32 Kondisi Hening

No.	Tegangan (V)	Nilai Analog	Sound Meter (dB)
1	1,51	1875	58
2	1,50	1872	56
3	1,49	1852	60
4	1,52	1880	57
5	1,52	1880	58
6	1,51	1874	59
7	1,50	1872	58
8	1,52	1881	58
9	1,51	1875	60
10	1,51	1875	69
Rata-rata	1,51	1873,6	59,3

Tabel 7
Pengujian Menggunakan ESP32 Kondisi Sedang

No.	Tegangan (V)	Nilai Analog	Sound Meter (dB)
1	1,53	1887	77
2	1,52	1881	79
3	1,51	1874	90
4	1,52	1880	79
5	1,53	1888	80
6	1,51	1874	79
7	1,49	1853	81
8	1,52	1881	78
9	1,53	1887	78
10	1,54	1894	80
Rata-rata	1,52	1879,9	80,1

TABEL 8
Pengujian Menggunakan ESP32 Kondisi Berisik

No.	Tegangan (V)	Nilai Analog	Sound Meter (dB)
1	1,59	1968	88
2	1,56	1934	89
3	1,51	1874	87
4	1,59	1966	88
5	1,53	1888	89
6	1,59	1968	88
7	1,48	1850	87
8	1,52	1881	89
9	1,62	1986	88
10	1,54	1894	88
Rata-rata	1,55	1920,9	88,1

Nilai analog dalam membaca sensor KY-037 pada ESP32 memiliki rata-rata nilai 1873,6 atau 1,51V pada kondisi hening, 1879,9 atau 1,52V pada kondisi sedang, dan 1920,9 atau 1,55V pada kondisi berisik. Akan tetapi nilai keluaran analog dan voltase bergerak kurang konsisten. Pada suara hening dengan nilai analog terendah 1852 pada 1,49V, dan nilai analog tertinggi 1887 pada 1,53V. Hal ini dikarenakan ESP32 memiliki resolusi analog 12bit atau 4095.

Tabel 9
Pengujian Menggunakan Arduino Uno Kondisi Hening

No.	Tegangan (V)	Nilai Analog	Sound Meter (dB)
1	1,10	342	58
2	1,10	342	56
3	1,11	343	60
4	1,10	342	57
5	1,10	342	58
6	1,11	343	59
7	1,10	342	58
8	1,10	342	58
9	1,11	343	60
10	1,10	342	69
Rata-rata	1,10	342,3	59,3

TABEL 10
Pengujian Arduino Uno Kondisi Sedang

No.	Tegangan (V)	Nilai Analog	Sound Meter (dB)
1	1,13	350	77
2	1,15	357	79
3	1,14	342	90
4	1,14	352	79
5	1,16	361	80
6	1,13	350	79
7	1,15	357	81
8	1,15	357	78
9	1,16	361	78
10	1,10	342	80
Rata-rata	1,14	352,9	80,1

Tabel 11
Pengujian Menggunakan Arduino Uno Kondisi Berisik

No.	Tegangan (V)	Nilai Analog	Sound Meter (dB)
1	1,25	388	88
2	1,26	390	89
3	1,23	372	87
4	1,22	379	88
5	1,25	388	89
6	1,26	391	88
7	1,24	380	87
8	1,25	388	89
9	1,26	391	88
10	1,22	379	88
Rata-rata	1,24	384,6	88,1

Nilai analog pada Arduino UNO memiliki rata-rata 342,3 atau 1,103V pada kondisi hening, 352,9 atau 1,14V pada kondisi sedang, dan 384,6 atau 1,24V pada kondisi berisik. Nilai keluaran analog dari Arduino UNO memiliki hasil yang lebih konsisten. Pada suara 0% nilai ADC terendah sebesar 342 atau 1,10V dan tertinggi sebesar 343 atau 1,11V perbandingan voltase pada suara 0% menggunakan Arduino UNO sebesar 1. Hal ini terjadi karena Arduino Uno memiliki resolusi analog 10bit atau 1023.

Perbandingan dengan menggunakan aplikasi deteksi suara mengalami kenaikan sesuai dengan suara yang diberikan. Nilai rata-rata pada kondisi hening sebesar 59,3 dB, kondisi sedang sebesar 80,1 dB, dan kondisi berisik sebesar 88,1dB.

Setelah dilakukan uji perbandingan nilai analog pada ESP32 dan Arduino Uno, maka didapatkan nilai akurasi pada tabel dibawah ini.

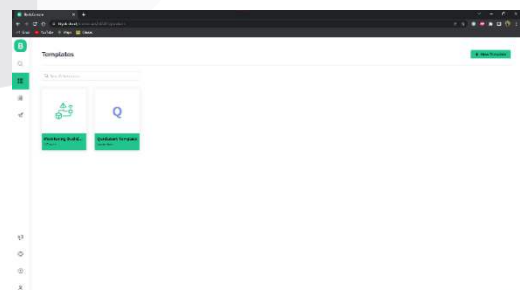
TABEL 12
Nilai Akurasi

Mikrokontroler	Kondisi		
	Hening	Sedang	Berisik
ESP32	1873,6	1879,9	1920,9
Arduino Uno	342,3	352,9	384,6
Selisih	1531,3	1527,0	1536,3
Error (%)	81,73%	81,23%	79,98%
Akurasi	18,27%	18,77%	20,02%

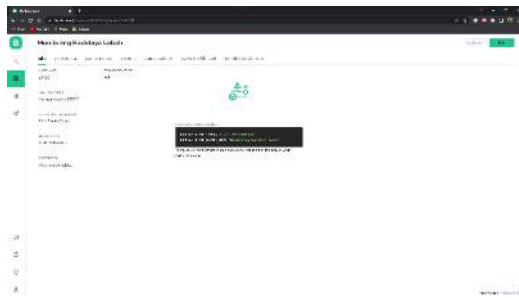
Pada tabel diatas menunjukan bahwa nilai analog pada ESP32 memiliki tingkat akurasi yang sangat rendah dibandingkan dengan Arduino Uno. Pada kondisi hening, ESP32 mendapat nilai akurasi sebesar 18,27%, pada kondisi sedang mendapat nilai akurasi sebesar 18,77%, dan pada kondisi berisik mendapatkan nilai akurasi sebesar 20,02%. Berdasarkan data ini, menunjukan bahwa pembacaan nilai analog pada ESP32 tidak seakurat dengan pembacaan nilai analog pada Arduino Uno.

B. Implementasi Basis Data

Basis penyimpanan data yang digunakan pada penelitian ini ada Blynk. Blynk sendiri merupakan perangkat lunak yang dapat digunakan dalam manajemen basis penyimpanan data ataupun layanan *Internet of Things* (IoT). Sebelum diakses melalui *smartphone*, *templates* akan dibuat dahulu melalui Blynk.Console. Setelah *templates* dibuat, selanjutnya memasukkan *firmware configuration* yang terdapat pada info ke Arduino IDE agar data sensor dapat dibaca oleh Blynk. Selain memerlukan *firmware configuration* agar dapat dapat membaca data sensor, diperlukan juga SSID Wi-Fi dan *password* Wi-Fi yang digunakan untuk mengupload *source code*. Data sensor yang terbaca akan dikirim ke dalam Blynk yang terletak pada bagian *templates* dengan nama *templates* yang sudah diberikan.



GAMBAR 25
Templates Blynk Console



GAMBAR 26
Firmware Configuration

Dalam kegiatan Monitoring Budidaya Lebah menggunakan aplikasi berbasis IOS. Dalam aplikasi Blynk pada IOS dapat menampilkan nilai suhu, kelembapan, dan juga berat kandang lebah. Untuk mengakses Blynk IoT pada *smartphone* dibutuhkan koneksi internet. Koneksi yang digunakan dapat berbeda dengan koneksi yang digunakan oleh ESP32.

TABEL 13
Hasil Koneksi dan Ping ke Server Blynk

No.	Koneksi	Ping to Server (ms)
1	Berhasil	25
2	Berhasil	31
3	Berhasil	31
4	Berhasil	31
5	Berhasil	22
Rata-Rata		28

C. Pengujian Keseluruhan

Sebelum dilakukan pengujian ke lapangan, dilakukan pengujian pada *hardware* dan *software*. Pada tabel 4.8 menunjukkan bahwa dari 6 poin skenario pengujian, terdapat 5 poin pengujian berjalan lancar dan mendapatkan hasil yang sesuai. Akurasi pengujian keseluruhan mendapat nilai 100% yang didapatkan pada perhitungan berikut:

$$Akurasi = \frac{\text{Total kesesuaian}}{\text{Jumlah Pengujian}} \times 100\%$$

$$Akurasi = \frac{5}{6} \times 100\%$$

$$Akurasi = 83\%$$

TABEL 14
Hasil Pengujian Keseluruhan

No.	Fitur yang diuji	Pengujian yang dilakukan	Output yang diharapkan	Hasil	
				Sesuai	Tidak sesuai
1.	Sensor DHT22	Membaca nilai suhu dan kelembapan dalam kandang lebah	Sensor DHT22 dapat membaca suhu dan kelembapan ketika kandang terdapat koloni lebah atau tidak	Sesuai	
2.	Sensor Load Cell	Membaca nilai berat pada kandang lebah	Sensor Load Cell dapat membaca berat kotak dikeadaan adanya sarang lebah atau tidak	Sesuai	
3.	Sensor KY037	Mendeteksi besaran kebisingan	Sensor KY037 dapat mengukur kebisingan sekitar		Tidak Sesuai
4.	ESP32	Mikrokontroler dapat terhubung dengan beberapa sensor	ESP32 dapat terhubung dengan beberapa sensor dan server	Sesuai	
5.	LCD	Menampilkan nilai tiap sensor	LCD dapat berfungsi untuk menampilkan nilai dari setiap sensor	Sesuai	
6.	Blynk	Menampilkan nilai setiap sensor dengan jarak jauh	Blynk dapat terhubung dengan baik dan hasilnya sama dengan LCD	Sesuai	

D. Pengujian Pada Kandang Lebah

Setelah melakukan pengujian setiap alat dan memperbaiki error pada setiap sensor, maka alat dipasang pada kandang lebah dan dilakukan pengujian langsung pada kandang lebah yang telah terisi koloni lebah. Tempat pengujian berlokasi pada Peternakan Lebah Madu Ciburial beralamat Jl. Cikurutug, Ciburial, Kec. Cimenyan, Kabupaten Bandung, Jawa Barat.

Pengujian dilakukan dengan cara monitoring suhu, kelembapan, kebisingan, dan berat pada kandang lebah. Pencatatan dilakukan dalam waktu 30 menit sekali dan didapatkan data sebagai berikut.

Tabel 15
Hasil Pengujian Pada Kandang Lebah

No.	Suhu (Celcius)	Kelembapan (RH)	Berat (gram)
1	28,60	72,05	4217,30
2	29,30	71,63	4223,60
3	28,80	72,26	4206,40
4	28,60	73,10	4203,50
5	28,90	71,68	4191,80
6	28,30	72,42	4182,30
7	28,10	73,05	4176,20
8	27,90	72,00	4165,90
9	28,50	72,90	4161,70
10	28,10	73,00	4155,30
Rata-Rata	28,51	72,41	4188,40

Monitoring dilakukan dengan melihat nilai sensor yang muncul pada aplikasi Blynk dan LCD pada kandang lebah.



GAMBAR 27
Tampilan Monitoring Pada Blynk App

E. Hasil Perancangan Alat

Alat – alat yang terdiri dari ESP32, DHT22, KY-037, dan Load cell yang sudah dirangkai dipasangkan pada kandang lebah. Kandang lebah terbuat dari kayu yang sudah kering. Kandang lebah berbentuk balok dengan volume 50.544 cm kubik. Panjang kandang yaitu 48cm, lebar kandang sebesar 39cm, dan tinggi kandang sebesar 27cm. Kandang dibuat dengan tebal kayu ± 1 cm.



GAMBAR 28

Hasil Perancangan Alat

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan pengambilan data yang telah dilakukan maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Telah berhasil membuat sistem alat Monitoring Budidaya Lebah Berbasis IoT yang dapat mengukur suhu, kelembapan, kebisingan dan berat pada kandang lebah. Pengujian pada sensor memiliki tingkat akurat yang berbeda-beda tiap sensornya. Untuk sensor DHT22 mendapatkan nilai akurasi sebesar 98,31% untuk suhu dan 95,12% untuk kelembapan. Pada sensor *Load Cell* mendapat nilai akurasi sebesar 99,68%. Pada sensor suara KY-037 dinyatakan tidak stabil. Hal ini dikarenakan pembacaan analog pada ESP32 tidak seakurat dengan menggunakan Arduino Uno. Sehingga sensor suara tidak bisa dikonversi ke besaran dB. Semua nilai akurasi didapatkan dari hasil perancangan mikrokontroler pada ESP32
2. Setiap nilai pada sensor akan muncul pada aplikasi Blynk di *smartphone* pengguna. Sensor terhubung pada mikrokontroler ESP32 yang sudah mendapat koneksi Wi-Fi lalu mengirimkan data ke Blynk *Cloud* secara *realtime*. Hal ini sangat memudahkan peternak lebah dalam memonitoring kondisi kandang lebah secara *realtime*.

REFERENSI

- [1] Godson S Olusanya, Charles Okunbor, and Oghenetega Avwokuruaye, "Internet of Things (IOT) as the future of networked devices: An overview," *Glob. J. Eng. Technol. Adv.*, vol. 9, no. 3, pp. 031–037, 2021, doi: 10.30574/gjeta.2021.9.3.0154.
- [2] F. Margret Sharmila, P. Suryaganesh, M. Abishek, and U. Benny, "Iot Based Smart Window using Sensor Dht11," *2019 5th Int. Conf. Adv. Comput. Commun. Syst. ICACCS 2019*, no. Icaccs, pp. 782–784, 2019, doi: 10.1109/ICACCS.2019.8728426.
- [3] V. A. Wardhany, A. Hidayat, Subono, and M. Jhoswanda, "Temperature and Humidity Control of Smart Cage Bee Honey Based on Internet of Things," *2020 3rd Int. Conf. Comput. Informatics Eng. IC2IE 2020*, pp. 467–472, 2020, doi: 10.1109/IC2IE50715.2020.9274620.
- [4] B. Marhiyanto, *Peluang bisnis beternak lebah*. Surabaya: Penerbit SIC, 2013.
- [5] D. Sihombing, *Ilmu ternak lebah madu*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press, 2005.
- [6] S. Hadi, R. P. M. D. Labib, and P. D. Widayaka, "Perbandingan Akurasi Pengukuran Sensor LM35 dan Sensor DHT11 untuk Monitoring Suhu Berbasis Internet of Things," *STRING (Satuan Tulisan Ris.*

- dan *Inov. Teknol.*, vol. 6, no. 3, p. 269, 2022, doi: 10.30998/string.v6i3.11534.
- [7] G. C. M. Meijer, G. Wang, and A. Heidary, *Smart temperature sensors and temperature sensor systems*. Elsevier Ltd, 2018. doi: 10.1016/B978-0-08-102055-5.00003-6.
- [8] K. Lazarova, S. Bozhilova, S. Ivanova, D. Christova, and T. Babeva, "Study of the Effect of Bending Deformation on the Performance of Flexible Polymer Layered Humidity Sensor †," *Eng. Proc.*, vol. 6, no. 1, pp. 6–8, 2021, doi: 10.3390/I3S2021Dresden-10069.
- [9] Nurlaila and Yulastuti, "ANALISIS SIFAT SENSING SENSOR KELEMBABAN RESISTIF MENGGUNAKAN POLIVINIL ALKOHOL," *Pros. Semin. Nas. Teknol. Energi Nukl.*, pp. 119–129, 2015.
- [10] F. R. Zamroni, M. A. Auliq, and S. Aryani, "Prototype Alat Pendeteksi Dini Gangguan Fuse Cut Out (FCO) di Sistem Kelistrikan PLN Menggunakan PZEM-004T , Sensor Suara, dan GPS Berbasis Arduino Mega dengan IoT," *J. Tek. Elektro dan Komputasi*, vol. 3, no. 2, pp. 95–103, 2021.
- [11] T. J. Claude, N. Gaudence, M. Didacienne, and N. J. Pierre, "Fuzzy logic applied to smart baby's health and feeding sequence monitoring system," *Proc. - 2020 21st Int. Arab Conf. Inf. Technol. ACIT 2020*, 2020, doi: 10.1109/ACIT50332.2020.9300087.
- [12] A. D. Hidayat, B. Sudibya, and C. B. Waluyo, "Pendeteksi Tingkat Kebisingan berbasis Internet of Things sebagai Media Kontrol Kenyamanan Ruang Perpustakaan," *Avitec*, vol. 1, no. 1, pp. 99–109, 2019, doi: 10.28989/avitec.v1i1.497.
- [13] A. Rasheedha, K. Srinathi, T. Sivalavanya, R. R. Monesha, and S. Nithin, "Arduino based Automated Dosage Prescripitor using Load Cell," *Proc. 4th Int. Conf. Electron. Commun. Aerosp. Technol. ICECA 2020*, no. 2011, pp. 85–89, 2020, doi: 10.1109/ICECA49313.2020.9297476.
- [14] L. A. Subagyo and B. Suprianto, "Sistem Monitoring Arus Tidak Seimbang 3 Fasa Berbasis Arduino Uno," *J. Tek. Elektro*, vol. 6, no. 3, pp. 213–221, 2017.
- [15] A. OO and O. TT, "Design and Implementation of Arduino Microcontroller Based Automatic Lighting Control with I2C LCD Display," *J. Electr. Electron. Syst.*, vol. 07, no. 02, 2018, doi: 10.4172/2332-0796.1000258.
- [16] H. Kusumah and R. A. Pradana, "Penerapan Trainer Interfacing Mikrokontroler Dan Internet of Things Berbasis Esp32 Pada Mata Kuliah Interfacing," *J. CERITA*, vol. 5, no. 2, pp. 120–134, 2019, doi: 10.33050/cerita.v5i2.237.
- [17] M. Vokáč, L. Balík, and P. Bouška, "Monitoring of historical structure by iot technology with use of esp32 development board," *Key Eng. Mater.*, vol. 868 KEM, pp. 180–188, 2020, doi: 10.4028/www.scientific.net/KEM.868.180.
- [18] M. Sheth and P. Rupani, "Smart Gardening Automation using IoT with BLYNK App," *Proc. Int. Conf. Trends Electron. Informatics, ICOEI 2019*, vol. 2019-April, no. Icoei, pp. 266–270, 2019, doi: 10.1109/icoei.2019.8862591.