

PROPOSAL TUGAS AKHIR
SISTEM PENGENDALIAN DAN *MONITORING*
PRODUKSI TELUR LALAT *BLACK SOLDIER FLY*



**Proposal Tugas Akhir ini diajukan untuk Melengkapi Sebagian
Persyaratan Ujian Akhir Sarjana Terapan Teknik Telekomunikasi**

Disusun oleh :

BENNY HARTANTO SETIYADI

4.39.19.0.06

PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN TEKNIK TELEKOMUNIKASI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
POLITEKNIK NEGERI SEMARANG

2022

HALAMAN PENGESAHAN

1. Judul Tugas Akhir : Sistem Pengendalian dan *Monitoring* Produksi
Telur *Black Soldier Fly*
2. Pelaksana
 - a. Nama : Benny Hartanto Setiyadi
 - b. NIM : 4.39.19.0.06
 - c. Program Studi : Sarjana Terapan Teknik Telekomunikasi
 - d. Jurusan : Teknik Elektro
3. Pembimbing
 - a. Pembimbing I : Ari Sriyanto N., S.T., M.T., M.Sc.
 - b. Pembimbing II : SINDUNG H.W.S., B.S.E.E, M.Eng.Sc.

Semarang, 21 Oktober 2022

Pelaksana



Benny Hartanto Setiyadi

NIM 4.39.19.0.06

Menyetujui,

Pembimbing I



Ari Sriyanto N., S.T., M.T., M.Sc.

NIP. 197409042005011001

Pembimbing II



SINDUNG H.W.S., B.S.E.E, M.Eng.Sc.

NIP. 196301251991031001

Mengetahui

Ketua Program Studi Sarjana Terapan Teknik Telekomunikasi

Ari Sriyanto N., S.T., M.T., M.Sc.

NIP. 197409042005011001

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Judul

“ Sistem Pengendalian dan *Monitoring* Produksi Telur *Black Soldier Fly*”.

1.2. Latar Belakang

Permasalahan mengenai sampah merupakan sebuah permasalahan yang dialami oleh semua negara baik negara maju maupaun negara berkembang seperti contohnya Indonesia. Menurut (Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2008 Tentang Pengelolaan Sampah, 2008), yang dimaksud sampah adalah sisa kegiatan sehari-hari manusia dan/atau proses alam yang berbentuk padat. Sampah ini dihasilkan manusia setiap melakukan aktivitas sehari-hari.

Adapun jenis sifat sampahnya, dapat dikategorikan menjadi 2 yaitu, sampah organik dan sampah anorganik. Sampah organik merupakan sampah yang dapat membusuk dan dapat terurai oleh lingkungan dengan bantuan hewan maupun serangga pengurai. Sedangkan, sampah anorganik tidak dapat terurai oleh lingkungan dengan cara yang sesingkat sampah organik, sampah ini membutuhkan waktu ribuan tahun hingga dapat terurai menjadi tanah. Oleh sebab itu, sampah anorganik harus dikumpulkan untuk diolah kembali (didaur ulang) menjadi benda yang sama atau menjadi benda berbeda yang dapat digunakan kembali oleh manusia.

Berdasarkan data dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) mencatat, Indonesia menghasilkan sampah sebanyak 21,88 juta ton pada 2021. Jumlah itu menurun 33,33% dibandingkan pada tahun sebelumnya yang sebanyak 32,82 juta ton. Kondisi tersebut berbeda dengan tahun 2020 yang jumlah sampahnya justru meningkat 12,63%. Sementara, jumlah timbulan sampah pada 2019 sebanyak 29,14 juta ton. Berdasarkan wilayahnya, Jawa Tengah menjadi provinsi dengan sampah terbesar di Indonesia pada 2021, yakni 3,65 juta ton. Posisinya disusul oleh Jawa Timur dengan sampah sebanyak 2,64 juta ton (Mahdi & Bayu, 2021).

Menurut data dari SIPSN (Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional) pada tahun 2021, diketahui bahwa komposisi jenis sampah terbesar disumbang oleh jenis sisa makanan sebesar 40.1% kemudian disusul oleh plastik 17.5%, kayu 13%, kertas 11.9% dan 17.5% jenis sampah lainnya (SIPSN, 2022).

Dengan begitu banyaknya sampah dari jenis sisa makanan ini menjadi fokus penting Pemerintah khususnya Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan dalam mengedukasikan solusi kepada para masyarakat umum maupun Pengelola Tempat Pembuangan Akhir (TPA) untuk mengolah sampah sisa makanan tersebut menjadi produk organik yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber pakan ternak alternatif.

Adapun sumber pakan ternak yang dimaksud adalah larva dari serangga Lalat *Black Soldier Fly* atau *BSF* (dalam bahasa latin: *Hermetia illucens L*) atau yang sering disebut dengan Lalat Tentara Hitam. Lalat ini mampu mengurai limbah sisa makanan dalam waktu beberapa hari saja tergantung dengan berapa besar kandang tempat lalat tersebut ditempatkan. Saat menuju fase prepupa hingga menjadi lalat *BSF* dewasa, lalat tersebut akan berhenti makan dan lalat tersebut akan mati setelah selesai bereproduksi (kawin) untuk lalat pejantan dan mati setelah bertelur untuk lalat betina.

Pada saat fase reproduksi didapatkan bukti bahwa terdapat lalat yang sudah mati lebih awal sebelum melakukan kegiatan reproduksi. Hal ini secara umum disebabkan oleh 2 faktor penting yaitu, lalat yang tidak mendapatkan minum secara rutin dikarenakan mereka sudah berhenti makan di fase prepupa dan faktor intensitas sinar cahaya matahari yang kurang menstimulasi lalat dalam melakukan proses reproduksi. Dijelaskan bahwa panjang gelombang 450-700 nm berpengaruh terhadap tingkah laku kawin lalat *BSF*, sedangkan pada panjang gelombang 350-450 nm tidak menstimulasi terjadinya aktivitas kawin *BSF*. Panjang gelombang cahaya yang masih dapat dilihat oleh insekta sekitar 700 nm (Briscoe & Chittka, 2001).

Permasalahan berupa penyediaan air minum dan pengaturan intensitas cahaya inilah yang menjadi fokus penting dalam pembuatan suatu sistem yang dapat menyelesaikan kedua permasalahan tersebut. Dengan kata lain teknologi tersebut

diharapkan mampu untuk secara otomatis maupun manual untuk disetel atau dikontrol menggunakan smartphone melalui jaringan internet agar nantinya dapat menyediakan kondisi lingkungan di area kandang yang ideal sehingga, lalat dapat menghasilkan jumlah telur yang lebih optimal.

(Setiawan, 2021) menjelaskan bahwa *Internet of Things (IoT)* merupakan sebuah konsep di mana suatu benda atau objek ditanamkan teknologi-teknologi seperti *sensor* dan *software* dengan tujuan untuk berkomunikasi, mengendalikan, menghubungkan, dan bertukar data melalui perangkat lain selama masih terhubung ke internet. *IoT* memiliki hubungan yang erat dengan istilah *machine-to-machine* atau *M2M*. Seluruh alat yang memiliki kemampuan komunikasi *M2M* ini sering disebut dengan perangkat cerdas atau *smart devices*. Perangkat cerdas ini diharapkan dapat membantu kerja manusia dalam menyelesaikan berbagai urusan atau tugas yang ada.

1.3. Tujuan

Adapun tujuan dari pembuatan tugas akhir ini adalah :

1. Memperpanjang masa hidup lalat agar dapat bertahan hidup lebih lama dan diharapkan dapat bereproduksi hingga menghasilkan telur sebelum lalat tersebut mati.
2. Menstimulasi lalat agar mampu melakukan reproduksi ketika terjadi keadaan intensitas cahaya yang menurun.
3. Dapat mengontrol dan mengotomasi proses pemberian air minum dan penerangan lampu stimulan kepada lalat agar dapat menghasilkan jumlah telur yang lebih optimal.

1.4. Perumusan Masalah

Dari berbagai tujuan diatas, dapat dijadikan sebagai landasan untuk menyelesaikan masalah berupa :

1. Terjadinya kematian lalat yang lebih awal sebelum sempat bereproduksi dan menyebabkan jumlah telur yang dihasilkan kurang optimal.
2. Proses pemberian air minum untuk lalat yang masih dilakukan dengan cara penyemprotan secara manual.

3. Belum adanya penerangan buatan berupa lampu stimulan agar lalat tetap mampu bereproduksi ketika intensitas cahaya di lingkungan kadang menurun.

1.5. Batasan Masalah

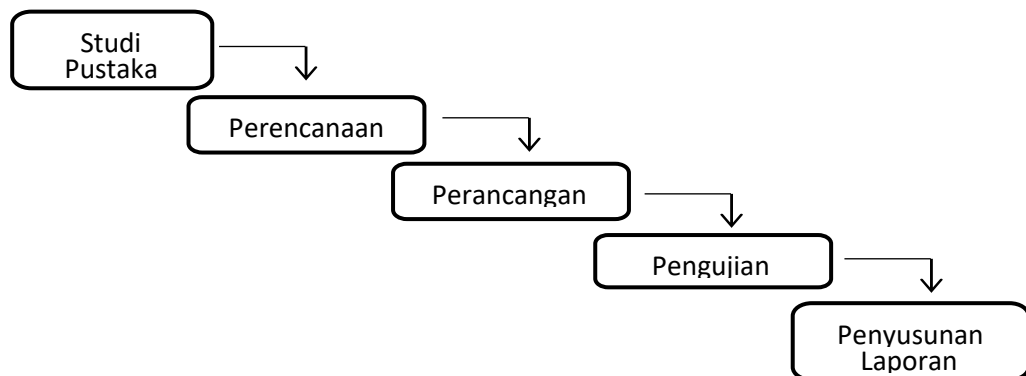
Dari pembuatan tugas akhir ini, fokus yang dapat dijadikan sebagai pedoman pengentasan masalah berupa :

1. Topik dari tugas akhir ini akan berfokus pada lalat dewasa tentang metode perawatan untuk membantu mengoptimalkan lalat dalam memproduksi telur secara lebih optimal.
2. Produk yang dihasilkan akan berupa sebuah alat yang mampu untuk secara otomatis maupun manual untuk disetel atau dikontrol.
3. Adapun alat yang dikontrol berupa mikrokontroller ESP32 dengan menerima instruksi dari server Telegram Bot.

1.6. Metodologi Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penyusunan tugas akhir ini yaitu metode penelitian *Waterfall*. Metode *waterfall* adalah metode klasik dengan sistem yang linier, output pada tahap sebelumnya akan menjadi input bagi tahap selanjutnya. Setiap fase yang ada harus diselesaikan satu demi satu, kemudian dilanjutkan ke fase berikutnya. Setiap fase pada metode *waterfall* bersifat rekursif, sehingga dapat diulang tanpa henti sampai sistem telah diselesaikan dengan sempurna. (Bassil et al., 2012).

Metode penelitian dapat digambarkan pada Gambar 1.1 sebagai berikut :



Gambar 1.1 Metode Waterfall
(Sumber : Ian Sommerville, 2011)

Berikut ini penjelasan tahapan-tahapan dari metode waterfall :

1. Metode Studi Pustaka

Pada metode ini dilakukan untuk mencari dan memperoleh referensi yang digunakan untuk pembuatan dasar teori dan sebagai bahan pendukung dalam pembuatan tugas akhir. Pada metode ini juga dilakukan pencarian komponen-komponen yang akan digunakan pada pembuatan tugas akhir.

2. Perencanaan

Tahapan ini merupakan perencanaan mengenai estimasi waktu, penjadwalan, dan gambaran desain sistem.

3. Perancangan

Pada tahap ini, dilakukan perancangan konstruksi, algoritma pemrograman mikrokontroler dan di telegram bot.

4. Pengujian

Pada tahap ini dilakukan pemeriksaan fungsi-fungsi komponen yang digunakan dan dilakukan pengujian terhadap sistem yang telah dibuat.

5. Penyusunan Laporan

Penyusunan laporan merupakan tahap final dalam pembuatan sistem. Dimana kegiatan yang telah disusun dari tahap perencanaan hingga akhir pembuatan sistem serta dari data-data hasil penelitian pada laporan dapat ditarik suatu kesimpulan.

BAB II DASAR TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Dalam pembuatan Tugas Akhir ini, untuk membuat alat yang memiliki sistem dengan fitur pengendalian dan *monitoring*, diperlukan kajian mendalam mengenai relasi antara suatu penelitian sebelumnya dengan penelitian yang sedang dibuat. Idealnya hal ini berguna untuk melihat kekurangan dan kelebihan pada penelitian yang telah dilakukan sebelumnya yang bisa bersumber dari jurnal ilmiah maupun buku – buku tertentu. Selain kelebihan dan kekurangan, hal lain yang dapat dijadikan sebagai rujukan berupa: teknologi yang dipakai, tambahan materi yang didapat, parameter hasil pengujian dan masih banyak lagi.

Setelah mengetahui tujuan dari tinjauan pustaka diatas, berikut merupakan tabel dari beberapa hasil yang dijadikan sebagai rujukan dalam pembuatan “ Sistem Pengendalian Dan Monitoring Produksi Telur Lalat *Black Soldier Fly* ”.

Tabel 2.1 Tabel rujukan tinjauan pustaka untuk pembuatan sistem

No	Nama Artikel	Deskripsi Penelitian	Keterangan
1.	<i>Black Soldier Fly rearing with artificial light: how to ensure mating success and fertile eggs</i> (Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology, Eawag)	Proses pengujian <i>BSF</i> dengan menggunakan <i>artificial lights</i> SolarRaptor untuk menguji faktor efisiensi aktivitas reproduksi	Pengujian dilakukan didalam fasilitas riset Eawag di Switzerland menggunakan beragam lampu yang berbeda untuk mengetahui efek lampu buatan terhadap aktifitas reproduksi <i>BSF</i>
2.	<i>Black Soldier Fly (Hermetia illucens)</i> sebagai Sumber Protein Alternatif untuk Pakan	Pengumpulan fakta – fakta dari penelitian terdahulu mengenai morfologi dan siklus hidup, kandungan	Fakta – fakta yang dikumpulkan tersebut menjadi sebuah data yang dapat menjelaskan lengkap secara detail mengenai

	Ternak (April Hari Wardhana, 2017)	nutrisi, pemanfaatan sebagai pakan ternak serta analisis ekonomi pada <i>BSF</i>	<i>BSF</i> serta manfaat yang dapat diperoleh manusia
3.	<i>Automated IoT Device to Manipulate Environmental Condition of Black Soldier Fly</i> (Kevin Kristianto, Ronaldo Vieri Lambert, Abba Suganda Girsang. Maret, 2022)	Memanipulasi kondisi ruangan tempat <i>BSF</i> berada untuk memaksimalkan produksi telur dengan menggunakan <i>sensor</i> BH1750 dan DHT11 dengan <i>output</i> berupa <i>warm bulb</i> dan <i>exhaust fan</i> .	Pembahasan penjelasan menjelaskan tentang tabel pengujian keadaan ruangan yang dipasang dengan output dan ruangan yang tidak ada outputnya. Serta hasil telur yang telah dihasilkan.

2.2. Teori – teori Pendukung

Dalam pembuatan tugas akhir ini, terdapat teori – teori yang menjadi pendukung untuk membangun alat dengan sistem yang direncanakan, antara lain :

1. *Black Soldier Fly*



Gambar 2.1 Lalat *Black Soldier Fly*

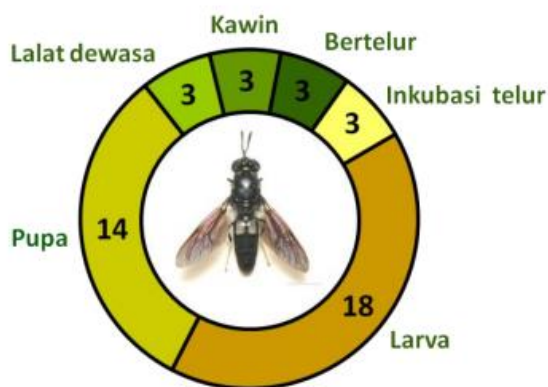
(Sumber : Dinas Pertanian dan Ketahanan Pangan Provinsi Bali)

Black Soldier Fly (*BSF*), lalat tentara hitam (*Hermetia illucens*, Diptera: *Stratiomyidae*) adalah salah satu insekta yang mulai banyak dipelajari karakteristiknya dan kandungan nutriennya. Lalat ini berasal dari Amerika dan selanjutnya tersebar ke wilayah subtropis dan tropis di dunia. (Čičková et al., 2015). Kondisi iklim tropis Indonesia sangat ideal untuk budidaya *BSF*.

Ditinjau dari segi budidaya, *BSF* sangat mudah untuk dikembangkan dalam skala produksi massal dan tidak memerlukan peralatan yang khusus. Tahap akhir larva (prepupa) dapat bermigrasi sendiri dari media tumbuhnya sehingga memudahkan untuk dipanen. Selain itu, lalat ini bukan merupakan lalat hama dan tidak dijumpai pada pemukiman yang padat penduduk sehingga relatif aman jika dilihat dari segi kesehatan manusia. (Li et al., 2011)

Dari berbagai insekta yang dapat dikembangkan sebagai pakan, kandungan protein larva *BSF* cukup tinggi, yaitu 40-50% dengan kandungan lemak berkisar 29-32%. (Bosch et al., 2014). (Rambet et al., 2015) menyimpulkan bahwa tepung *BSF* berpotensi sebagai pengganti tepung ikan hingga 100% untuk campuran pakan ayam pedaging tanpa adanya efek negatif terhadap pencernaan bahan kering (57,96-60,42%), energi (62,03-64,77%) dan protein (64,59-75,32%), walaupun hasil yang terbaik diperoleh dari penggantian tepung ikan hingga 25% atau 11,25% dalam pakan.

Menurut (Tomberlin & Sheppard, 2002) bahwa siklus hidup *BSF* dari telur hingga menjadi lalat dewasa berlangsung sekitar 40-43 hari, tergantung dari kondisi lingkungan dan media pakan yang diberikan (Gambar 2.2). Lalat betina akan meletakkan telurnya di dekat sumber pakan, antara lain pada bongkahan kotoran unggas atau ternak, tumpukan limbah bungkil inti sawit (BIS) dan limbah organik lainnya. Lalat betina tidak akan meletakkan telur di atas sumber pakan secara langsung dan tidak akan mudah terusik apabila sedang bertelur.



Gambar 2.2 Siklus Hidup Lalat *Black Soldier Fly*
(Sumber : Tomberlin et al. (2002) yang dimodifikasi)

Seekor lalat betina *BSF* normal mampu memproduksi telur berkisar 185-1235 telur. (RACHMAWATI et al., 2015). Literatur lain menyebutkan bahwa seekor betina memerlukan waktu 20-30 menit untuk bertelur dengan jumlah produksi telur antara 546-1.505 butir dalam bentuk massa telur (Tomberlin & Sheppard 2002). Berat massa telur berkisar 15,8-19,8 mg dengan berat individu telur antara 0,026-0,030 mg. Waktu puncak bertelur dilaporkan terjadi sekitar pukul 14.00-15.00. Lalat betina dilaporkan hanya bertelur satu kali selama masa hidupnya, setelah itu mati. (Tomberlin & Sheppard, 2002).

Suhu merupakan salah satu faktor yang berperan dalam siklus hidup *BSF*. Suhu yang lebih hangat atau di atas 30°C menyebabkan lalat dewasa menjadi lebih aktif dan produktif. Suhu optimal larva untuk dapat tumbuh dan berkembang adalah 30°C, tetapi pada suhu 36°C menyebabkan pupa tidak dapat mempertahankan hidupnya sehingga tidak mampu menetas menjadi lalat dewasa. Pemeliharaan larva dan pupa *BSF* pada suhu 27°C berkembang empat hari lebih lambat dibandingkan dengan suhu 30°C. (Tomberlin et al., 2009). Suhu juga berpengaruh terhadap masa inkubasi telur. Suhu yang hangat cenderung memicu telur menetas lebih cepat dibandingkan dengan suhu yang rendah.

Seperti yang terlihat pada Gambar 2.2, lalat dewasa akan bertahan setidaknya 3 hari sebelum mereka mati dalam kondisi tidak makan dan minum. Meskipun lalat dewasa tidak memerlukan pakan sepanjang hidupnya, tetapi pemberian air dan madu dilaporkan mampu memperpanjang lama hidup dan meningkatkan produksi telur. (RACHMAWATI et al., 2015) membuktikan bahwa puncak kematian lalat dewasa yang diberi minum madu terjadi pada hari ke-10 hingga 11, sedangkan pada lalat yang diberi minum air terjadi kematian tertinggi pada hari kelima hingga kedelapan dan berlanjut pada hari ke-10 hingga 12. Ditinjau dari waktu bertelurnya, lalat betina yang diberi minum madu mencapai puncak waktu bertelur pada hari kelima, sedangkan pada perlakuan pemberian air terjadi pada hari ketujuh.

Aktivitas kawin *BSF* umumnya terjadi pada pukul 8.30 dan mencapai puncaknya pada pukul 10.00 di lokasi yang penuh tanaman (vegetasi) ketika suhu lingkungan mencapai 27°C. Lalat betina hanya kawin dan bertelur sekali

selama masa hidupnya. Saat melakukan aktivitas kawin, lalat jantan akan memberikan sinyal ke lalat betina untuk datang ke lokasi yang telah ditentukan oleh pejantan. Perkawinan *BSF* terjadi di tanah dengan posisi jantan dan betina berlawanan (saling membelakangi) atau di daerah yang penuh dengan vegetasi. Namun, ada juga laporan yang menyebutkan bahwa perkawinan dapat juga terjadi di udara. (Wardhana et al., 2016).

Umumnya lalat dewasa membutuhkan penerangan yang tinggi tetapi masih di bawah intensitas sinar matahari. Minimal intensitas cahaya yang dibutuhkan untuk aktivitas kawin adalah $70 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, sedangkan puncak aktivitas kawin terjadi pada kondisi penerangan $100 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ atau lebih dari $200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ hingga $500 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. (Sheppard et al., 2002).

Menurut situs (apogeeinstruments.com, n.d.) Mikromol: *per second and square meter* ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$). Istilah ini didasarkan pada jumlah photon dalam insiden *waveband* tertentu per satuan waktu (s) pada satuan luas (m^2) dibagi dengan konstanta Avogadro ($6,022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$). Ini biasanya digunakan untuk menggambarkan *PAR* (*Photosynthetic Active Radiation*) dalam *waveband* 400-700 nm (Thimijan, Richard W., et al. 2018:818-822). Untuk memudahkan pembacaan, konversi nilai satuan $10 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ setara dengan 540 lux. Jika cahaya yang dibutuhkan minimal pada lalat untuk aktivitas kawin adalah $70 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, maka intensitas cahaya yang diperlukan adalah $\pm 3780 \text{ lux}$.

2. *Internet of Things (IoT)*

(Setiawan, 2021) menjelaskan bahwa *Internet of Things (IoT)* merupakan sebuah konsep di mana suatu benda atau objek ditanamkan teknologi-teknologi seperti *sensor* dan *software* dengan tujuan untuk berkomunikasi, mengendalikan, menghubungkan, dan bertukar data melalui perangkat lain selama masih terhubung ke internet.

3. *Telegram Bot API*

Bot adalah akun Telegram yang dioperasikan oleh program. Mereka dapat menanggapi pesan atau sebutan, dapat diundang ke dalam grup, dan dapat diintegrasikan dengan program lain. Bot juga dapat menerima pembayaran online yang dilakukan dengan kartu kredit (Wikipedia.com, 2022c).



Gambar 2.3 The Botfather, layanan untuk membuat dan mengelola akun telegram bot (Sumber : <https://telegram.me/botfather>)

Seperti ilustrasi pada Gambar 2.3, telegram juga menawarkan *Application Programming Interface (API)* melalui The Botfather yang memungkinkan pengembang membuat akun bot yang dikendalikan oleh program. Berbagai bot semacam itu digunakan di berbagai bidang sebagai contohnya, bot pernah digunakan untuk memainkan game lama di aplikasi, memberi tahu pengguna tentang ketersediaan vaksin untuk COVID-19 dan masih banyak lagi. Dalam untuk pengaplikasiannya, *API* dalam telegram bot akan dijadikan sebagai pen jembatan komunikasi antara mikrokontroler ESP32 dengan *server* di telegram. Bertujuan agar *user* dapat menerima *output data* sekaligus mengirimkan perintah pada ESP32.

4. Mikrokontroler ESP32



Gambar 2.4 ESP32 Mikrokontroler dengan *external antenna* (Sumber : <https://tokopedia.link/6e1K2JgBoub>)

ESP32 adalah serangkaian sistem *low cost* dan *low power* pada mikrokontroler chip dengan Wi-Fi terintegrasi dan Bluetooth mode ganda. ESP32 dibuat dan

dikembangkan oleh Espressif Systems, sebuah perusahaan Cina yang berbasis di Shanghai, dan diproduksi oleh (Taiwan Semiconductor Manufacturing Company) TSMC menggunakan proses 40 nm (nanometer) mereka (Wikipedia.com, 2022a).

Mikrokontroler ini memiliki fungsi untuk mengontrol segala lalu lintas data komunikasi yang bersumber dari sensor dan aktuator (Gambar 2.4).

5. *Sensor Intensitas Cahaya BH1750*



Gambar 2.5 *Sensor BH1750* yang dilengkapi dengan pelindung plastik
(Sumber : <https://tokopedia.link/wxJ0pAOjsub>)

BH1750 adalah sensor cahaya ambient digital (Gambar 2.5) yang biasa digunakan pada ponsel untuk memanipulasi kecerahan layar berdasarkan pencahayaan lingkungan. Sensor ini dapat secara akurat mengukur nilai LUX cahaya hingga 65535 lux (Components101.com, 2019).

Sensor ini digunakan untuk mendeteksi intensitas cahaya yang berada di sekitar kandang lalat, dengan mengacu pada nilai *sensor* tersebut, dapat dikalkulasi berapa besar intensitas lampu yang dibutuhkan untuk menstimulasi lalat agar memproduksi telur dengan jumlah yang optimal.

6. *Digital Lux Light Meter*

Alat Ini adalah alat yang digunakan untuk mengukur nilai intensitas cahaya seperti halnya *sensor* BH1750. Alat ini digunakan untuk mencocokkan dan mengkalibrasi nilai lux yang terekam pada *sensor* BH1750 yang terdapat pada Gambar 2.6.

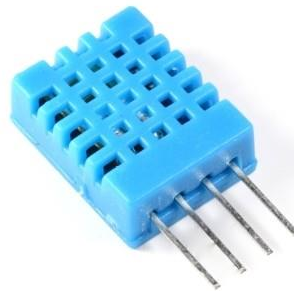


Gambar 2.6 *Digital Lux Light Meter*

(Sumber : <https://tokopedia.link/Zfh7rXamsub>)

7. *Sensor Suhu DHT11*

DHT11 adalah *sensor* suhu dan kelembaban yang umum digunakan yang dilengkapi dengan NTC khusus untuk mengukur suhu dan mikrokontroler 8-bit untuk menampilkan nilai suhu dan kelembaban sebagai data serial (Components101.com, 2021). Seperti yang terlihat pada Gambar 2.7, DHT11 memiliki warna biru dan memiliki 4 kaki pin.



Gambar 2.7 Sensor DHT11 (Sumber : <https://tokopedia.link/hOzuF1Cosub>)

Dalam penerapannya, DHT11 ini bersama dengan BH1750 akan menjadi faktor penentu apakah perlu menyalakan lampu fertilizer di saat kondisi kandang lalat membutuhkannya, misalnya saat suhu dingin atau intensitas saat cahaya redup.

8. *Temperature Meter*

Berfungsi sebagai alat ukur suhu dalam bentuk digital. Sama halnya dengan *digital lux light meter*, *temperature meter* akan dijadikan sebagai pencocok antara pembacaan sistem dengan pembacaan pada alat ukur ini dalam satuan

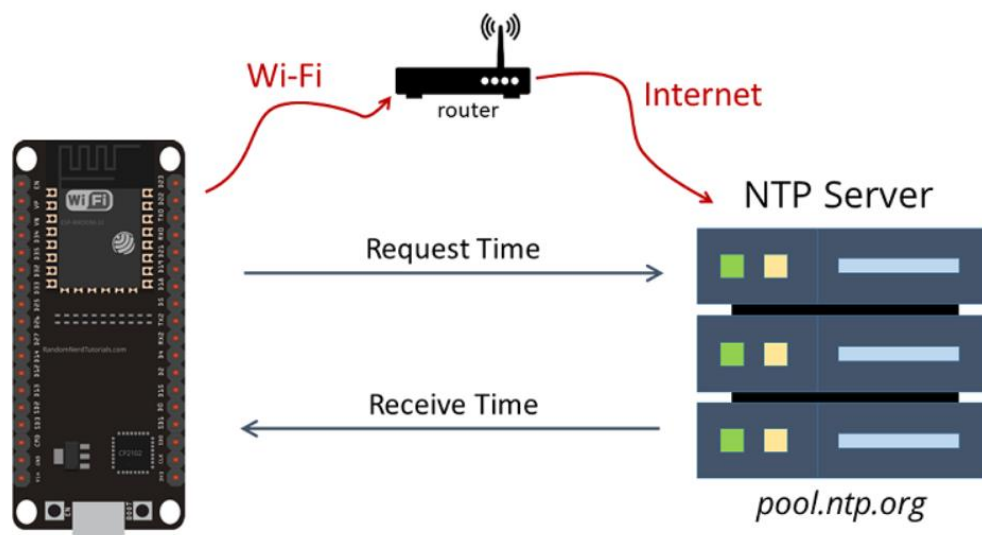
celsius. Seperti yang tertera pada Gambar 2.8 ini merupakan contoh alat ukur temperatur yang bertipe *thermo gun*.



Gambar 2.8 Alat ukur temperatur (Sumber :

<https://vandelaybrands.com/products/vandelay-infrared-thermometer>)

9. NTP (Network Time Protocol)



Gambar 2.9 NTP (Network Time Protocol) (Sumber :

<https://randomnerdtutorials.com/esp32-date-time-ntp-client-server-arduino/>)

NTP adalah singkatan dari *Network Time Protocol* (Gambar 2.9) dan merupakan protokol jaringan untuk sinkronisasi jam antara sistem komputer. Dengan kata lain, ini digunakan untuk menyinkronkan waktu jam komputer dalam jaringan. Ada *server ntp* yang dapat digunakan siapa saja untuk meminta waktu sebagai klien. Dalam hal ini, ESP32 adalah klien *ntp* yang meminta waktu dari *ntp server pool.ntp.org* (Santos & Santos, 2020).

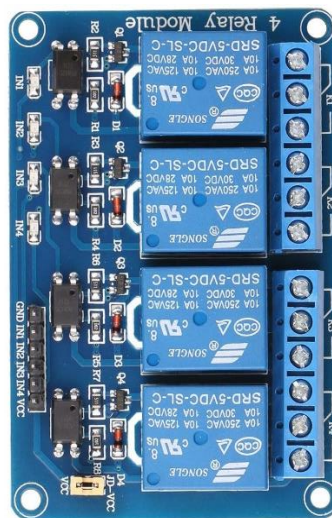
10. USB Charger



Gambar 2.10 Kepala *USB charger dual-ports*

USB Charger berfungsi sebagai catu daya untuk menyalakan mikrokontroler ESP32 (Gambar 2.10). Alasan untuk memilih ini adalah tegangan dan arus yang dikeluarkan merupakan *regulated power*, dimana tegangan yang didapat adalah 5V dan arus yang daya yang dapat diambil sekitar 18-20Watt secara flat tanpa perlu takut akan terjadinya lonjakan tegangan atau daya secara tiba – tiba.

11. Relay

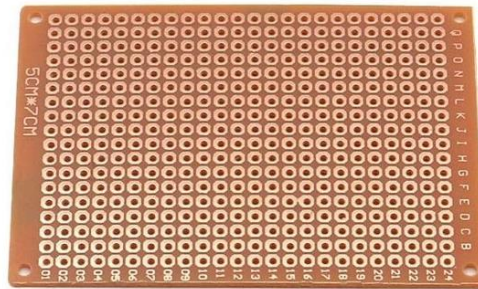


Gambar 2.11 Relay 4 – channel

Relay pada Gambar 2.11 adalah Saklar (*Switch*) yang dioperasikan secara *Electromechanical* (Elektromekanikal) yang terdiri dari 2 bagian utama yakni Elektromagnet (*Coil*) dan Mekanikal (seperangkat Kontak Saklar) (Kho, 2021). Relay menggunakan Prinsip Elektromagnetik untuk menggerakkan Kontak Saklar sehingga dengan arus listrik yang kecil (*low power*) dapat menghantarkan listrik yang bertegangan lebih tinggi. Sebagai contoh, dengan

Relay yang menggunakan Elektromagnet 5V dan 50 mA mampu menggerakkan *Armature Relay* (yang berfungsi sebagai saklarnya) untuk menghantarkan listrik 220V 2A (Kho, Dickson 2021. Dalam *Teknik elektronika.com*). Pada penerapannya, relay digunakan untuk mengontrol saklar pada lampu *fertilizer*, solenoid valve dan *waterpump*.

12. Plain PCB



Gambar 2.12 Plain PCB

Pada Gambar 2.12 merupakan sebuah *Plain PCB* atau yang sering disebut dengan *dot matrix PCB*. Tujuan menggunakan *PCB* ini ialah untuk mengumpulkan komponen - komponen yang dapat dikumpulkan didalam panel box elektrik. Setelah itu, semua komponen yang terpasang barulah dapat dikuatkan dengan proses soldering.

13. Panel Box



Gambar 2.13 Panel box elektronika

Panel box sendiri pada Gambar 2.13 sering digunakan sebagai tempat penyimpanan yang digunakan untuk menyimpan komponen aktif elektronika. Komponen – komponen yang sekiranya muat untuk dikumpulkan di *panel box* akan dimasukkan kedalamnya dengan tambahan *plain PCB* sebagai tempat untuk menghubungkan antar komponen.

14. Toggle Switch



Gambar 2.14 Toggle Switch 1021

Saklar atau *toggle switch* adalah perantara untuk memutuskan atau menyambungkan tegangan pada sebuah rangkaian, sehingga rangkaian akan mulai bekerja bila saklar dalam posisi ON, sedangkan ketika posisi OFF maka rangkaian akan berhenti berfungsi. Adapun jenis yang digunakan merupakan *Singe Position, Single Throw (SPST Toggle switch)* jenis saklar toggle paling sederhana. Satu sisi adalah terminal input, dan sisi lain adalah terminal output. Di satu posisi sakelar dalam kondisi *open* dan tidak ada koneksi yang dibuat, dan tidak ada daya yang dapat mengalir ke alat. Di posisi lain kedua terminal terhubung dan daya dapat mengalir (rangkaianelektronika.info, n.d.).

15. LCD



Gambar 2.15 LCD 20x4

Liquid Crystal Display atau *LCD* adalah suatu jenis media display (tampilan) yang menggunakan kristal cair (*liquid crystal*) untuk menghasilkan gambar yang terlihat. Teknologi *LCD* sudah banyak digunakan pada produk-produk seperti layar Laptop, layar Ponsel, layar Kalkulator, layar Jam Digital, layar Multimeter, Monitor Komputer, Televisi, layar Game portabel, layar Thermometer Digital dan produk-produk elektronik lainnya (Kho, n.d.).

16. Pompa DC 12 V 130Psi



Gambar 2.16 Pompa air *high pressure*

Pompa air pada Gambar 2.16 ini merupakan pompa air bertekanan DC yang mampu mengalirkan air bertekanan tinggi dengan ketinggian sekitar 130Psi (*Pound per square inch*) yang ditenagai dengan catu daya sebesar 12V, 60Watt.

17. MiFi 4G LTE



Gambar 2.17 MiFi Huawei

Mobile WiFi atau *MiFi* pada Gambar 2.17 merupakan sebuah perangkat penyedia koneksi internet portabel yang menggunakan koneksi broadband berbasis *simcard* sebagai jalur komunikasi ke internet. Dengan ketersediaan koneksi tersebut, data yang berada pada mikrokontroler ESP32 dapat dikirimkan ke *server telegram* dan dapat menerima perintah dari pesan telegram bot.

18. Lampu Fertilizer

Lampu halogen (juga disebut tungsten halogen, quartz-halogen, dan quartz iodine lamp) adalah lampu pijar yang terdiri dari filamen tungsten yang disegel dalam amplop transparan kompak yang diisi dengan campuran gas *inert* dan sejumlah kecil halogen, seperti yodium atau bromin. Filamen beroperasi pada suhu yang lebih tinggi daripada lampu pijar standar dengan daya dan masa operasi yang sama. Ini juga menghasilkan cahaya dengan kemanjuran bercahaya dan suhu warna yang lebih tinggi (Wikipedia.com, 2022b).

Dengan memiliki karakteristik suhu dan intensitas cahaya yang lebih tinggi inilah yang menjadikan lampu halogen dipilih menjadi lampu *fertilizer* dikarenakan karakteristik tersebut dapat mempengaruhi hasil produksi telur.

BAB III

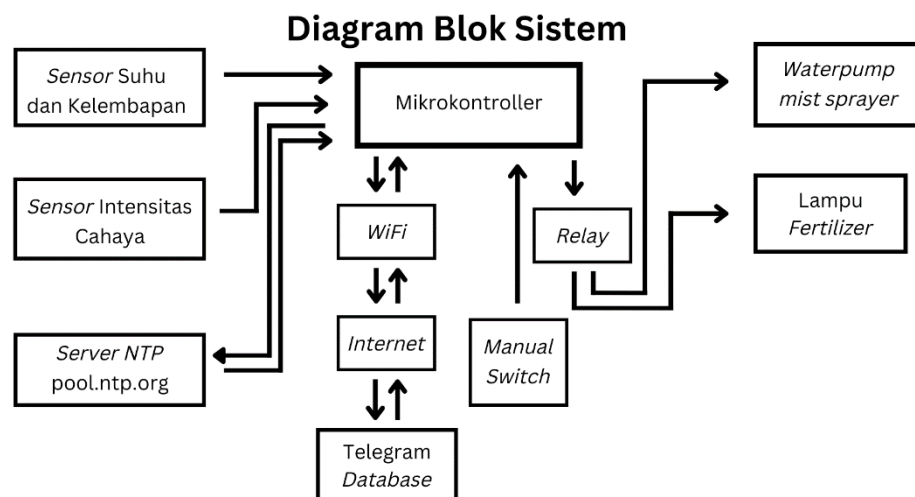
RANCANGAN SISTEM

3.1. Rancangan Sistem

Pada bab ini, rancangan sistem akan menjelaskan bagaimana gambaran sistem dibuat mulai dari diagram blok, realisasi perancangan sistem dan kemudian akan dijelaskan juga bagaimana logika algoritma program berjalan dalam bentuk *flowchart diagram*.

1. Diagram Blok Sistem

Diagram blok ini menggambarkan bagaimana sistem ini dapat bekerja secara umum dengan memecah alat ini menjadi berbagai macam komponen - komponen yang saling terhubung, berikut gambar dan penjelasannya terdapat pada Gambar 3.1 dibawah ini :



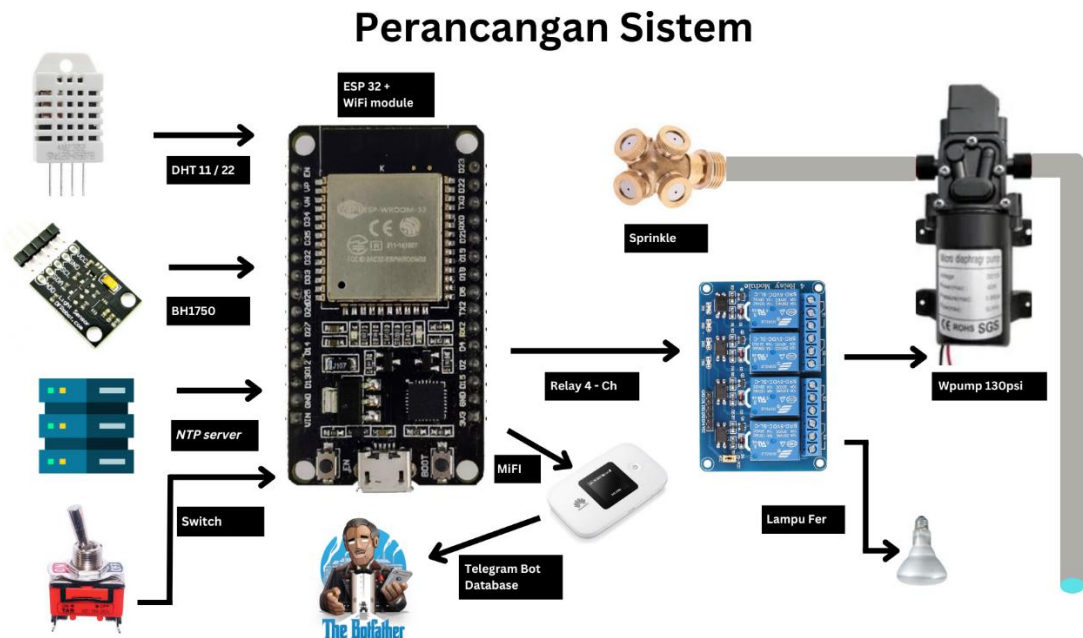
Gambar 3.1 Diagram blok sistem. (Dok. Penulis)

Secara sederhana mikrokontroler ESP32 akan menjadi koordinator data yang bertugas untuk mengambil *value* dari *sensor* suhu dan kelembapan, *sensor* intensitas cahaya serta waktu *realtime* dari *ntp server*. Khusus untuk *ntp server*, ESP32 harus terhubung dengan jaringan internet dahulu melalui jaringan WiFi yang telah ditentukan. Dari nilai yang terkumpul tersebut akan dikirimkan ke telegram *database* yang nantinya dijadikan sebagai parameter untuk menyalakan atau mematikan *waterpump mist sprayer* dan lampu *fertilizer* baik nanti secara otomatis maupun manual dengan bantuan sebuah *relay* untuk mentrigger kondisi LOW atau HIGH *state*. Nantinya terdapat 2 buah tombol

atau *switch* yang dapat dioperasikan secara *hybrid* berupa *switch* telegram bot dan *manual switch*. Penambahan *manual switch* ini bertujuan agar untuk menghindari alat tersebut malfungsi disaat koneksi jaringan internet sedang buruk sistem pada alat ini masih dapat dioperasikan secara manual.

2. Perancangan Sistem

Dari ilustrasi sederhana yang ada pada diagram blok diatas, kini masuk ke rincian mengenai komponen – kopmonen yang dipakai dalam perancangan sistem. Pada gambar 3.2 merupakan gambaran yang lebih jelas mengenai perancangan sistem dengan bentuk visual serta komponen – komponen tambahan diantaranya sebagai berikut :

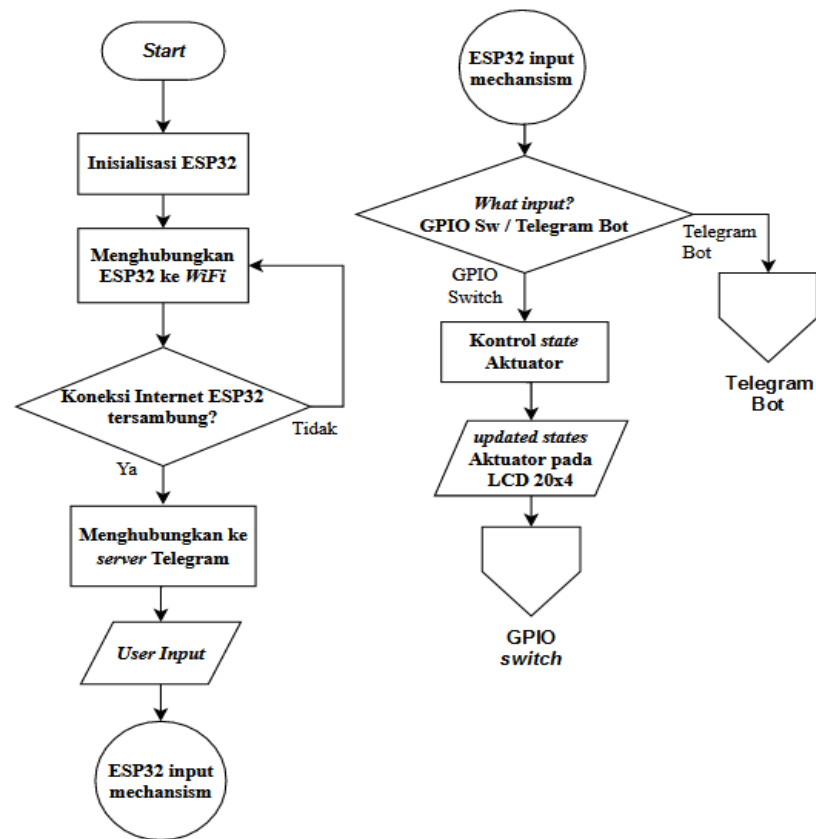


Gambar 3.2 Sistem kontrol ESP32 ke Telegram. (Dok. Penulis)

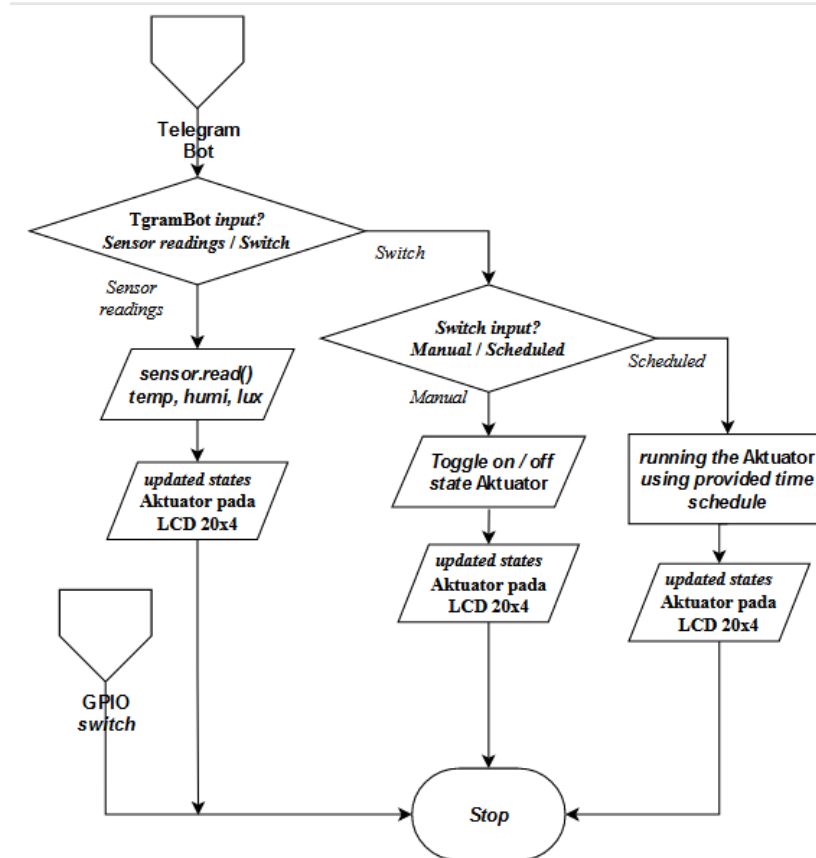
Berikut merupakan gambaran realitas komponen – komponen yang akan dipakai untuk membuat alat dalam Tugas Akhir ini. Pada sisi kiri mikrokontroler ESP32 terdapat *sensor* suhu dan kelembapan DHT11, *sensor* intensitas cahaya BH1750, *ntp server* dan *manual switch*. Saat ESP32 dinyalakan mikrokontroler tersebut akan menghubungkan ke jaringan internet melalui koneksi dari MiFi membuat semua komponen *sensor*, *manual switch* dan *relay* yang terhubung dengan *waterpump mist sprayer* dan *lampu fertilizer* dapat bekerja berdasarkan *action* yang diambil oleh *user* yang memakainya.

3. Flowchart Diagram

Flowchart merupakan diagram alir yang merepresentasikan alur kerja sebuah proses. Pada Gambar 3.3, dan Gambar 3.4 akan menjelaskan bagaimana sistem pada alat ini akan bekerja sesuai logika pemrograman yang direncanakan.



Gambar 3.3 Mekanisme sistem dalam *flowchart* bagian – 1 (Dok. Penulis)



Gambar 3.4 Mekanisme sistem dalam *flowchart* bagian – 2 (Dok. Penulis)

Pada saat ESP32 dinyalakan (Gambar 3.3) perangkat tersebut akan melakukan proses inisialisai kemudian, dilanjutkan dengan terhubung ke jaringan internet menghubungkan ESP32 pada jaringan WiFi. Jika gagal proses tersebut akan terus berulang hingga dapat terhubung ke jaringan WiFi dan terkoneksi dengan akun telegram bot pada telegram database. Selanjutnya, ESP32 siap dioperasikan melalui telegram bot atau melalui GPIO *switch* dengan menunggu adanya *action* dari *user input*. Jika *user* menggunakan GPIO *switch* maka output akan langsung keluar berupa perubahan *state* atau kondisi aktuator semisal *value* awalnya adalah LOW maka akan berubah menjadi HIGH dan dapat dimonitor perubahannya pada layar LCD. Jika *user* menggunakan telegram bot maka akan diberikan 2 opsi *input* berupa *sensor readings* dan *switch* telegram bot. *Sensor readings* akan memunculkan pembacaan dari *sensor* yang terdiri dari temperatur, kelembapan dan intensitas cahaya. Sedangkan, switch telegram bot berfungsi sama dengan GPIO *switch*, namun *switch* di telegram bot ini dapat diakses secara *remote* melalui jaringan internet dan terdapat 2 macam *switch*

berupa *manual switch* dan *scheduled switch* yang dimana *switch* ini akan beroperasi sesuai jadwal tertentu yang ditetapkan oleh *program* yang dibuat.

3.2. Rancangan Uji

Pengujian sistem dilakukan untuk mengetahui apakah sistem yang telah dibuat dapat berfungsi dengan baik. Untuk parameter yang akan diuji terdapat 2 tahapan yaitu, pengujian perangkat keras (*hardware*) yang terdiri dari pengujian *output mist pressure* pompa air serta pengujian pada lampu *fertilizer* yang berguna untuk melihat data perbandingan hasil produksi telur. Sedangkan untuk pengujian *software* parameter yang akan diuji berupa keakuratan nilai *sensor* yaitu, nilai temperatur, kelembapan dan intensitas cahaya. Dan yang terakhir, dilakukan pengujian pada perintah pada aplikasi telegram bot apakah perintah tersebut mampu berjalan dengan baik. Berikut ini merupakan contoh tabel penilaian yang akan dijadikan sebagai contoh rangkaian pengujian, antara lain :

Tabel 3.1 Pengujian pada *hardware mist pressurized water*

Percobaan ke -	Hasil yang didapat (gambar)	Keterangan
1		
2		
...		

Tabel 3.2 Pengujian pada *hardware lampu fertilizer*

Percobaan ke -	Intensitas cahaya (lux)	Hasil yang didapat (gambar & jumlah telur dalam gram)	Keterangan
1			
2			
...			

Tabel 3.3 Pengujian akurasi sensor

Percobaan ke -	Temperatur (Sistem)	Temperatur (Alat ukur)	Intensitas cahaya (Sistem)	Intensitas cahaya (Alat ukur)	Keterangan
1					
2					
...					

Tabel 3.4 Pengujian hubungan antara suhu dan intensitas cahaya dengan pola reproduksi lalat

Per cobaan ke -	Temp eratur (°C)	Intensitas cahaya (lux)	Hasil yang didapat (gambar)	Keterangan
1				
2				
...				

Tabel 3.5 Pengujian perintah *command message* pada Telegram Bot dan GPIO *switch*

No	Jenis Percobaan	Tidak Berhasil	Berhasil	Keterangan
1.	/help			
2.	/print			
3.	/switch			
4.	/schedule			
5.	Reset <i>push button</i>			
6.	Enable <i>switch</i>			

7.	WaterPump <i>switch</i>			
8.	LampuFertilizer <i>switch</i>			
9.	Take over conditions			
	...			

BAB IV

JADWAL DAN ANGGARAN BIAYA

4.1. Jadwal Kegiatan

Berikut merupakan tabel dari agenda kegiatan pelaksanaan tugas akhir yang akan dilakukan hingga bulan Desember mendatang.

Tabel 4.1 Jadwal kegiatan tugas akhir

Jenis Kegiatan	Jadwal Pelaksanaan Tahun 2022 – 2023					
	Sep	Okt	Nov	Des	Jan	Feb
Mencari ide dan judul Tugas Akhir						
Mengajukan ide dan judul Tugas Akhir kepada Dosen						
Melakukan Observasi dan Analisis Kebutuhan berupa survei lokasi ke tempat calon customer						
Melakukan Studi Pustaka						
Merancang <i>flow</i> kerja Sistem dan menghitung <i>BOM</i> (<i>Bill of Material</i>)						
Membuat Proposal Tugas Akhir beserta Modul Presentasi Seminar Proposal						
Pembuatan Alat						
Menguji Keandalan Sistem serta Pengambilan Data						
Penyusunan Laporan Tugas Akhir						

4.2. Rancangan Anggaran Biaya

Berikut merupakan tabel dari sebuah *Bill of Material* (*BOM*) atau yang sering disebut dengan rancangan anggaran biaya berupa alat – alat dan bahan yang akan digunakan untuk pembuatan tugas akhir.

Tabel 4.2 *Bill of Material (BOM)* atau anggaran pembelian.

No.	Nama Barang	Berat (Kg)	Toko	Jumlah (pcs)	Harga (Rp)	Estimasi Ongkir (Rp)
1.	ESP32-WROOM-32U+5dbiAntena	20 g	hwthinker	1	125.500	-
2.	Sensor DHT11	-	Offline	1	20.000	-
3.	Casing DHT11	-	Offline	1	20.000	-
4.	Temperature Meter	250 g	supono store99	1	60.000	22.000
5.	Sensor BH1750	20 g	EasyWare Electronics	1	50.000	22.000
6.	Digital Lux Light Meter	250 g	Teknik Grosir	1	300.000	22.000

6	Charger USB dual ports	120 g	Hippo Official Store	1	59.000	22.000
8.	Relay 4-Channel	120 g	Offline	1	25.000	-
9.	Plain PCB 17 x 8	-	Offline	1	10.000	-
10.	Terminal Kabel isi 3	-	Offline	1	40.000	-
11.	Panel box outdoor push	3 kg	listrikmurahonline	1	265.000	66.000
13.	Pompa DC 12 V 130Psi	2.2 kg	Tukura	1	288.800	44.000
15.	MiFi 4G LTE	400 g	Rodson Official Store	1	499.000	22.000
16.	Paket Data	-	Offline	1	50.000	-

17.	Lampu Sorot Halogen 40W	255 g	dachie corner	1	171.000	22.000
Total					1.811.000	242.000
Total Keseluruhan					2.053.000	

DAFTAR PUSTAKA

- apogeeinstruments.com. (n.d.). *Conversion - PPFD to Lux*. Retrieved January 17, 2023, from <https://www.apogeeinstruments.com/conversion-ppfd-to-lux/>
- Bassil, Y., Mohammed, N., Munassar, A., Govardhan, A., Leau, Y., Loo, W. K., Tham, W. Y., Tan, S. F., Balaji, S., Capretz, L. F., Ahmed, F., Ruparelia, N. B., STOICA, M., MIRCEA, M., GHILIC-MICU, B., Basha, S., Ponnurangam, D., Massey, V. and Satao, K. J., Bassil, Y., ... Govardhan, A. (2012). Making Sense of Software Development and. *International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT)*, 2(5).
- Bosch, G., Zhang, S., Oonincx, D. G. A. B., & Hendriks, W. H. (2014). Protein quality of insects as potential ingredients for dog and cat foods. *Journal of Nutritional Science*, 3. <https://doi.org/10.1017/jns.2014.23>
- Briscoe, A. D., & Chittka, L. (2001). The evolution of color vision in insects. In *Annual Review of Entomology* (Vol. 46). <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.46.1.471>
- Čičková, H., Newton, G. L., Lacy, R. C., & Kozánek, M. (2015). The use of fly larvae for organic waste treatment. *Waste Management*, 35, 68–80. <https://doi.org/10.1016/J.WASMAN.2014.09.026>
- Components101.com. (2019, August 6). *BH1750 – Ambient Light Sensor*. <https://components101.com/sensors/bh1750-ambient-light-sensor>
- Components101.com. (2021, July 17). *DHT11 – Temperature and Humidity Sensor* .
- Kho, D. (n.d.). *Pengertian LCD (Liquid Crystal Display) dan Prinsip Kerja LCD*. Retrieved January 20, 2023, from <https://teknikelektronika.com/pengertian-lcd-liquid-crystal-display-prinsip-kerja-lcd/>
- Kho, D. (2021). *Pengertian Relay dan Fungsinya*. <https://teknikelektronika.com/pengertian-relay-fungsi-relay/>
- Li, Q., Zheng, L., Qiu, N., Cai, H., Tomberlin, J. K., & Yu, Z. (2011). Bioconversion of dairy manure by black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) for biodiesel and sugar production. *Waste Management*, 31(6). <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2011.01.005>
- Mahdi, M. I., & Bayu, D. (2021, February 8). *Indonesia Hasilkan 21,88 Juta Ton Sampah pada 2021*. <https://dataindonesia.id/ragam/detail/indonesia-hasilkan-2188-juta-ton-sampah-pada-2021>
- Undang-undang Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah, (2008).
- RACHMAWATI, R., BUCHORI, D., HIDAYAT, P., HEM, S., & FAHMI, M. R. (2015). Perkembangan dan Kandungan Nutrisi Larva *Hermetia illucens* (Linnaeus) (Diptera: Stratiomyidae) pada Bungkil Kelapa Sawit. *Jurnal Entomologi Indonesia*, 7(1). <https://doi.org/10.5994/jei.7.1.28>

- Rambet, V., Umboh, J. F., Tulung, Y. L. R., & Kowel, Y. H. S. (2015). KECERNAAN PROTEIN DAN ENERGI RANSUM BROILER YANG MENGGUNAKAN TEPUNG MAGGOT (*HERMETIA ILLUCENS*) SEBAGAI PENGANTI TEPUNG IKAN. *ZOOTEC*, 35(2). <https://doi.org/10.35792/zot.36.1.2016.9314>
- rangkaianelektronika.info. (n.d.). *Saklar Toggle ON / OFF : Fungsi, Pengertian Serta Cara Kerja*. Retrieved January 20, 2023, from <https://rangkaianelektronika.info/saklar-toggle-on-off-fungsi-pengertian-serta-cara-kerja/>
- Santos, R., & Santos, S. (2020). *ESP32 NTP Client-Server: Get Date and Time (Arduino IDE)*. <https://randomnerdtutorials.com/esp32-date-time-ntp-client-server-arduino/>
- Setiawan, R. (2021, October 8). *Memahami Apa Itu Internet of Things*. <https://www.dicoding.com/blog/apa-itu-internet-of-things/>
- Sheppard, D. C., Tomberlin, J. K., Joyce, J. A., Kiser, B. C., & Sumner, S. M. (2002). Rearing methods for the black soldier fly (diptera: Stratiomyidae). *Journal of Medical Entomology*, 39(4). <https://doi.org/10.1603/0022-2585-39.4.695>
- SIPSN. (2022). *SIPSN (Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional)*. <https://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/>
- Tomberlin, J. K., Adler, P. H., & Myers, H. M. (2009). Development of the black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) in relation to temperature. *Environmental Entomology*, 38(3). <https://doi.org/10.1603/022.038.0347>
- Tomberlin, J. K., & Sheppard, D. C. (2002). Factors influencing mating and oviposition of black soldier flies (Diptera: Stratiomyidae) in a colony. *Journal of Entomological Science*, 37(4). <https://doi.org/10.18474/0749-8004-37.4.345>
- Wardhana, A. H., Besar, B., Veteriner, P., & Re, J. (2016). *Black Soldier Fly (Hermetia illucens) sebagai Sumber Protein Alternatif untuk Pakan Ternak (Black Soldier Fly (Hermetia illucens) as an Alternative Protein Source for Animal Feed)*. 26(2), 69–078. <https://doi.org/10.14334/wartazoa.v26i2.1218>
- Wikipedia.com. (2022a). *Espressif Systems ESP32*. <https://en.wikipedia.org/wiki/ESP32>
- Wikipedia.com. (2022b). *Halogen Lamp*. https://en.wikipedia.org/wiki/Halogen_lamp
- Wikipedia.com. (2022c). *Telegram*. [https://en.wikipedia.org/wiki/Telegram_\(software\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Telegram_(software))