

PROPOSAL TUGAS AKHIR VERSI 0.2

Inkubator Pemantauan Kualitas Benih Padi



Penyusun:

Bagas Abdul Malik (20524023)

Fitri Kurniawati Yudiasti (20524175)

Program Studi Teknik Elektro

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta

2024

HALAMAN PENGESAHAN

Inkubator Pemantauan Kualitas Benih Padi

Penyusun:

Bagas Abdul Malik (20524023)

Fitri Kurniawati Yudiasti (20524175)

Yogyakarta, 4 Januari 2024

Dosen Pembimbing 1



ELVIRA SUKMA WAHYUNI, S.Pd., M.Eng.

155231301

Program Studi Teknik Elektro

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta

2024

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	3
RINGKASAN HASIL AKHIR	5
BAB 1. PENDAHULUAN	6
1.1 Latar belakang dan Identifikasi Masalah	6
1.2 Rumusan Masalah	9
1.3 Tujuan	9
1.4 Batasan Masalah	9
1.5 Batasan Realistis Aspek Keteknikan	9
BAB 2. IDENTIFIKASI KEBUTUHAN SISTEM	11
2.1 Studi Literatur dan Observasi	11
2.2 Dasar Teori	15
2.2.1 Benih Padi	15
2.2.2 Internet of Things (IoT)	16
2.2.3 Sensor Kelembaban	17
2.2.4 Sensor Suhu	17
2.2.5 <i>Image Processing</i>	17
2.2.6 Mikrokontroler	18
2.3 Analisis <i>Stakeholder</i>	18
2.4 Analisis Aspek yang Mempengaruhi Sistem	19
2.5 Spesifikasi Sistem	20
BAB 3. USULAN SOLUSI	21
3.1 Usulan Solusi 1	22
3.1.1 Desain Sistem 1	22
3.1.2 Rencana Anggaran Desain Sistem 1	30
3.1.3 Analisis Risiko Desain 1	30
3.1.4 Pengukuran Performa	31
3.2 Usulan Solusi 2	31
3.2.1 Desain Sistem 2	31
3.2.2 Rencana Anggaran Desain 2	37
3.3 Analisis dan Penentuan Usulan Solusi/Desain Terbaik	38
3.4 <i>Gantt Chart</i>	39

3.5	Realisasi Pelaksanaan Tugas Akhir 1	40
BAB 4. HASIL RANCANGAN DAN METODE PENGUKURAN		42
4.1	Hasil Rancangan Sistem.....	42
4.1.1	Rangkaian elektronik	42
4.1.2	Gambar desain 3D	43
4.1.3	<i>Software</i> atau <i>interface</i>	44
4.1.4	Foto hasil akhir perancangan.....	45
4.2	Metode Pengukuran Kinerja Hasil Perancangan.....	47
4.2.1	Metode Uji Coba	48
4.2.2	Pengujian Keberhasilan Deteksi.....	48
4.2.3	Pengujian akurasi sensor	49
4.2.4	Pengujian Internet of Things (IoT)	49
4.2.5	System Usability Scale (SUS)	50
BAB 5. HASIL PENGUKURAN DAN ANALISIS		52
5.1.	Analisis Hasil	52
5.1.1	Hasil dan Analisis Pengujian Indikator	52
5.1.1.1	Training Model Kecambah Padi	52
5.1.1.2	Hasil Deteksi.....	54
5.1.1.3	Hasil Pembacaan Sensor Suhu	56
5.1.1.4	Pengukuran Performa IoT.....	57
	Tabel 5.4 Hasil Pengukuran Delay	57
5.1.2	Pemenuhan Spesifikasi Sistem.....	58
5.1.3	Pengalaman Pengguna	59
5.1.4	Kesesuaian Perencanaan dalam Manajemen Tim dan Realisasinya	60
5.2	Dampak Implementasi Sistem	63
BAB 6. KESIMPULAN DAN SARAN		64
6.1	Kesimpulan.....	64
6.2	Saran.....	64
DAFTAR PUSTAKA.....		65
LAMPIRAN – LAMPIRAN		67

RINGKASAN HASIL AKHIR

Pangan adalah kebutuhan dasar manusia, sehingga penting untuk memastikan ketersediaannya. Pemerintah berfokus pada produksi padi berkualitas. Peningkatan produksi padi dipengaruhi oleh penggunaan benih unggul. Namun untuk mengetahui bahwa benih tersebut unggul memerlukan pengujian kualitas benih padi. Kendala pada pengujian benih padi terletak pada biaya yang dikeluarkan untuk melakukan pengujian benih. Pemantauan kualitas benih penting untuk meningkatkan produksi padi. Dengan demikian alat kami dapat digunakan untuk melakukan pengujian benih padi dengan menggunakan *image processing* pada raspberry pi 4 yang dilengkapi dengan fitur-fitur yang dapat dikendalikan dengan menggunakan *Telegram*.

Hasil pengujian alat menunjukkan bahwa sistem ini dapat diandalkan dalam melakukan deteksi gambar dengan dua klasifikasi yakni kecambah normal dan abnormal. Rata-rata error yang dihitung pada pembacaan suhu dan kelembaban yakni nilai error suhu sebesar 1,28% dan kelembaban sebesar 1,67%. Pada deteksi objek terdapat objek yang tidak dapat terdeteksi yang disebabkan sampel yang kurang bervariasi. Cahaya dan bayangan juga berpengaruh pada hasil pembacaan deteksi.

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang dan Identifikasi Masalah

Pangan adalah salah satu kebutuhan dasar yang harus dipenuhi oleh setiap manusia, sehingga sangat penting untuk memastikan bahwa kebutuhan pangan perlu dipenuhi dengan baik. Ketersediaan pangan menjadi perhatian khusus bagi pemerintah untuk mencukupi kebutuhan pangan dengan produksi padi yang berkualitas. Dari hasil survei KSA (Kerangka Sampel Area) pada tahun 2021 dan 2022, puncak panen tertinggi padi berada di bulan Maret dan terendah berada di bulan Desember. Pada tahun 2021, luas panen padi sebesar 10,41 juta hektar dan produksi padi sebesar 54,42 juta ton GKG (Gabah Kering Giling). Sedangkan pada tahun 2022, total luas panen padi sebesar 10,45 juta hektar dan total produksi padi sebesar 54,75 juta ton GKG[1]. Pada Gambar 1.1 merupakan hasil data dari kedua tahun tersebut, pada tahun 2022 mengalami kenaikan produksi padi dari tahun 2021.



Gambar 1.1 Perkembangan Luas Panen dan Produksi Padi di Indonesia Tahun 2022 [1]

Dalam upaya peningkatan produksi padi terdapat faktor penting yang mempengaruhi ialah penggunaan benih unggul dan berkualitas. Penggunaan benih dengan varietas unggul dapat meningkatkan jumlah produksi padi[2]. Untuk memaksimalkan jumlah produksi padi maka perlu melakukan pemantauan kualitas benih padi. Benih juga dapat menyebabkan gagal panen tanaman padi. Benih yang tidak layak untuk dipakai dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu temperatur dan kelembaban. Benih yang sudah rusak tidak akan menghasilkan tanaman padi yang berkualitas atau dapat mengurangi jumlah produksi padi. Berdasarkan liputan Aceh Journal National Network, 9

Agustus 2019, Petani di Kecamatan Indrapuri, Kabupaten Aceh Besar, mengalami gagal panen. Hal tersebut disebabkan dari kualitas benih bantuan pemerintah yang tidak baik[3]. Terdapat kendala pengujian daya berkecambah padi oleh petani, di antaranya alat pengujian kualitas benih yang tidak memadai dan anggaran biaya berlebih untuk melakukan pengujian benih[4].

Menurut informasi dari BPP (Balai Penyuluhan Pertanian) Pakem Sleman, terdapat petani yang menghasilkan benih padi bersertifikat BPSBP (Badan Pengawasan dan Sertifikasi Benih Pertanian) dan benih lokal yang belum memiliki sertifikat dari BPSBP. Penggunaan benih lokal yang tidak bersertifikat BPSBP umumnya mengakibatkan resiko gagal panen yang tinggi karena pengeringan gabah setelah panen dan penyimpanan benih yang kurang terawasi. Para petani ini tidak melakukan uji benih karena mereka hanya menghasilkan benih padi lokal yang dalam jumlah terbatas dan belum tentu diproduksi secara berkelanjutan. Sehingga dibutuhkan pemantauan kualitas benih padi menggunakan alat yang dapat membantu dalam seleksi varietas tanaman dan mengevaluasi kualitas benih untuk memenuhi kebutuhan petani.

Dengan adanya permasalahan tersebut, kami membutuhkan data observasi untuk membantu menyelesaikan masalah tersebut. Kami melakukan observasi tentang benih padi dengan BPSBP Dinas Pertanian DIY (Daerah Istimewa Yogyakarta). Narasumber yang kami wawancara merupakan salah satu pegawai BPSBP yang memiliki fokus terhadap benih padi. Kami menyampaikan pertanyaan kepada narasumber agar mendapat jawaban dari narasumber yang ditunjukkan pada Tabel 1.1 berikut.

Tabel 1.1. Hasil survei antara pengembang dan pengguna

Pertanyaan	Jawaban/tanggapan
Mengapa benih perlu memasuki proses Lab?	Sebelum benih diedarkan ke umum perlu memasuki proses laboratorium terlebih dahulu untuk mengetahui persentase keberhasilan benih.
Bagaimana uji coba pada benih dilakukan?	Mengambil sampel pada beberapa titik lalu benih diletakkan pada kertas buram yang telah dibasahi dengan air kemudian kertas buram digulung dan didiamkan di dalam germinator pada rentang suhu 25 derajat hingga 30 derajat.

Berapa lama benih diamati di dalam lab	Maksimal pada hari ke 14 dan pengamatan dilakukan dengan acuan benih berhasil berkecambah dengan sempurna.
Kapan benih dapat dikatakan berkecambah	Ketika benih muncul radikula dan plumula.
Apakah proses perkecambahan memerlukan pelarut untuk tumbuh?	Tidak, hanya menggunakan air saja. Air yang digunakan merupakan air yang sudah didemineralisasi, air yang sudah di deionisasi, air kran dan air dari sumber mata air.
Apa saja yang diamati di dalam lab saat proses berkecambah	Mengamati daya berkecambah yang ditandai dengan kecambah normal dan kecambah abnormal.
Kendala yang dihadapi dengan sistem pemantau yang ada?	Suplai listrik untuk menjaga suhu dan kelembaban saat listrik mati.
Bagaimana akurasi hasil pemantauan daya berkecambah padi?	Pemantauan daya berkecambah masih menggunakan seleksi secara manual.
Apa teknologi yang dibutuhkan agar mempermudah proses pemantauan daya berkecambah padi?	Kendali suhu saat ini masih dilakukan secara manual sehingga membutuhkan sistem kendali otomatis untuk mempermudah proses pemantauan daya berkecambah padi.

Dari hasil observasi yang kami peroleh, kami menemukan solusi dengan membuat alat berupa inkubator yang memiliki fungsi sebagai monitoring benih dalam inkubator untuk mengetahui daya berkecambah benih yang berbasis *IoT (Internet of Things)*. Inkubator pemantauan kualitas benih padi guna memudahkan petani dalam melakukan pengujian kualitas benih. Pengujian tersebut dilakukan dengan memonitor benih yang ada di dalam inkubator yang terdapat sensor temperatur dan kelembaban untuk menghasilkan data. Tidak hanya itu alat ini dapat membantu user untuk mengukur daya berkecambah yang ditandai dengan keberhasilan benih dalam berkecambah. Proses tersebut memanfaatkan fitur pemrosesan gambar untuk mendapatkan ukuran berupa tinggi benih saat proses berkecambah dan jumlah benih yang memiliki pertumbuhan yang baik dapat berupa tinggi diantara benih lain dan beberapa parameter lainnya.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa dibutuhkannya suatu alat untuk memantau kualitas benih dan mampu menghitung pada benih padi. Alat yang dimaksud berupa inkubator yang dilengkapi *IOT*, dimana hasil pembacaan sensor pada alat dapat langsung dikirimkan ke pengguna untuk mengetahui jumlah dan kualitas benih padi dengan menggunakan fitur pemrosesan gambar.

1.3 Tujuan

Tujuan kegiatan ini adalah membuat inkubator dengan sistem pemantauan kualitas benih padi dengan fitur penampil pada inkubator. Pengguna dapat mengetahui kualitas benih padi dengan memanfaatkan teknologi keadaan ruang dalam inkubator dan dapat memberikan kendali dari jarak jauh. Pengguna dapat mengetahui jumlah benih yang berhasil berkecambah.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dari Inkubator Pemantauan Kualitas Benih yaitu :

1. Alat ini hanya dapat mendeteksi suhu dan kelembaban pada ruang inkubator.
2. Alat ini akan mengirim informasi ke pengguna, namun tidak memberikan analisis.
3. Alat ini dapat menampilkan jumlah dan kualitas benih padi.

1.5 Batasan Realistis Aspek Keteknikan

1. Alat ini memiliki desain yang minimalis yakni hanya berukuran 40 x 30 x 22 cm sehingga hanya dapat menampung sedikit benih dalam sekali pengamatan.
2. Alat ini menggunakan sensor DHT sebagai elemen untuk mengukur suhu dan kelembaban pada ruang inkubator
3. Inkubator membutuhkan internet dikarenakan berbasis IoT maka membutuhkan jaringan internet untuk melakukan komunikasi dengan *smartphone* pengguna. Melalui *smartphone* pengguna dapat melakukan monitoring pada ruang inkubator.
4. Standar protokol komunikasi menggunakan acuan dari IEEE 802.11 sebagai jaringan Wifi.
5. Pengujian daya berkecambah dengan menggunakan standar *International Seed Testing Association (ISTA) Rules* merupakan acuan internasional yang diakui untuk metode pengujian benih.
6. Dalam perancangan instalasi listrik dari alat inkubator menggunakan standar Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2011. Keamanan dari alat inkubator dengan

memperhatikan sambungan kabel agar antar kabel tidak saling mengenai untuk mencegah terjadinya konsleting.

7. Inkubator menggunakan bahan isolator agar suhu dalam inkubator dapat mengikuti suhu luar atau suhu ruangan.
8. Penggunaan inkubator membutuhkan daya listrik untuk melakukan pengujian benih, karena dalam melakukan pemantauan benih menggunakan komponen elektronik. Inkubator ini menggunakan listrik *AC (Alternating Current)* dengan tegangan 220 volt atau listrik rumah. Alat ini tidak menggunakan daya listrik cadangan, jadi apabila listrik padam inkubator ini tidak dapat melakukan pemantauan benih.
9. Inkubator dilengkapi dengan kamera guna menangkap gambar benih pada ruang inkubator. Kualitas gambar diambil dengan kamera yang dapat melakukan deteksi objek dari kecambah, berupa objek daun, batang dan akar kecambah.

BAB 2. IDENTIFIKASI KEBUTUHAN SISTEM

2.1 Studi Literatur dan Observasi

Dalam pembuatan alat inkubator pemantauan kualitas benih padi membutuhkan observasi melalui studi literatur dan observasi lapangan. Hasil dari observasi akan digunakan untuk menentukan spesifikasi sistem. Hasil studi literatur dan solusi sejenis ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Hasil Studi Literatur Solusi Sejenis

Judul	Usulan solusi	Hasil/Evaluasi (Kelebihan/Kekurangan)
<i>Monitoring of Ocimum basilicum seeds growth with image processing and fuzzy logic techniques based on Cloudino-IoT and FIWARE platforms[5].</i>	Solusi yang ditawarkan peneliti berupa pemantauan ruang perkecambahan dengan variabel suhu dan kelembaban yang dapat dikontrol, melakukan pemantauan secara <i>real-time</i> dengan menggunakan Cloudino-IoT dan FIWARE cloud. Selain itu, peneliti menggunakan <i>image processing</i> untuk pemantauan benih.	<p>Hasil: Sistem pemantauan perkecambahan pada benih basilika <i>Ocimum</i> yang dapat melakukan pemantauan suhu dan kelembaban dengan menggunakan metode fuzzy, serta mampu mengukur panjang radikula pada benih dengan menggunakan <i>image processing</i>.</p> <p>Kelebihan: Pemantauan benih dilakukan tanpa membuka inkubator guna menjaga kualitas benih dalam proses berkecambah, pemantauan benih dapat dilakukan secara <i>real-time</i>.</p> <p>Kekurangan: Kontrol suhu dan kelembaban dalam ruang inkubator dilakukan secara manual.</p>
Efektifitas Daya Berkecambah Benih Padi	Melakukan pengujian dengan tiga metode	Hasil: Metode <i>between paper</i> dan metode <i>pleated paper</i> merupakan

Pandanwangi dengan menggunakan Metode Kertas[6].	dengan menggunakan tiga jenis kertas yang berbeda.	metode yang memberikan pengaruh terbaik untuk parameter persentase kecambah normal, panjang rata-rata radikula, dan panjang rata-rata plumula. Jenis kertas stensil memberikan pengaruh terbaik untuk dua parameter tersebut. Kelebihan: Mengetahui metode yang paling berpengaruh pada proses perkecambahan. Kekurangan: Pemilihan metode konvensional serta media tanam yang biasa digunakan, tanpa ada tambahan teknologi.
Perancangan Inkubator Bakteri Berbasis WEB Sebagai Inovasi Penunjang Laboratorium Mikrobiologi[7].	Merancang inkubator bakteri yang ekonomis dengan daya rendah yang dilengkapi dengan sistem pemantauan suhu menggunakan sensor suhu DS8B20 berbasis web server ubidots yang dikirim melalui ESP8266.	Hasil: Ruang inkubator memiliki persentase error suhu yang rendah, membutuhkan daya rendah dibanding dengan sistem inkubator pada umumnya. Kelebihan: Inkubator memiliki sistem monitoring dan notifikasi yang akurat dan efisien. Kekurangan: Membutuhkan koneksi internet yang stabil.
<i>IoT-based Smart Mini Greenhouse</i> [8].	Penelitian ini bertujuan untuk mengatasi masalah dalam	Hasil: Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa <i>IoT-based Smart Mini Greenhouse</i> mampu

	<p>pertanian, seperti pengaturan suhu dan kelembaban yang tidak stabil dengan mengembangkan <i>IoT-based Smart Mini Greenhouse</i>.</p>	<p>meningkatkan efisiensi penggunaan energi serta menghasilkan tanaman yang lebih baik</p> <p>Kelebihan: Mampu meningkatkan efisiensi energi dan menghasilkan tanaman yang baik</p> <p>Kekurangan: Biaya dalam pengembangan <i>IoT-based Smart Mini Greenhouse</i> masih cukup tinggi dan memerlukan perawatan yang ekstra.</p>
<p>Rancang Bangun Inkubator Tanaman Anggrek[9].</p>	<p>Membuat inkubator yang dapat memanipulasi iklim berbasis IoT menggunakan ESP32 dilengkapi dengan dashboard berbasis mobile guna mengoptimalkan pelestarian tanaman anggrek.</p>	<p>Hasil: Membuat inkubator tanaman anggrek dengan sistem pemantau intensitas cahaya, kelembapan, suhu dan tingkat pH air.</p> <p>Kelebihan: Inkubator dapat memonitoring dan pengontrolan terhadap pH air secara realtime yang dapat diakses dimanapun dan kapanpun dengan menggunakan aplikasi mobile.</p> <p>Kekurangan: Import data pembacaan sensor ke csv memerlukan fitur premium blynk yang mengakibatkan peningkatan biaya. Sistem alat ini belum memperhatikan kondisi nutrisi air</p>

		dalam inkubator. Sistem alat ini tidak dapat bekerja bila listrik padam.
Sistem Pengendalian Suhu pada Inkubator Fermentasi Tempe dengan Metode Proportional Integral Derivative (PID) Secara Digital[10].	Tujuan dari penelitian ini untuk merancang sistem inkubator fermentasi yang dapat mengendalikan suhu saat proses fermentasi tempe serta dapat mempersingkat proses fermentasi. Penelitian ini menggunakan metode PID dengan tuning Ziegler-Nichols 1. Metode PID berfungsi untuk menstabilkan suhu pada set point yaitu 36 derajat celcius.	<p>Hasil: Pengendali PID dengan tuning Ziegler-Nichols 1 dapat menstabilkan suhu 36 derajat celcius yang memiliki error steady state sebesar 0,2% dan dapat mempersingkat waktu 16 jam dibandingkan fermentasi tradisional dengan waktu 48-72 jam.</p> <p>Kelebihan: Menggunakan metode PID dapat mempersingkat waktu fermentasi tempe</p> <p>Kekurangan: Penelitian ini lebih fokus pada perbandingan fermentasi tradisional dan inkubator fermentasi tempe serta karakteristik respon sistem dalam penstabilan suhu 36 derajat celcius.</p>
Rancang Bangun Alat Perkecambahan Benih (Germinator) Portabel[11]	Merancang alat perkecambahan benih yang portabel serta memiliki akurasi yang baik untuk digunakan pengujian benih.	<p>Hasil : Alat ini dapat menguji daya berkecambah.</p> <p>Kelebihan : Alat ini menunjukkan performa yang baik terhadap hasil pengujian, memiliki pengendali suhu dan memiliki sumber cahaya yang memberikan pengaruh yang baik pada hasil perkecambahan.</p>

		Kekurangan : Belum melakukan pengujian pada benih berbiji keras.
--	--	---

Berdasarkan hasil studi literatur yang telah dilakukan memberikan pemahaman bagi penulis mengenai kelebihan dan kekurangan dari beberapa alat serupa yang telah dibuat sebelumnya, sehingga penulis dapat memperhatikan beberapa hal untuk mengembangkan pemantauan kualitas benih padi. Dari hasil studi literatur penulis dapat menentukan sistem yang dibutuhkan.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Benih Padi

Benih padi adalah bahan dasar berupa biji-bijian yang berasal dari tanaman padi dan digunakan oleh petani untuk menanam tanaman padi. Pada masing-masing benih memiliki genetik dan kualitas yang berbeda-beda. Produktivitas serta hasil panen padi dapat dipengaruhi dari kualitas benih padi[2]. Maka dari itu, pemantauan kualitas benih dibutuhkan untuk membantu dalam pengujian kualitas benih agar tidak terjadi gagal panen.

Benih padi dapat dikatakan berkualitas apabila benih tersebut sudah diuji daya berkecambah. Benih padi yang berkualitas saat berkecambah memiliki struktur yang terdiri dari akar, batang dan daun. Kondisi suhu dan kelembaban di tempat penyimpanan benih perlu diperhatikan, karena kedua kondisi tersebut mempengaruhi benih saat proses berkecambah. Suhu yang digunakan saat proses berkecambah yaitu 20 hingga 30 derajat celcius. Benih padi memerlukan kelembaban agar dalam proses berkecambah tidak terhambat.

Benih padi yang tidak berkualitas saat berkecambah akan terdapat struktur yang hilang maupun rusak. Benih yang tidak berkualitas dapat mengakibatkan hasil panen yang tidak optimal. Penyimpanan benih padi yang tidak diperhatikan tanpa memantau suhu dan kelembaban dapat mempengaruhi kualitas benih. Asal-usul benih juga mempengaruhi kualitas benih padi dan ketepatan waktu ketika panen juga dapat mempengaruhi kualitas benih padi[12].

Perhitungan daya berkecambah dilakukan dengan bantuan image processing, dimana merekam sampel pada kecambah untuk dilakukan analisis secara otomatis, berikut klasifikasi daya berkecambah :

- Kecambah Normal

Kecambah normal merupakan pertumbuhan biji-bijian yang sesuai dengan perkembangan alamnya. Kecambah memiliki pertumbuhan akar yang baik, hipokotil tumbuh dengan sempurna tidak terdapat kerusakan pada struktur jaringannya. Plumula memiliki daun yang hijau dan tumbuh dengan baik yang muncul dari koleoptil. Epikotil memiliki pertumbuhan yang baik dengan kuncup yang normal.

- Kecambah Abnormal

Kecambah abnormal adalah pertumbuhan biji-bijian yang tidak mengikuti pola pertumbuhan yang diharapkan atau sehat. Kriteria kecambah abnormal yakni kecambah yang memiliki kerusakan seperti tidak memiliki kotiledon, kecambah memiliki bentuk yang cacat, kecambah memiliki pertumbuhan yang lemah atau tidak seimbang pada bagian-bagian pentingnya. Kecambah memiliki akar yang pendek, kecambah tidak memiliki daun.

- Benih Mati

Benih membusuk sebelum berkecambah atau tidak tumbuh setelah jangka waktu pengujian yang ditentukan, namun bukan dalam keadaan dorman, mungkin mengalami masalah fisiologis atau patologis.

- Benih Keras

Benih yang di akhir pengujian masih keras dikarenakan tidak menyerap air.

- Benih Segar Tidak Tumbuh

Benih yang tidak tumbuh sampai akhir pengujian, namun memiliki kemampuan untuk tumbuh menjadi normal[13].

2.2.2 Internet of Things (IoT)

Internet of Things (IoT) merupakan koneksi serta interaksi antar perangkat fisik dengan menggunakan jaringan internet. *IoT* bermanfaat untuk memperoleh data dari jarak jauh, seperti data dari sensor yang membaca keadaan sekitar. Data dari hasil pembacaan sensor membutuhkan penyajian agar dapat dimengerti oleh pengguna. Dengan adanya IoT

memperluas manfaat dari konektivitas internet yang terhubung secara terus menerus dalam menghubungkan sistem untuk berkolaborasi[14].

2.2.3 Sensor Kelembaban

Sensor kelembaban adalah salah satu perangkat elektronik yang berfungsi untuk mengukur tingkat kelembaban atau kadar air pada lingkungan tertentu. Kelembaban menjadi salah satu parameter penting dalam tanaman, karena dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman seperti padi[15]. Sensor kelembaban perlu dikalibrasi untuk memastikan pengukuran yang akurat dan konsisten. Kalibrasi ini dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran sensor dengan standar yang sudah diketahui.

2.2.4 Sensor Suhu

Sensor suhu adalah salah satu perangkat elektronik yang digunakan untuk mengukur perubahan suhu pada suatu lingkungan tertentu. Penggunaan sensor suhu pada suatu sistem dapat membantu memantau suhu dalam suatu proses[16]. Dalam penggunaan sensor suhu perlu dikalibrasi untuk memastikan bahwa sensor memberikan hasil pengukuran yang akurat. Seiring berjalannya waktu, sensor suhu dapat mengalami perubahan responnya. Hal tersebut dapat terjadi karena dipengaruhi oleh faktor umur pemakaian. Sebelum digunakan perlu melakukan kalibrasi suhu dengan cara menggunakan sensor suhu sejenis baru pada lingkungan yang sama. Hal ini bertujuan untuk memastikan bahwa sensor dapat memberikan hasil yang akurat dan dapat diandalkan.

2.2.5 Image Processing

Pemrosesan gambar untuk mendeteksi objek merupakan teknik pengolahan citra yang digunakan untuk mendeteksi keberadaan objek pada suatu gambar maupun video. Mendeteksi objek dapat berupa objek struktur tanaman seperti daun dan batang. Pada bagian daun dan batang dideteksi dari bentuk, warna serta teksturnya. Aplikasi dari deteksi objek yaitu pengukuran pertumbuhan pada tanaman. Mendeteksi objek struktur tanaman dapat membantu produksi pertanian.

Dalam pemrosesan gambar, terdapat *image segmentation* yang berfungsi untuk membagi citra menjadi beberapa bagian, pada masing-masing segmen mewakili bagian dari objek yang mempunyai karakteristik visual yang sama. Segmentasi citra berdasarkan objek yang dipilih seperti kecerahan, warna, tekstur dan ukuran. Segmentasi citra dapat digunakan untuk melakukan pengenalan objek.

Image detection juga merupakan teknologi komputer untuk memproses gambar maupun mendeteksi objek di dalamnya. Dalam *image detection* memiliki beberapa teknik, salah satunya yaitu *Convolutional Neural Network* (CNN). CNN adalah salah satu teknik *image processing* yang mampu memproses gambar secara efektif serta efisien. Pada *image detection* memiliki dua jenis tugas utama yaitu deteksi objek dan klasifikasi objek. Deteksi objek memiliki tujuan untuk menemukan objek pada gambar serta menandai posisi objek tersebut. Sedangkan klasifikasi objek memiliki tujuan untuk mengidentifikasi jenis objek pada gambar.

Image classification berfungsi untuk memberi label maupun kelas dalam sebuah gambar. Klasifikasi gambar mengambil gambar sebagai input serta mengembalikan prediksi tentang kelas mana gambar tersebut termasuk. Pada *machine learning*, klasifikasi gambar adalah salah satu metode untuk mendeteksi gambar dengan cepat[17].

2.2.6 Mikrokontroler

Mikrokontroler merupakan salah satu perangkat elektronik yang memiliki fungsi untuk pusat dari pemrosesan serta kendali pada sistem elektronik[18]. Kumpulan dari beberapa sensor maupun perangkat elektronik dapat disatukan dengan menggunakan mikrokontroler untuk memperoleh sistem kendali yang diinginkan.

2.3 Analisis Stakeholder

Alat dapat digunakan oleh beberapa pengguna dalam pengujian daya berkecambah, pada tabel 2.2 disebutkan stakeholder terkait.

Tabel 2.2 Analisis Stakeholder

No.	Stakeholder	Analisis Stakeholder
1.	Petani	Alat ini dapat digunakan untuk membantu petani dalam pengujian benih hasil produksinya sendiri. Benih produksinya yang tidak dilakukan uji lab dengan tujuan untuk digunakan sendiri tanpa dijual antar kelompok petani. Petani melakukan pengujian tersebut agar dapat meminimalisir terjadinya gagal panen.

2.	Produsen benih	Produsen benih dalam menggunakan alat ini dapat membantu pengujian benih produksinya sebelum mengirimkan ke badan pengamatan benih. Jadi dapat meminimalisir pengeluaran biaya untuk melakukan pengujian di badan pengamatan benih.
3.	Badan pengamatan benih	Badan pengamatan benih dengan menggunakan alat ini dapat membantu proses pengujian benih untuk menghasilkan benih yang bersertifikat. Penggunaan alat ini dapat dimonitor dan dikontrol dari jarak jauh, jadi apabila alat ini berada di kantor dan pengamat di rumah, dapat membantu proses pengujian.

2.4 Analisis Aspek yang Mempengaruhi Sistem

1. Bidang Lingkungan

Kondisi lingkungan dapat mempengaruhi proses perkecambahan benih. Oleh karena itu, penting untuk menjaga kondisi lingkungan di dalam inkubator, sehingga diperlukan sistem pemantauan suhu dan kelembaban di dalamnya.

2. Bidang Teknologi

Sistem alat ini membutuhkan internet dalam penggunaannya. Alat ini berbasis *IoT* sehingga dalam penggunaannya dapat dilakukan dari jarak jauh. Dengan tersedianya akses internet, memungkinkan pengguna untuk melakukan pemantauan dan pengendalian sistem secara efektif dan efisien bahkan jika berada di lokasi yang berjauhan.

3. Bidang Ekonomi

Alat ini dirancang dengan memperhatikan aspek ekonomi dengan melakukan pemilihan komponen dan bahan. Pertimbangan kami yaitu menggunakan komponen yang dapat melakukan pendeteksian berbasis *IoT* dan menggunakan kamera yang dapat mendeteksi ukuran sekecil benih. Sedangkan pertimbangan bahan, kami menggunakan bahan yang isolator panas dan memiliki konstruksi yang kuat.

4. Bidang Sosial

Proses perancangan sistem membutuhkan observasi kepada pihak-pihak yang terkait. Pihak yang terkait yaitu ada petani, produsen benih dan badan pengamatan benih. Membutuhkan observasi ke petani karena beliau yang menggunakan benih di lapangan.

Observasi ke produsen benih karena beliau yang menghasilkan produk berupa benih. Sedangkan observasi kepada badan pengamatan benih karena membantu validasi dalam perancangan serta pengujian alat.

2.5 Spesifikasi Sistem

Berdasarkan hasil studi literatur, dasar teori dan berbagai informasi dari hasil observasi untuk menyelesaikan masalah tersebut, didapatkan spesifikasi sistem yang diperlukan sebagai berikut:

- Sistem dirancang dapat melakukan monitoring suhu dan kelembaban pada ruang inkubator.
- Inkubator memiliki desain yang portabel (mudah dipindah sesuai keperluan) dan dapat menampung 10 benih.
- Sistem terkoneksi dengan jaringan WI-FI.
- Sistem mengirimkan notifikasi ke pengguna melalui aplikasi di *smartphone*.
- Sistem ini menggunakan sensor untuk mengukur suhu dan kelembaban pada ruang inkubator.
- Sistem ini dapat menampilkan indikator suhu, kelembaban serta benih yang berhasil berkecambah pada aplikasi di *smartphone*.
- Pemantauan sistem dapat dilakukan secara *real-time*.

BAB 3. USULAN SOLUSI

Dari rumusan masalah yang ada di BAB 1, kami memberikan usulan solusi untuk menjawab rumusan masalah dengan beberapa acuan sebagai dasar rancangan alat ini. Kami merancang alat ini berdasarkan konsep *design thinking*.



Gambar 3.1. Konsep *Design Thinking*

Berdasarkan Gambar 3.1 penulis menerapkan konsep tersebut sebagai acuan dalam pembuatan proyek. Konsep design thinking pembuatan proyek kami yaitu :

1. *Empathize*

Pada metode *empathize* ini, penulis mengidentifikasi bahwa terdapat resiko gagal panen karena petani terkendala dalam pemantauan kualitas benih yang diproduksinya.

2. *Define*

Pada metode *define* ini, kami mendefinisikan masalah tersebut terjadi karena alat yang tidak memadai dan kurangnya pemahaman terkait ketentuan pengujian benih.

3. *Ideate*

Mengusulkan ide merancang suatu alat inkubator yang dapat melakukan pemantauan kualitas benih padi dan jumlah kualitas benih padi.

4. *Prototype*

Menyusun alat dari ide yang telah diusulkan. Dimana *prototype* meliputi komponen-komponen yang digunakan, desain 3D hingga desain elektronis.

5. *Test*

Penulis akan melakukan uji coba terhadap alat inkubator pemantauan kualitas benih yang telah dibuat sesuai dengan spesifikasi sistemnya. Pada metode ini juga akan melakukan penyempurnaan alat apabila terdapat permasalahan pada alat maupun *software*.

6. *Implement*

Harapannya alat ini dapat digunakan oleh petani produsen benih ataupun penelitian suatu kelompok untuk memudahkan permasalahan mereka.

Pada alat inkubator pemantauan kualitas benih padi ini dapat digunakan untuk membantu petani dalam melakukan pemantauan benih. Penggunaan dari alat ini dibantu dengan listrik dan internet. Pemilihan bahan yang tidak membahayakan pengguna karena terdapat bahan yang dapat mencegah menghantarkan listrik untuk memisahkan komponen elektronik yang ada di dalam inkubator. Bahan dari inkubator tidak membahayakan pengguna karena bahan didesain agar tidak mencelakai pengguna. Kemudian memastikan komponen terpasang dengan benar dan sesuai dengan standar keselamatan dan kesehatan kerja. Dikarenakan IoT tidak terlepas dari jaringan internet maka standar protokol komunikasi diperlukan dengan menggunakan acuan dari IEEE 802.11 sebagai jaringan nirkabel lokal.

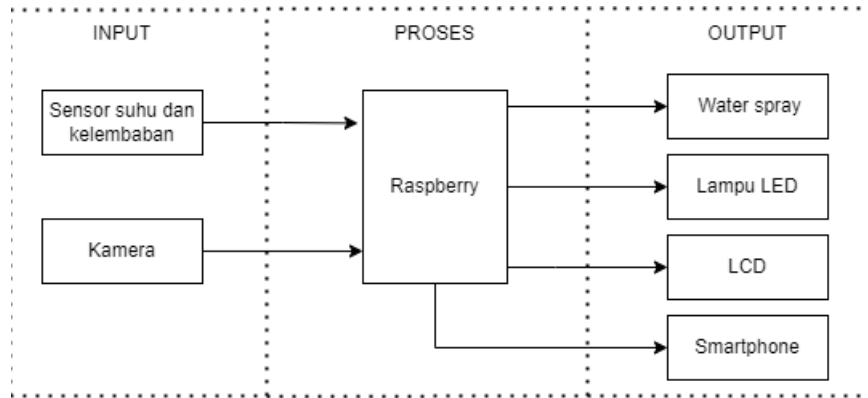
Metode yang digunakan untuk mengukur daya berkecambah menggunakan standar *International Seed Testing Association (ISTA) Rules* merupakan acuan internasional yang diakui untuk metode pengujian benih dengan standar yang telah melalui validasi ketat dan diterima secara internasional dalam industri perdagangan benih. Dari ide yang kami dapat, kami memberikan 2 usulan solusi.

3.1 Usulan Solusi 1

Solusi pertama yaitu merancang alat inkubator pemantauan kualitas benih padi yang dapat menghitung daya berkecambah padi. Sistem ini dilengkapi modul sensor suhu dan kelembaban yaitu DHT22. Sensor tersebut digunakan untuk memantau suhu dan kelembaban di ruang inkubator. Sistem dilengkapi dengan *IoT* yang dapat melakukan monitoring suhu dan kelembaban menggunakan *smartphone*. Sistem tersebut dapat dilakukan melalui *smartphone* dengan menggunakan aplikasi Telegram. Metode yang digunakan untuk menguji perkecambahan menggunakan metode *top paper*, dimana melakukan pengujian diatas kertas substrat sebanyak 3-4 lembar. Kemudian susun benih secara teratur diatas kertas sebanyak 10 butir benih padi.

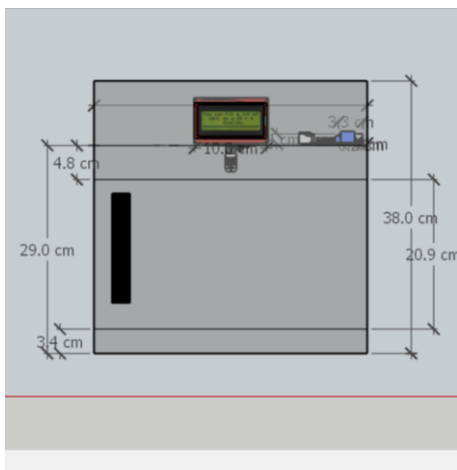
3.1.1 Desain Sistem 1

Sistem ini dapat memonitoring suhu dan kelembaban pada ruang inkubator, serta melakukan pemantauan kualitas benih padi dengan menggunakan deteksi kamera, alur sistem disebutkan dengan diagram blok pada Gambar 3.2.



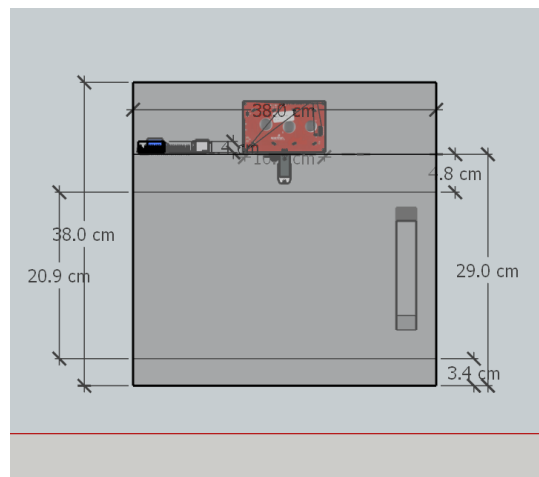
Gambar 3.2. Diagram blok

Rancangan desain ini berukuran 38 cm x 26,5 cm x 38 cm dengan menggunakan bahan akrilik yang dilengkapi dengan pintu dan kaca. Terdapat layar monitoring untuk menampilkan suhu dan kelembaban pada ruang inkubator seperti yang terlihat pada Gambar 3.3. Di dalam ruang inkubator terdapat lampu led untuk membantu pencahayaan saat mengambil gambar. Pada bagian atas dalam ruang inkubator diberi ruang sebagai tempat untuk meletakkan komponen elektronis. Terdapat *water spray* di samping modul kamera untuk menyiram benih dan tangki air berada di bagian atas sebelah komponen elektronis.



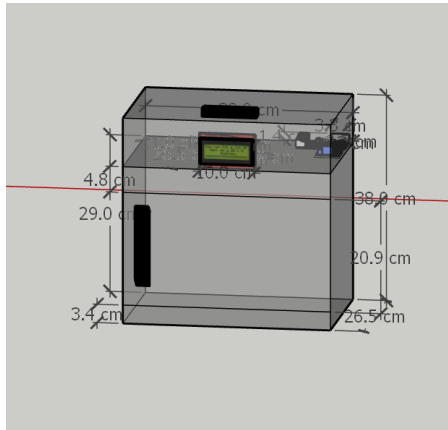
Usulan desain inkubator tampak dalam depan

(a)



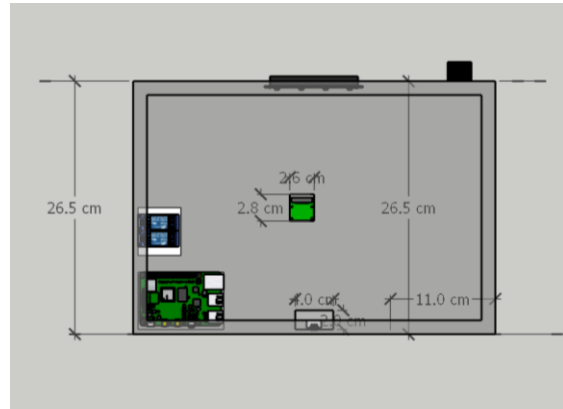
Usulan desain inkubator tampak dalam belakang

(b)



Usulan desain inkubator tampak depan samping

(c)



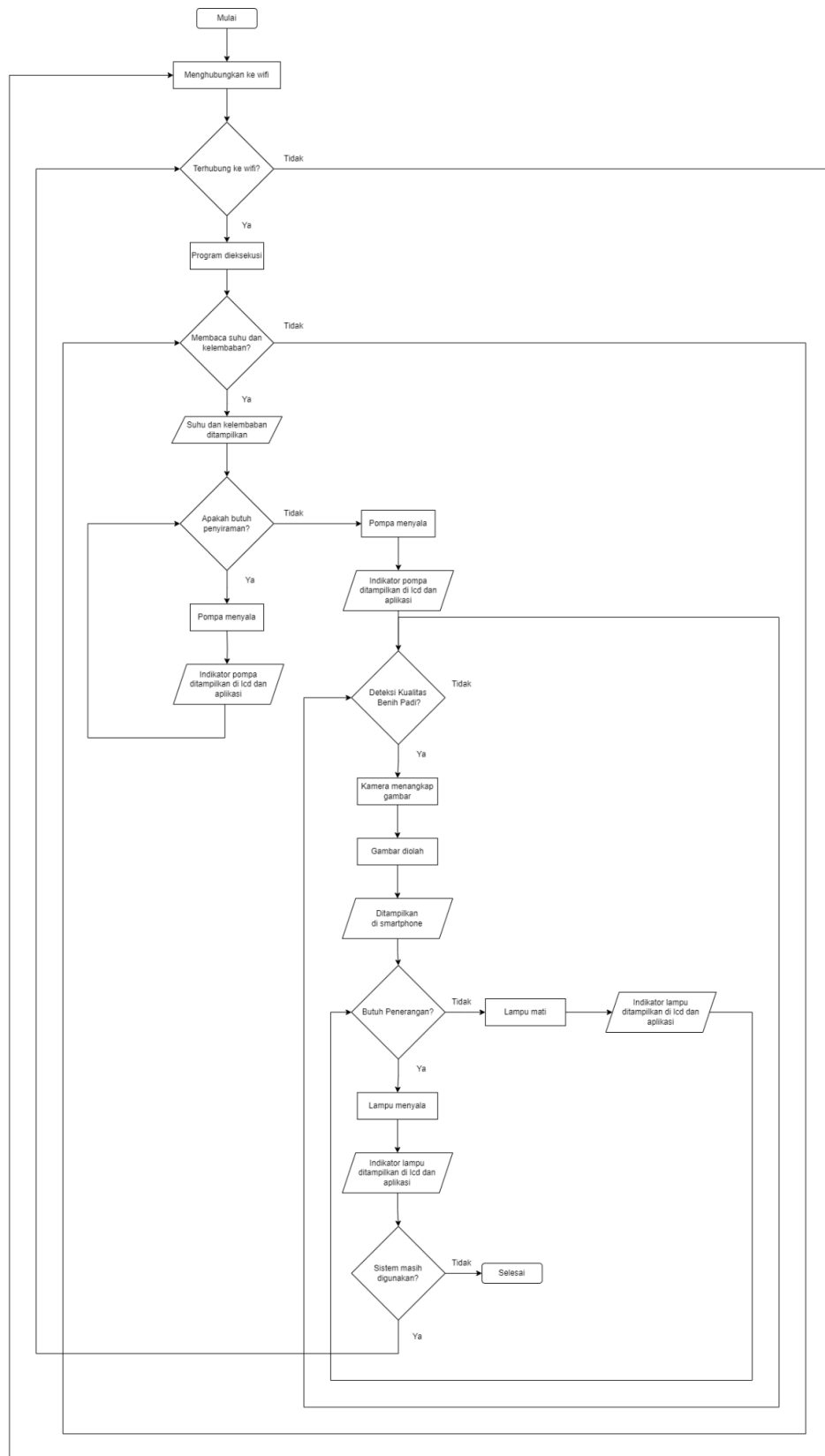
Usulan desain inkubator tampak layer atas

(d)

Gambar 3.3. Desain inkubator

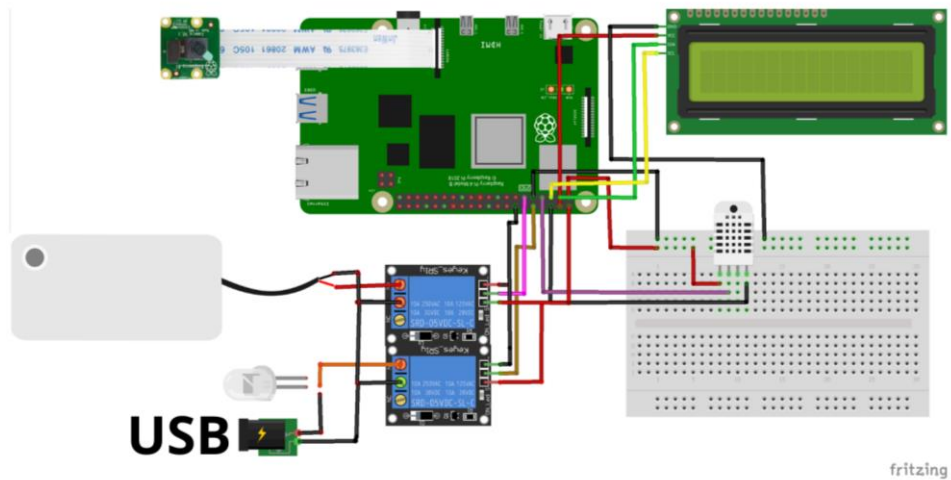
- (a) Usulan desain inkubator tampak dalam depan (b) Usulan desain inkubator tampak dalam belakang
(c) Usulan desain inkubator tampak luar depan (d) Usulan desain inkubator tampak layer atas

Cara kerja dari alat usulan solusi 1 memiliki sistem monitoring suhu dan kelembaban. Sistem monitoring tersebut berupa suhu dan kelembaban pada ruang inkubator. Alat ini juga memiliki penyiraman benih dengan menggunakan *water spray*. Pada usulan solusi 1 dapat mengetahui kualitas benih padi dengan memanfaatkan *image processing*. Cara kerja dari sistem usulan solusi 1 rangkum dalam flowchart pada Gambar 3.4.



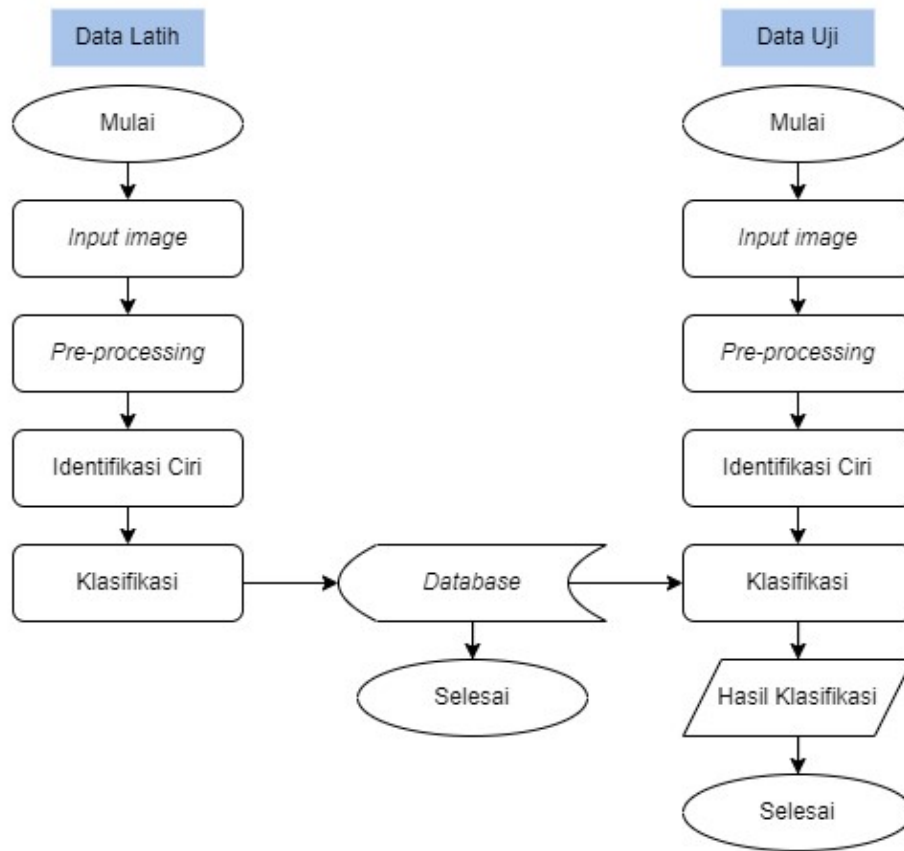
Gambar 3.4. Flowchart usulan desain 1

Pada usulan solusi 1 memiliki sistem monitoring dari suhu dan kelembaban dengan menggunakan sensor. Pada sistem ini memanfaatkan relay untuk mengatur lampu led dan pompa air sesuai dengan perintah user dari telegram. *Image processing* memanfaatkan kamera untuk mengambil gambar untuk diolah dengan cara deteksi objek. Alat ini berbasis *IoT*, jadi menggunakan *mikrokontroler* yang dapat memanfaatkan internet dalam penggunaannya. Dari beberapa komponen untuk memenuhi kebutuhan dari usulan solusi 1, terdapat rangkaian seperti pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5. Desain elektronis usulan desain sistem 1

Dalam penggunaan *image processing* digunakan untuk deteksi objek dari benih yang sudah berkecambah. Deteksi objek tersebut berupa bakal daun, batang dan akar untuk parameter dari kualitas benih padi. Dalam proses pengolahannya, terdapat diagram alir dari *image processing* pada gambar 3.6.



Gambar 3.6. Diagram alir image processing

Tampilan yang dapat diakses melalui *smartphone* oleh pengguna mencakupi fitur monitoring suhu dan kelembaban pada ruang inkubator. Pengguna juga dapat melakukan penyiraman menggunakan *smartphone*. Lampu led dalam ruang inkubator dapat dinyalakan ketika user membutuhkan. Pengguna juga dapat mengetahui kualitas benih benih padi seperti yang tertera pada Gambar 3.7.



Gambar 3.7. Tampilan Telegram Usulan Desain 1

Dengan usulan solusi yang telah disebutkan, maka diperlukan beberapa komponen dan bahan sebagai inventarisasi kebutuhan sistem. Tabel 3.1 menyebutkan kebutuhan sistem sesuai dengan usulan solusi dan spesifikasi yang dibutuhkan.

Tabel 3.1. Inventarisasi kebutuhan usulan sistem Inkubator

No	Nama Alat	Keterangan
1	Inkubator	Berfungsi sebagai tempat proses berkecambah benih padi.
2	Raspberry pi4 Model B	Berfungsi sebagai komputer pengolahan data yang memiliki ukuran kecil.
3	Sensor Suhu dan kelembaban (DHT22)	Sensor memiliki keluaran sinyal digital melalui satu saluran komunikasi. Pada sensor DHT22 terdapat banyak kelebihan kecepatan respon yang cukup cepat serta memiliki ketahanan yang baik terhadap interferensi. Sensor DHT22 juga memiliki harga yang cukup murah dibanding sensor serupa yang lainnya. Sensor ini digunakan untuk memantau suhu dan kelembaban ruang inkubator.
4	LCD	LCD digunakan untuk menampilkan suhu dan kelembaban ruang inkubator. LCD yang digunakan yaitu LCD I2C. LCD I2C merupakan jenis modul tampilan yang menyederhanakan proses penghubung dan pengendalian LCD dalam sistem terbenam. Penggunaan LCD I2C mengurangi jumlah kabel yang digunakan untuk komunikasi, sehingga memudahkan pengintegrasian LCD ke dalam berbagai proyek.
5	Adaptor	Adaptor digunakan untuk menyalakan sistem yang terhubung ke arus AC.
6	Lampu led	Lampu led digunakan untuk membantu penerangan proses penangkapan gambar.
7	Relay	Relay digunakan untuk mengontrol lampu LED untuk membantu pengambilan gambar dan mengontrol pompa air untuk penyiraman benih.
8	Pompa air	Pompa digunakan untuk memompa air menuju ke dasar ruang inkubator untuk membantu meningkatkan kelembaban pada ruang inkubator
9	Baki	Baki digunakan untuk wadah benih dalam inkubator

Sistem ini di desain dengan spesifikasi untuk memenuhi kebutuhan dari sistem pemantauan kualitas benih padi, hal ini berdasar dari hasil observasi yang memaparkan bahwa sistem ini dirancang yang sangat cocok untuk digunakan oleh para petani.

3.1.2. Rencana Anggaran Desain Sistem 1

Dalam rencana perancangan desain sistem 1 membutuhkan komponen yang disebutkan pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2. RAB sistem inkubator pemantauan kualitas benih padi desain sistem 1

No.	Item/Pengeluaran	Satuan	Harga satuan	Jumlah	Harga Total	Link
1	Benih padi	Gram	-	-	-	Sampel BPSB
2	Kertas buram	Rim	Rp30.000	1	Rp30.000	Tempat FotoCopy
3	Pembuatan akrilik dan jasa	Jasa	Rp600.000	1	Rp600.000	Cutting Acrylic Jogja
4	Raspberry pi4 model B	Pcs	Rp1,600.000	1	Rp1,600.000	Tokopedia
5	Sensor Suhu dan kelembaban (DHT22)	Pcs	Rp30.000	1	Rp30.000	Jogjarobotika
6	Kamera Raspberry V2	Pcs	Rp 532.000	1	Rp 532.000	Tokopedia
7	Mikro SD 32 GB	Pcs	Rp85.000	1	Rp85.000	Starcom
7	LCD (20x4)	Pcs	Rp60.000	1	Rp60.000	Jogjarobotika
8	Relay 2 channel	Pcs	Rp15.000	1	Rp15.000	Jogjarobotika
9	Mini Submersible Water Pump Pompa Air Celup 3v 5v	Pcs	Rp14.000	1	Rp14.000	Jogjarobotika
10	Baki	Pcs	Rp35.000	1	Rp35.000	Toserba
11	LED Strip	Pcs	Rp35.000	1	Rp35.000	Jogjarobotika
12	Adaptor	Pcs	Rp60.000	1	Rp60.000	Betrana
13	Kabel	Pcs	Rp85.000	1	Rp85.000	Starcom
14	Spray	Pcs	Rp1.000	1	Rp1.000	Toko Pertanian
15	Selang	Meter	Rp3000	1	Rp 3000	Jogjarobotika
Total Belanja					Rp3.207.000	

3.1.3 Analisis Risiko Desain 1

Pada desain 1 menggunakan bahan yang bening, hal ini dapat mempengaruhi cahaya yang masuk ke ruang inkubator saat melakukan deteksi benih. Ukuran desain yang minimalis hanya

dapat memantau 10 benih. Jaringan internet mempengaruhi alat ini, apabila jaringan buruk maka cara kerja dari alat ini dapat terhambat.

3.1.4 Pengukuran Performa

Pengukuran performa pada usulan desain 1 yaitu memiliki sistem monitoring suhu dan kelembaban ruang inkubator. Dalam pengukuran performa dari alat inkubator menggunakan stopwatch untuk mengetahui waktu dari suatu sistem, performa yang diukur dari alat inkubator yaitu :

1. Penggunaan alat inkubator dipengaruhi dari koneksi internet yang digunakan, apabila koneksi internet lambat, pengiriman data juga akan lambat.
2. Terdapat *delay* pada hasil pembacaan sensor selama karena dipengaruhi oleh komponen sensor dan mengatur *delay* pada kode program untuk memberi jeda dalam mengeksekusi kode program selanjutnya.
3. Pengujian daya berkecambah dengan memanfaatkan image processing dengan menggunakan metode YOLO (*You Only Look Once*).
4. Dalam deteksi objek menggunakan *webcam* dan kecepatan pengambilan gambar dipengaruhi koneksi internet yang terhubung.

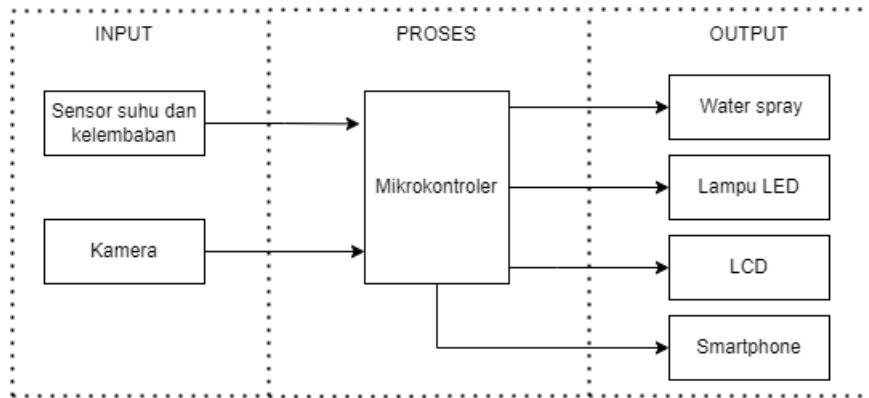
3.2 Usulan Solusi 2

Usulan solusi kedua yaitu merancang inkubator yang dilengkapi dengan sistem pemantauan kualitas benih padi. Sistem ini menggunakan sensor suhu untuk memantau kondisi suhu di dalam inkubator, sementara cahaya alami dari luar dimanfaatkan untuk mendukung perkembangan kecambah. Penggunaan *IoT* pada alat ini digunakan untuk melakukan pemantauan *real-time* terhadap suhu dan kelembaban di dalam inkubator. Pada usulan solusi 2 memiliki perbedaan dengan usulan 1 yaitu pada usulan solusi 2 menggunakan esp32 cam.

Proses berkecambahnya benih padi menggunakan metode *top paper*, dengan menggunakan jenis kertas buram yang berukuran 21x33cm sebanyak 4 lembar. Pada alat ini dapat menampung jumlah benih sebanyak 10 butir. Penataan benih padi dilakukan secara teratur dan berjarak, sehingga dapat memudahkan dalam pendeteksian benih padi.

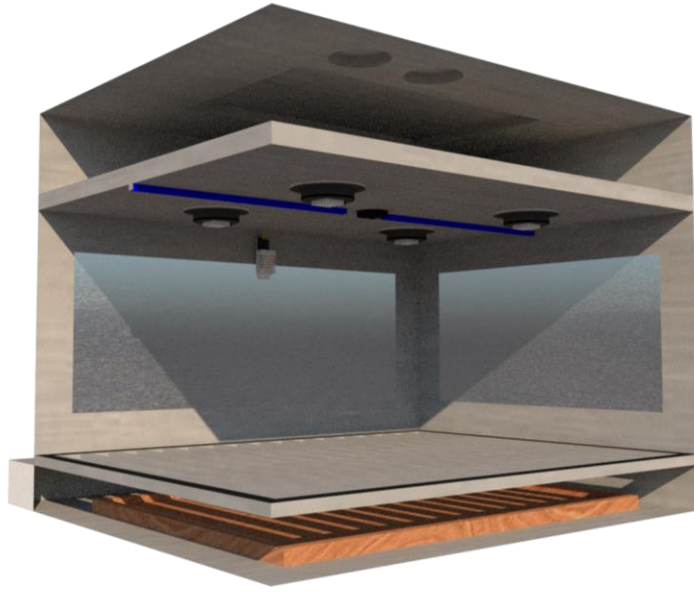
3.2.1 Desain Sistem 2

Sistem ini dapat memonitoring suhu dan kelembaban pada ruang inkubator, serta melakukan perhitungan daya berkecambah dengan menggunakan deteksi kamera, alur sistem disebutkan dengan diagram blok pada Gambar 3.8.

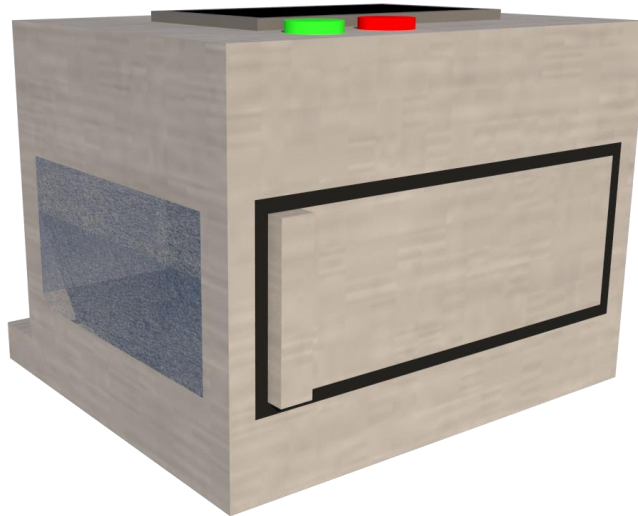


Gambar 3.8. Diagram blok

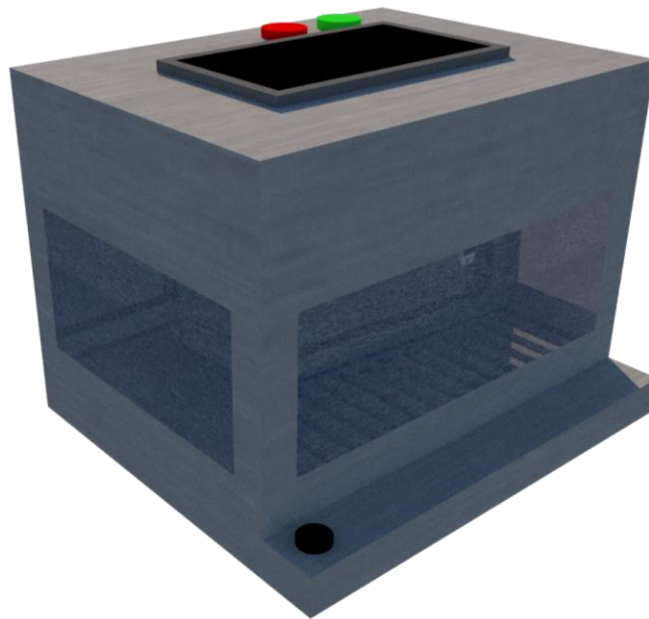
Rancangan desain ini berukuran 40x30x30cm dengan menggunakan bahan alumunium dilengkapi dengan pintu serta terdapat kaca pada sisi samping dan bagian belakang. Terdapat layar monitoring untuk menampilkan suhu dan kelembaban pada ruang inkubator serta tombol switch sebagai *ON/OFF* seperti yang terlihat pada Gambar 3.9. Di dalam ruang inkubator terdapat 4 lampu untuk membantu pencahayaan saat mengambil gambar dan terdapat kamera di tengah-tengahnya. Pada bagian bawah ruang inkubator terdapat nampan berisi air yang berguna untuk menjaga kelembaban di dalam ruang inkubator. Serta terdapat *water spray* di samping modul kamera untuk menyiram benih dan tangki air berada di bagian bawah belakang inkubator dengan ukuran 40x4,9x3,4 cm. Bagian atas dalam ruang inkubator diberi ruang sebagai tempat untuk meletakkan komponen elektronis seperti pada Gambar 3.9. Pada usulan 2 menggunakan tampilan *Telegram* yang sama pada usulan 1 seperti yang terlampir pada Gambar 3.4.



Usulan desain inkubator tampak dalam
(a)



Usulan desain inkubator tampak luar depan
(b)



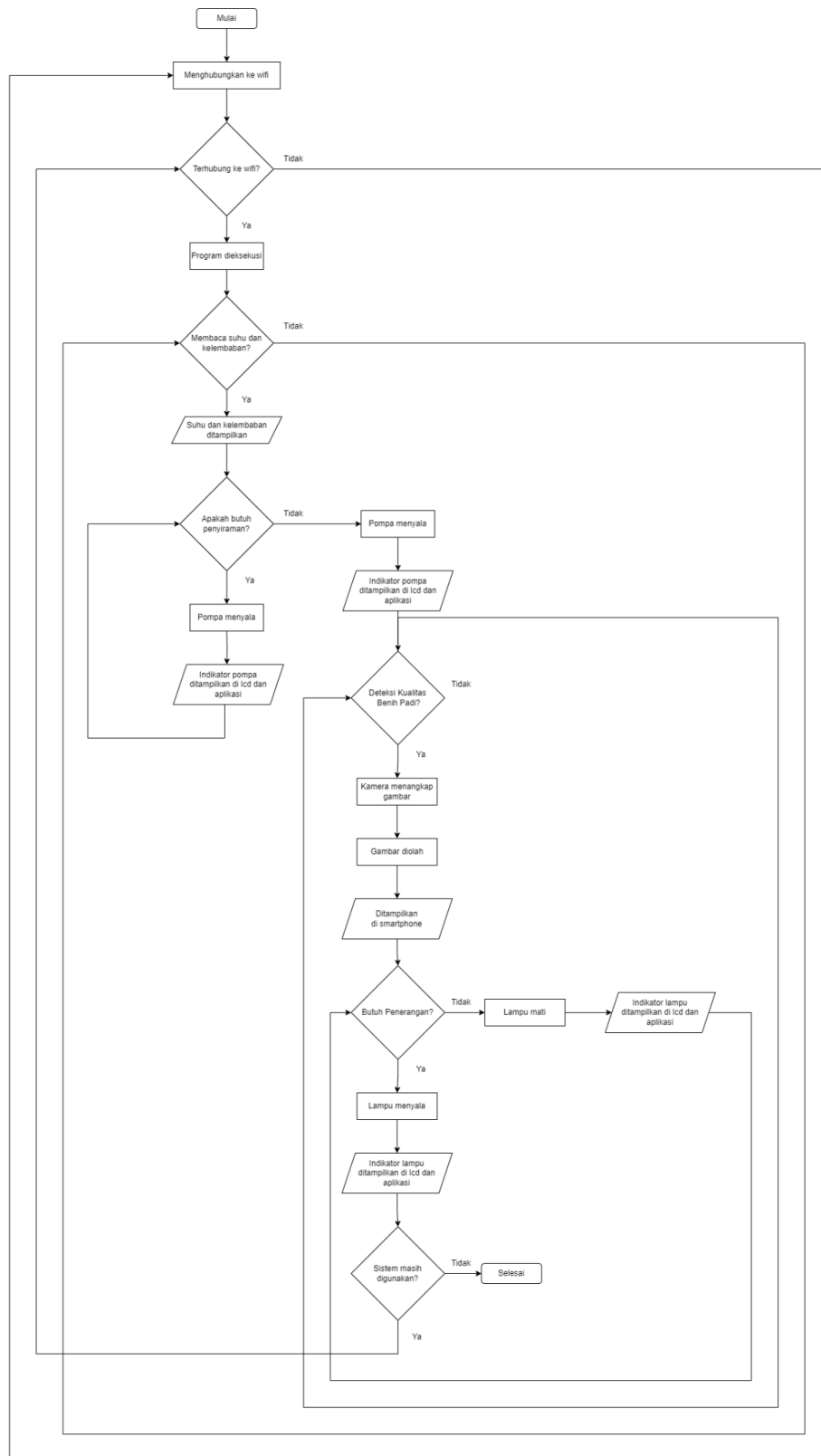
Usulan desain inkubator tampak luar belakang

(c)

Gambar 3.9 Desain 2 inkubator benih

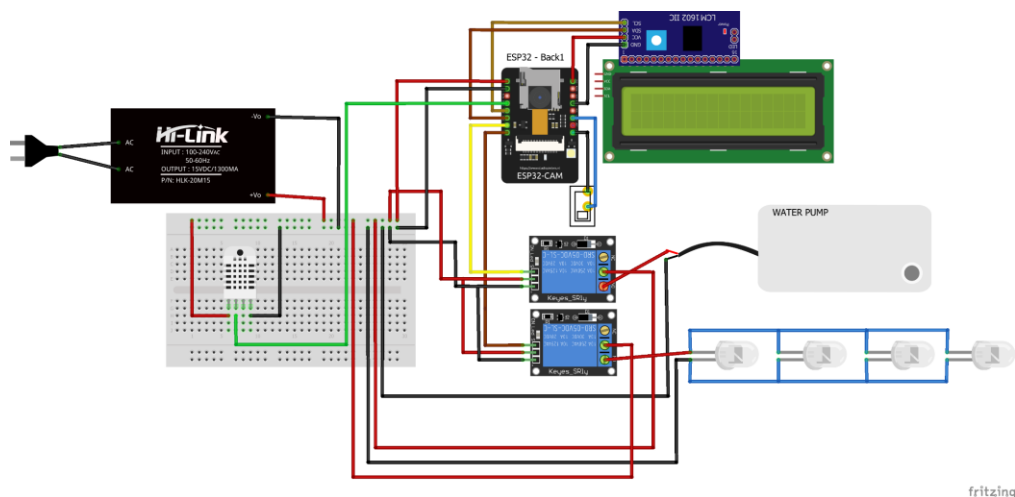
(a) Usulan desain inkubator tampak dalam (b) Usulan desain inkubator tampak luar depan (c) Usulan desain inkubator tampak luar belakang

Cara kerja dari alat usulan solusi 2 memiliki sistem monitoring berupa suhu dan kelembaban pada ruang inkubator. Alat ini dilengkapi dengan sistem penyiraman menggunakan *water spray*. Pada usulan solusi 2 dapat mengetahui jumlah dan kualitas benih padi dengan memanfaatkan *image processing*. Cara kerja dari sistem usulan solusi 2 terdapat dalam *flowchart* pada Gambar 3.10.



Gambar 3.10. *Flowchart* usulan solusi 2

Pada usulan solusi 2 memiliki sistem monitoring dari suhu dan kelembaban dengan menggunakan sensor. Dengan image processing memanfaatkan kamera untuk mengambil gambar untuk diolah dengan cara deteksi objek. Alat ini juga memiliki penyiraman benih dengan menggunakan *water spray*. Alat ini berbasis *IoT*, jadi menggunakan *mikrokontroler* yang dapat memanfaatkan internet dalam penggunaannya. Dari beberapa komponen untuk memenuhi kebutuhan dari usulan solusi 2, terdapat rangkaian seperti pada Gambar 3.11.



Gambar 3.11. Desain elektronis usulan desain sistem 2

Dengan usulan solusi yang telah disebutkan, maka diperlukan beberapa komponen dan bahan sebagai inventarisasi kebutuhan sistem. Tabel 3.3 menyebutkan kebutuhan sistem sesuai dengan usulan solusi dan spesifikasi yang dibutuhkan.

Tabel 3.3. Inventarisasi kebutuhan usulan sistem Inkubator

No	Nama Alat	Keterangan
1	Tempat Inkubasi	Berfungsi sebagai tempat proses berkecambah benih padi, alat didesain agar dapat melindungi dari pengaruh suhu dan kelembaban dari luar.
2	Sensor Suhu dan kelembaban (DHT22)	Sensor memiliki keluaran sinyal digital melalui satu saluran komunikasi. Pada sensor DHT22 terdapat banyak kelebihan kecepatan respon yang cukup cepat serta memiliki ketahanan yang baik terhadap interferensi. Sensor DHT22 juga memiliki harga yang cukup murah dibanding sensor serupa yang lainnya. Sensor ini digunakan untuk memantau suhu dan kelembaban ruang inkubator.

No	Nama Alat	Keterangan
3	LCD	LCD digunakan untuk menampilkan suhu dan kelembaban ruang inkubator. LCD yang digunakan yaitu LCD I2C. LCD I2C merupakan jenis modul tampilan yang menyederhanakan proses penghubung dan pengendalian LCD dalam sistem terbenam. Penggunaan LCD I2C mengurangi jumlah kabel yang digunakan untuk komunikasi, sehingga memudahkan pengintegrasian LCD ke dalam berbagai proyek.
5	Switch On/Off	Switch on/off digunakan untuk nyala/mati sistem inkubator pemantauan kualitas benih padi.
6	Lampu led	Lampu led digunakan untuk membantu proses penangkapan gambar
7	Relay	Relay digunakan untuk mengontrol lampu LED untuk membantu pengambilan gambar dan mengontrol pompa air untuk penyiraman benih
8	Power Supply	Power supply digunakan untuk sumber listrik utama dalam penggunaan inkubator.
9	Pompa	Pompa digunakan untuk memompa air menuju ke dasar ruang inkubator untuk membantu meningkatkan kelembaban pada ruang inkubator.
10	ESP32 cam	ESP32 cam digunakan untuk memantau daya berkecambah dengan menggunakan <i>image processing</i> .
11	Steker	Steker digunakan untuk menghubungkan rangkaian ke listrik AC

Sistem ini di desain dengan spesifikasi untuk memenuhi kebutuhan dari sistem pemantauan kualitas benih padi, hal ini berdasar dari hasil observasi yang memaparkan bahwa sistem ini dirancang yang sangat cocok untuk digunakan oleh para petani.

3.2.2 Rencana Anggaran Desain 2

Dalam rencana perancangan desain sistem 2 membutuhkan komponen yang disebutkan pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4. RAB sistem inkubator pemantauan kualitas benih padi desain sistem 2

No.	Item/Pengeluaran	Satuan	Harga satuan	Jumlah	Harga Total	Link
1	Benih padi	Kg	-	-	-	Sampel BPSB
2	Kertas buram	Pcs	Rp30.000	1	Rp30.000	Toko Merah
3	Pembuatan Alumunium dan Jasa	Meter	Rp700.000	1	Rp700.000	Bengkel Aluminium
4	Selang	Meter	Rp3000	1	Rp3000	Jogjarobotika
5	Sensor Suhu dan kelembaban (DHT22)	Pcs	Rp30.000	1	Rp30.000	Jogjarobotika
6	LCD (20x4)	Pcs	Rp60.000	1	Rp60.000	Jogjarobotika
7	Switch On/Off	Pcs	Rp8.000	1	Rp8.000	Jogjarobotika
9	Relay 2 channel	Pcs	Rp15.000	1	Rp15.000	Jogjarobotika
11	ESP32 cam	Pcs	Rp120.000	1	Rp120.000	Jogjarobotika
12	Mini Submersible Water Pump Pompa Air Celup 3v 5v	Pcs	Rp14.000	1	Rp14.000	Jogjarobotika
14	Baki	Pcs	Rp35.000	1	Rp35.000	Toserba
15	Hi-Link HLK-10M05 AC 220V to DC 5V 10 Watt 2A Hilink Power Supply	Pcs	Rp60.000	1	Rp60.000	Betrana
16	Power Supply AC to DC 12V 70 watt (6A) (1270)	Pcs	Rp108.500	1	Rp108.500	Shopee
17	LED 10 mm	Pcs	Rp1.000	4	Rp4.000	Jogjarobotika
Total Belanja					Rp1.209.500	

3.3 Analisis dan Penentuan Usulan Solusi/Desain Terbaik

Berdasarkan usulan solusi satu dan dua kami memutuskan untuk menggunakan usulan solusi pertama sebagai bahan tugas akhir. Alasan pemilihan usulan desain pertama dengan mempertimbangkan mikrokontroler dan bahan inkubator yang digunakan. Pada usulan desain pertama menggunakan raspberry pi 4 yang memiliki keunggulan dalam proses image processing.

Dengan menggunakan raspberry pi 4 dapat menjalankan proses deteksi objek. Pada usulan solusi satu memiliki kualitas gambar yang lebih bagus, karena kamera yang digunakan memiliki resolusi yang lebih tinggi. Sehingga penggunaan kamera raspberry menghasilkan gambar yang

lebih bagus dibandingkan kamera esp32cam. Proses deteksi objek menjadi lebih jelas. Penggunaan bahan akrilik pada usulan solusi satu juga membantu proses perkecambahan benih. Dalam mempertimbangkan usulan solusi juga menggunakan matriks keputusan pada Tabel 3.5 dan total dari perhitungan keputusan pada Tabel 3.6.

Tabel 3.5 *Decision Matrix Analysis Unweighted Assessment*

Faktor	Desain	Efektifitas	Akurasi	Biaya
Bobot	2	5	4	3
Desain 1	4	3	3	2
Desain 2	2	2	3	3

Tabel 3.6 *Decision Matrix Analysis Weighted Assessment*

Faktor	Desain	Efektifitas	Akurasi	Biaya	Total
Bobot	2	5	4	3	
Desain 1	8	15	12	6	41
Desain 2	4	10	12	9	35

3.4 Gantt Chart

Untuk mempermudah pengerjaan sistem, maka diperlukan suatu perencanaan dan manajemen agar seluruh distribusi tugas dan target pencapaian dapat dipenuhi. Perencanaan disini meliputi ketiga tahapan dalam perancangan sistem keteknikan dan dilaksanakan selama 2 semester (Tugas Akhir 1 dan Tugas Akhir 2) menggunakan *Gantt chart* pada Tabel 3.7.

Tabel 3.7 *Gantt chart* pelaksanaan *Capstone Project* inkubator pemantauan kualitas benih padi

No.	Kegiatan/Capaian	2023				2024						
		Sep	Oct	Nov	Des	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul
1	Survei dan identifikasi permasalahan	B,F	B,F									
2	Mencari literatur dan informasi untuk kebutuhan dan spesifikasi sistem	B,F	B,F									
3	Mengumpulkan seluruh ide solusi dan finalisasi usulan perancangan sistem			B,F	B,F							

	serta manajemen dan rancangan belanja											
4	Pengumpulan proposal Tugas Akhir 1/ <i>Capstone Project</i> dan seminar				B,F							
5	Pengumpulan sampel				F	B,F	B,F					
6	Pembelian alat dan bahan					B,F	B,F					
7	Perancangan sistem sesuai proposal						B,F	B,F	B,F			
8	Pembuatan Alat						B	B,F	B,F			
9	Melatih sampel image processing									B,F	B,F	
10	Testing dan Validasi										B,F	
10	Expo dan pengumpulan laporan akhir											B,F

Ket :B: Bagas, F : Fitri

3.5 Realisasi Pelaksanaan Tugas Akhir 1

Realisasi pelaksanaan TA 1 dijelaskan pada Tabel 3.8 yang berisikan aktivitas dan pelaksanaannya.

Tabel 3.8 Realisasi aktivitas pelaksanaan Tugas Akhir 1

No	Hari, Tanggal, Durasi (jam atau hari)	Aktivitas	Pelaksana
1	Jumat, 22 September 2023	Bimbingan dengan Dosen Pembimbing - Studi Literatur	Bagas Fitri
2	Jumat, 28 September 2023	Bimbingan dengan Dosen Pembimbing - Studi Literatur	Bagas Fitri
3	Selasa, 2 Oktober 2023	- Observasi ke BPP Pakem - Observasi ke BPSBP - Mengerjakan latar belakang dan identifikasi masalah	Bagas Fitri

4	Kamis, 12 Oktober 2023	<ul style="list-style-type: none"> - Observasi ke BPP Pakem - Menyelesaikan BAB 1 	Bagas Fitri
5	Selasa, 17 Oktober 2023	<ul style="list-style-type: none"> - Observasi ke BPSB - Menuliskan hasil studi literatur dan observasi - Mengerjakan dasar teori 	Bagas Fitri
6	Jumat, 27 Oktober	<ul style="list-style-type: none"> - Mengerjakan analisis stakeholder, analisis aspek - Mengerjakan spesifikasi sistem 	Bagas Fitri
7	Rabu, 1 November	<ul style="list-style-type: none"> - Observasi ke BPSB (diskusi media tanam) - Usulan solusi 1 (flowchart, desain 3D) 	Bagas Fitri
8	Jumat, 10 November	<ul style="list-style-type: none"> - Usulan solusi 2 (flowchart, desain 3D) 	Bagas Fitri
9	Jumat, 17 November	<ul style="list-style-type: none"> - Mengerjakan desain elektronis - Mengerjakan RAB kedua usulan solusi 	Bagas Fitri
10	Jumat, 24 November	<ul style="list-style-type: none"> - Mengerjakan pengukuran performa 	Bagas Fitri
11	Jumat, 1 Desember	<ul style="list-style-type: none"> - Membuat tabel keputusan 	Bagas Fitri
12	Jumat, 8 Desember	<ul style="list-style-type: none"> - Perbaikan Batasan Masalah 	Bagas Fitri
13	Jumat, 15 Desember	<ul style="list-style-type: none"> - Pembuatan PPT Seminar 	Bagas Fitri

BAB 4. HASIL RANCANGAN DAN METODE PENGUKURAN

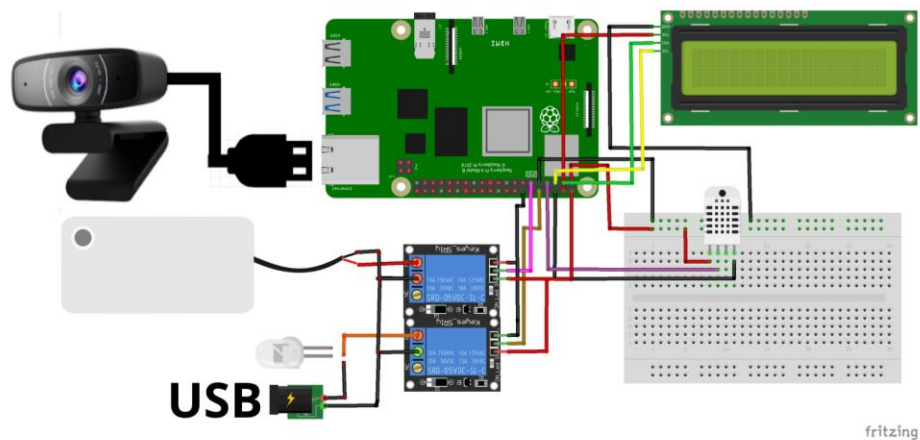
4.1 Hasil Rancangan Sistem

4.1.1 Rangkaian elektronik

Pada rancangan elektronik sistem ini menggunakan komponen dht22, relay 2 channel dan lcd. Dari ketiga komponen itu terhubung ke masing-masing pin pada raspberry agar komponen tersebut dapat berfungsi. Komponen relay dan lcd menggunakan sumber tegangan 5 volt, sedangkan komponen dht22 menggunakan sumber tegangan 3,3 volt. Konfigurasi pin raspberry pada masing-masing komponen ditampilkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Realisasi Koneksi Raspberry Pi

Sensor DHT-22	Raspberry Pi 4
+	Pin 1 (3v3)
Out	Pin 7 (GPIO 4)
-	Pin 6 (Ground)
Relay 2 Channel	Raspberry Pi 4
Vcc +	Pin 2 (5V Power)
In1	Pin 10 (GPIO 15)
in2	Pin 11 (GPIO 17)
Gnd (-)	Pin 14 (Ground)
LCD (I2C)	Raspberry Pi 4
Gnd	Pin 9 (Ground)
VCC	Pin 4 (5V Power)
SDA	Pin 3 (GPIO 2)
SCL	Pin 5 (GPIO 3)

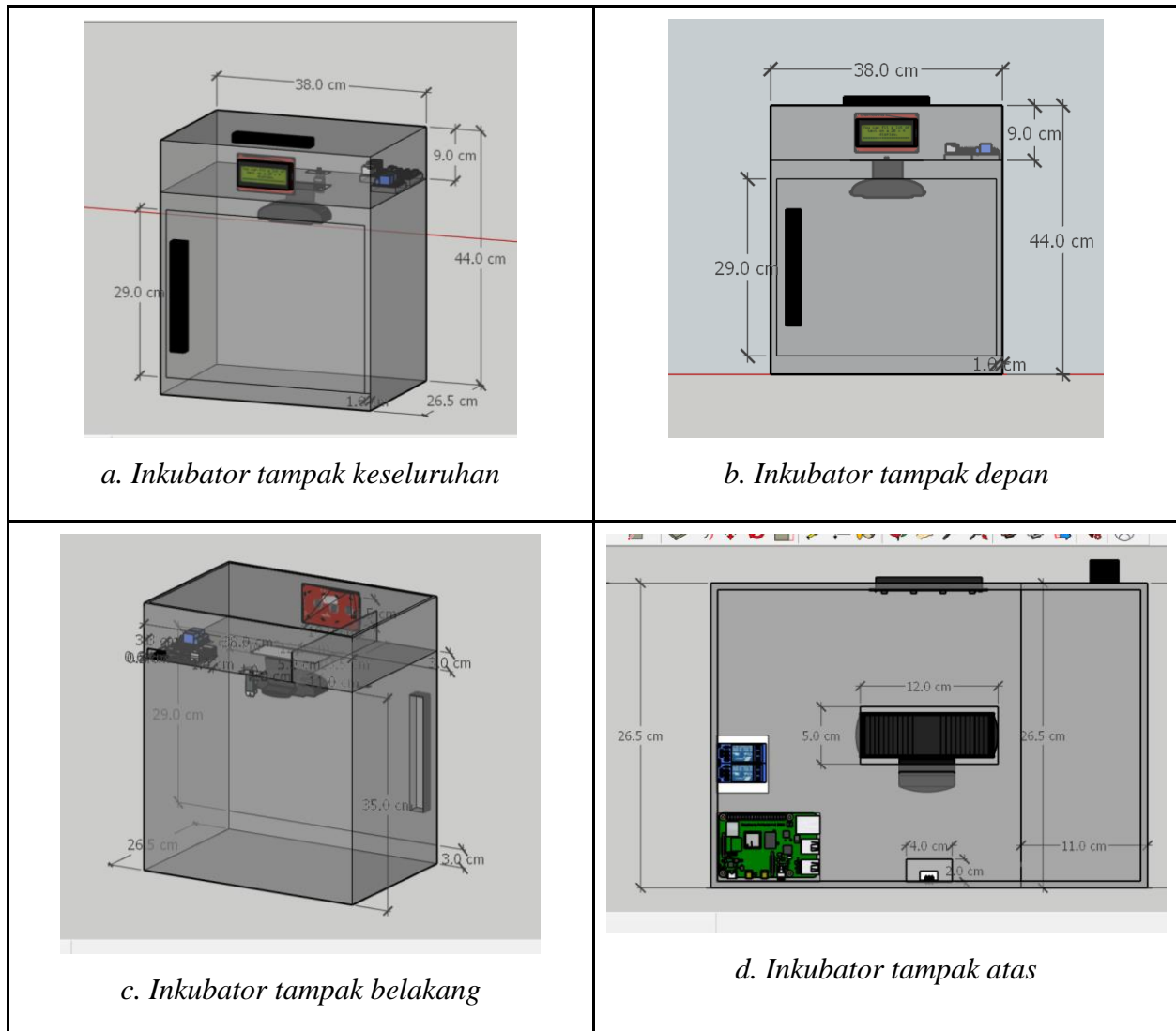


Gambar 4.1 Desain elektronis sistem

Sistem ini dilengkapi beberapa komponen diantaranya menggunakan raspberry pi 4 sebagai mikrokontroler, webcam sebagai perangkat keras untuk menangkap gambar benih, sensor dht22 sebagai pendeteksi suhu dan kelembaban ruang inkubator, lcd sebagai penampil suhu, kelembaban, kondisi pompa dan lampu, serta relay sebagai saklar pompa air dan lampu. Komponen lcd dan relay menggunakan sumber tegangan 5 volt dari raspberry, sedangkan dht22 menggunakan sumber tegangan 3,3 volt dari raspberry. Webcam terhubung dengan salah satu port usb pada raspberry serta pompa air dan lampu menggunakan sumber tegangan eksternal menggunakan adaptor 5 volt.

4.1.2 Gambar desain 3D

Desain inkubator memiliki ukuran panjang 26,5 cm x lebar 38 cm x tinggi 44 cm. Terdapat dua layer, dimana layer pertama berfungsi sebagai media perkecambahan dan layer kedua sebagai tempat penyimpanan alat dan komponen sistem. Kemudian tersedia pintu pada sisi depan dan atas untuk memudahkan pengguna melakukan pemantauan langsung.

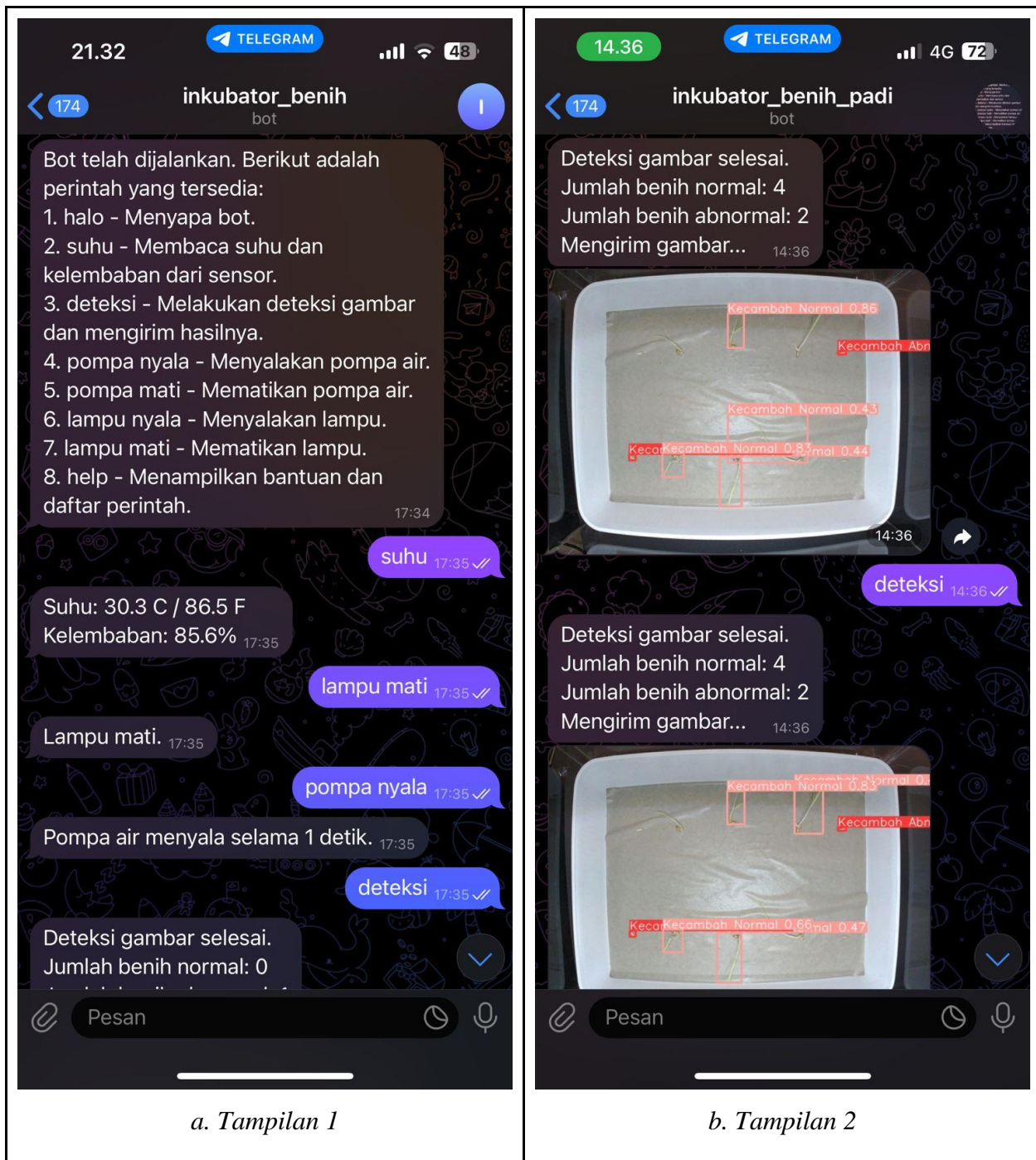


Gambar 4.2 Desain Inkubator

(a) Inkubator tampak keseluruhan (b) Inkubator tampak depan
(c) Inkubator tampak belakang (d) Inkubator tampak atas

4.1.3 Software atau interface

Pada alat ini pengguna dapat menggunakan software telegram untuk mengontrol dan memonitor fitur yang ada di inkubator. Dengan memanfaatkan bot telegram, pengguna dapat memerintah sistem inkubator. Terdapat 8 perintah yang ada di alat inkubator ini, perintah yang tersedia seperti yang ditampilkan pada gambar 4.3. Pada gambar 4.3 juga terdapat user melakukan perintah untuk mendapatkan output yang diinginkan.



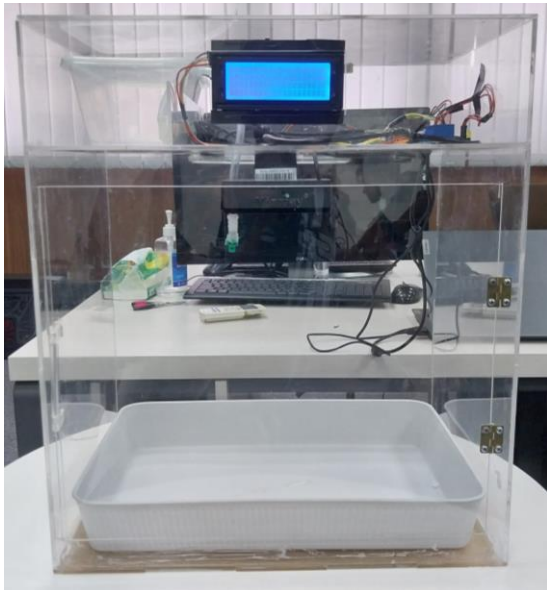
Gambar 4.3 Tampilan pada Telegram
(a) Tampilan 1 (b) Tampilan 2

4.1.4 Foto hasil akhir perancangan

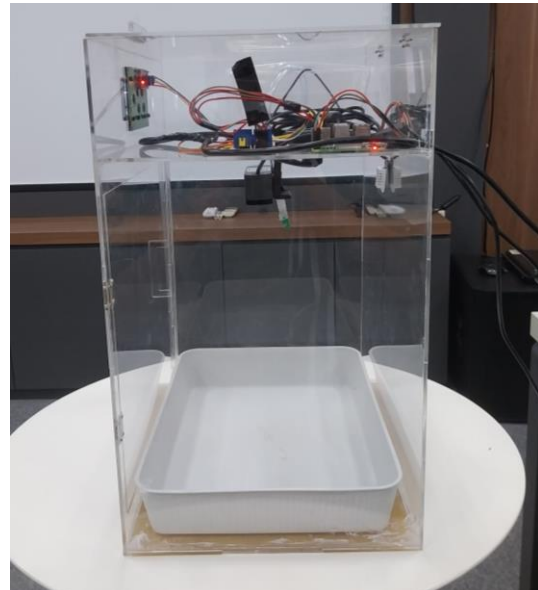
Prototipe alat kami yang telah terhubung dengan sistem, alat kami memiliki 2 layer seperti pada gambar 4.4 tampilan 2. Pada layer atas berisi komponen elektronik, sedangkan layer bawah berisi benih padi. Susunan komponen alat kami yaitu, sensor dht22, dan kamera berada di dalam

layer bawah. Sensor dht22 digunakan untuk mendeteksi suhu dan kelembaban di ruang inkubator, sedangkan kamera untuk menangkap gambar benih. Pada layer bawah juga terdapat sprayer untuk melakukan penyiraman benih. Susunan komponen layer bawah ditampilkan pada gambar 4.4 tampilan 1.

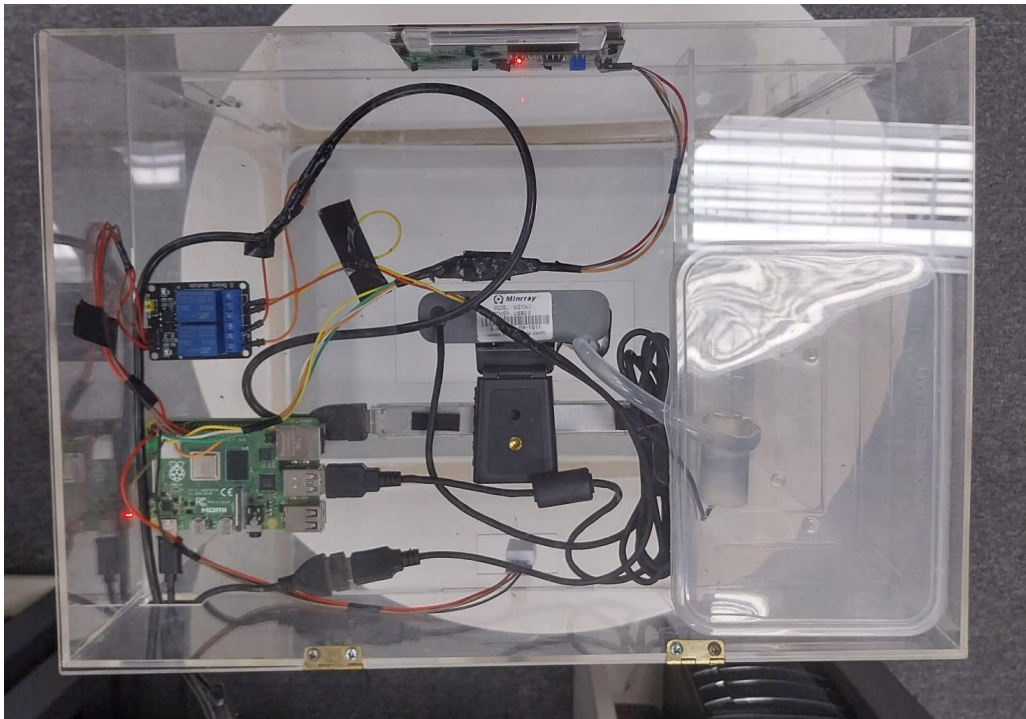
Pada layer atas, terdiri dari komponen relay, raspberry dan pompa air. Layer atas juga terdapat sekat untuk memisahkan ruang elektronik dan ruang air (tanki) guna mencegah air menyebrang ke komponen elektronik. Terdapat 2 kabel keluar yang memiliki fungsi, untuk menyalakan raspberry beserta komponen lain, namun juga ada komponen yang membutuhkan sumber tegangan sendiri yaitu power pompa air dan lampu led. Hal tersebut digunakan untuk mencegah raspberry agar tidak keberatan dalam tegangan untuk menyalakan semua komponen. Susunan komponen pada layer atas ditampilkan pada gambar 4.4 tampilan 3.



a. Tampilan 1



b. Tampilan 2



c. Tampilan 3

Gambar 4.4 Prototipe inkubator
Tampilan 1 (b) Tampilan 2 (c) Tampilan 3

Pada layar LCD menampilkan beberapa indikator diantaranya menampilkan suhu dan kelembaban serta indikator ON/OFF pada pompa dan lampu seperti yang ditampilkan pada gambar 4.5.



Gambar 4.5 Tampilan layar LCD

4.2 Metode Pengukuran Kinerja Hasil Perancangan

Dalam metode pengukuran hasil perancangan, terdapat parameter pengukuran meliputi metode uji coba, pengujian akurasi sensor, pengujian IoT, *System Usability Scale*.

4.2.1 Metode Uji Coba

Setelah keseluruhan alat selesai dibuat dapat dilanjutkan ke tahap pengujian alat untuk mengetahui performa dan

1. Mempersiapkan objek yang akan dideteksi berupa benih padi yang telah ditanam pada tempat inkubator.
2. Objek diletakkan didalam inkubator yang terletak dibawah kamera dengan jarak 30 cm
3. Melakukan penyiraman benih padi agar benih tetap lembab.
4. Melakukan deteksi benih dengan menggunakan kamera yang sudah terpasang.

4.2.2 Pengujian Keberhasilan Deteksi

Confusion Matrix adalah metode evaluasi yang diterapkan untuk mengukur model deep learning guna mendapat nilai akurasi, presisi, recall dan F1 - Score.

Tabel 4.2 Metode confusion matrix

Tabel Variabel Kondisi		Actual	
		Kecambah Normal	Kecambah Abnormal
Predicted	Kecambah Normal	True Positive (TP)	False Positive (FP)
	Kecambah Abnormal	False Negative (FN)	True Negative (TN)

Keterangan:

TP (True Positif) = Kecambah normal berhasil dideteksi oleh sistem sebagai kecambah normal.

FP (False Positif) = Kecambah abnormal terdeteksi oleh sistem sebagai kecambah normal.

TN (True Negatif) = Kecambah abnormal berhasil dideteksi sebagai kecambah abnormal.

FN (False Negatif) = Kecambah normal berhasil dideteksi sebagai kecambah abnormal.

Dengan metode confusion matrix dapat dilakukan perhitungan nilai akurasi untuk menemukan performa pada deteksi sistem dalam mengklasifikasi model. Nilai akurasi dapat ditemukan dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Akurasi} = \frac{TP + TN}{TP + FP + FN + TN} \times 100\% \quad (4.1)$$

$$\text{Presisi} = \frac{TP}{TP + FP} \times 100\% \quad (4.2)$$

$$\text{Recall} = \frac{TP}{TP + FN} \times 100\% \quad (4.3)$$

$$\text{F1} = \frac{2 (\text{Recall} \times \text{Presisi})}{TP + FP + FN + TN} \times 100\% \quad (4.4)$$

Untuk mengetahui estimasi kesalahan pada sistem dapat menggunakan root mean square (RMSE), semakin kecil nilai RMSE yang dihasilkan maka semakin akurat deteksi yang dilakukan. Persamaan root mean square (RMSE) sebagai berikut :

$$\text{RMSE} = \frac{\sqrt{\sum (x-y)^2}}{n} \quad (4.5)$$

Keterangan:

x = Nilai aktual

y = Nilai prediksi

n = Jumlah data

Σ = Jumlah keseluruhan nilai

4.2.3 Pengujian akurasi sensor

Pengujian sensor dilakukan untuk mengetahui nilai error pada sensor yang digunakan dalam sistem. Pengujian sensor dilakukan dengan membandingkan sensor dht22 dengan alat ukur hygrometer yang bertujuan untuk mengetahui tingkat akurasi dari pembacaan sensor dht22. Hasil pengujian nilai error dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$\text{Error (\%)} = \frac{|\text{Nilai Sensor} - \text{Nilai Alat Ukur}|}{\text{Nilai Alat Ukur}} \times 100\% \quad (4.6)$$

4.2.4 Pengujian Internet of Things (IoT)

Pengujian sistem *Internet of Things* (IoT) bertujuan untuk mengetahui delay pengiriman perintah maupun informasi ke pengguna maupun ke alat. Pengujian ini dilakukan dengan cara mengukur *delay* waktu pengiriman dengan menggunakan *stopwatch*.

Dalam pengujian IoT juga ada pengujian *loss function*, pengujian ini dilakukan dengan cara melakukan percobaan perintah untuk mendeteksi objek menggunakan kamera dan mendeteksi temperatur di ruang inkubator. Pengujian pendeteksi objek dilakukan dengan cara melakukan penangkapan gambar lebih dari satu kali untuk membandingkan hasilnya. Sedangkan pada deteksi temperatur dilakukan dengan cara berapa lama waktu suhu dapat dikirim ke pengguna, lalu dibandingkan apakah lamanya waktu pengiriman suhu mempengaruhi sistem.

4.2.5 System Usability Scale (SUS)

System Usability Scale (SUS) adalah metode pengujian yang diterapkan untuk mengukur kepuasan pengguna dengan menjawab beberapa pertanyaan yang telah siap digunakan oleh responden. Dalam perhitungan skor SUS terdapat 10 pertanyaan dengan rentang dari 1-5 dalam setiap aspek, seperti yang telah disebutkan pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Pertanyaan SUS

No	Pertanyaan	Jawaban				
		Sangat Tidak Setuju	Tidak Setuju	Netral	Setuju	Sangat Setuju
1	Saya berpikir akan menggunakan sistem ini lagi.	1	2	3	4	5
2	Saya merasa sistem ini rumit untuk digunakan.	1	2	3	4	5
3	Saya merasa sistem ini mudah digunakan.	1	2	3	4	5
4	Saya membutuhkan bantuan dari orang lain atau teknisi dalam menggunakan sistem ini.	1	2	3	4	5
5	Saya merasa fitur-fitur sistem ini berjalan dengan semestinya.	1	2	3	4	5
6	Saya merasa ada banyak hal yang tidak konsisten (tidak serasi pada sistem ini).	1	2	3	4	5
7	Saya merasa orang lain akan memahami cara menggunakan sistem ini dengan cepat.	1	2	3	4	5

8	Saya merasa sistem ini membingungkan.	1	2	3	4	5
9	Saya merasa tidak ada hambatan dalam menggunakan sistem ini.	1	2	3	4	5
10	Saya perlu membiasakan diri terlebih dahulu sebelum menggunakan sistem ini.	1	2	3	4	5

Aturan perhitungan skor System Usability Scale (SUS) :

- Setiap pertanyaan yang bernomor ganjil, skor setiap pertanyaan yang diberikan pengguna akan dikurangi 1.
- Setiap pertanyaan yang bernomor genap, skor akhir didapat dari nilai 5 dikurangi skor yang didapat.
- Skor System Usability Scale (SUS) didapat dari hasil penjumlahan skor setiap pertanyaan yang kemudian dikali 2,5.

BAB 5. HASIL PENGUKURAN DAN ANALISIS

Setelah alat secara keseluruhan sudah jadi, kami melakukan pengukuran performa dari suatu sistem dengan cara melakukan uji coba dan melakukan analisis. Pada bab ini juga membandingkan usulan solusi yang terpilih pada bab 3 dan realisasi alat yang jadi.

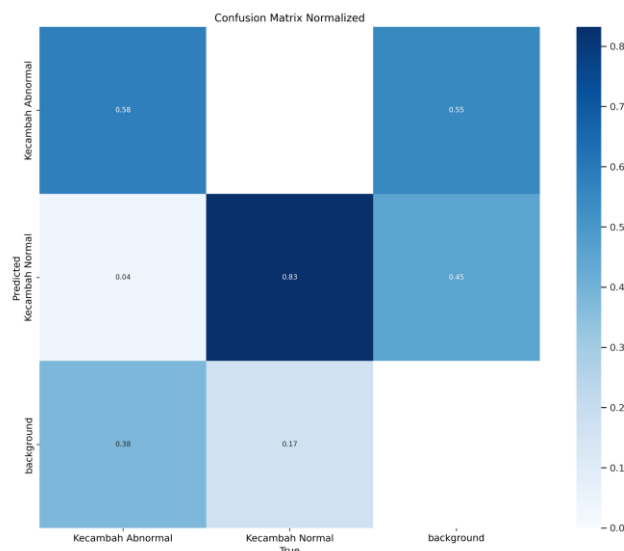
5.1. Analisis Hasil

Hasil implementasi dilakukan pengujian pada beberapa aspek untuk memenuhi spesifikasi sistem yang ingin dicapai. Pengujian dilaksanakan guna mengetahui performa deteksi objek sesuai dengan klasifikasinya dengan menggunakan metode *Confusion Matrix* untuk mendapatkan nilai Akurasi, Presisi, Recall, F1- Score. Perhitungan nilai error pada sensor yang digunakan. Kemudian melakukan pengujian pada sistem dengan menggunakan *System Usability Scale (SUS)*.

5.1.1 Hasil dan Analisis Pengujian Indikator

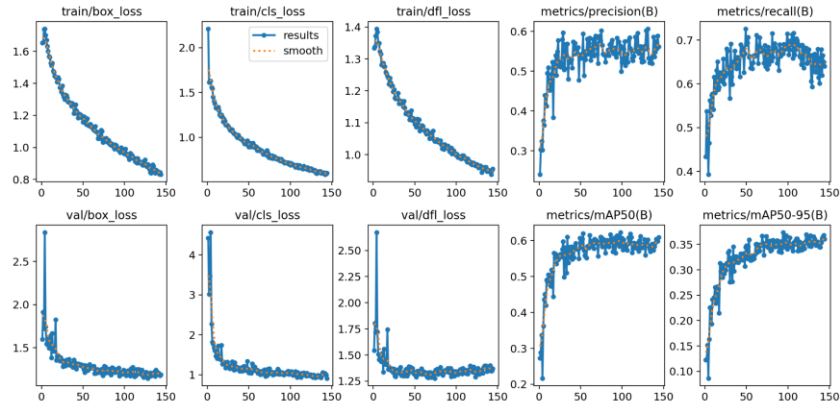
5.1.1.1 Training Model Kecambah Padi

Dalam pembacaan deteksi yang akurat, diperlukan dataset yang diperoleh dari hasil pelatihan terhadap sampel benih. Pelatihan benih padi dilakukan dengan menggunakan resolusi 640 dan sebanyak 150 iterasi. Model ini dibagi menjadi dua kelas, yaitu kecambah normal dan kecambah abnormal. Pelatihan ini dilakukan untuk mendapatkan nilai performa model, yang diukur melalui nilai *precision*, *recall*, dan *accuracy*. Nilai-nilai tersebut diperoleh dari hasil confusion matrix yang ditunjukkan pada Gambar 5.1.



Gambar 5.1 Confusion matrix hasil training

Grafik berikut menunjukkan kerugian pada proses pelatihan model dan validasi model. Kurva kerugian yang mengalami penurunan menunjukkan bahwa model sedang berlatih dengan data yang diberikan. Hasil performa model ditunjukkan dalam grafik pada Gambar 5.2.



Gambar 5.2 Grafik kerugian dan performa training



Gambar 5.3 Hasil training gambar

Pada Gambar 5.3 menunjukkan pembacaan gambar hasil training pada model benih padi dengan kelas objek sebagai kecambah normal dan kecambah normal. Model dengan resolusi 640 dengan 150 iterasi memiliki nilai *precision* 58.4% , *accuracy* 61.4% dan *recall* 66.9%.

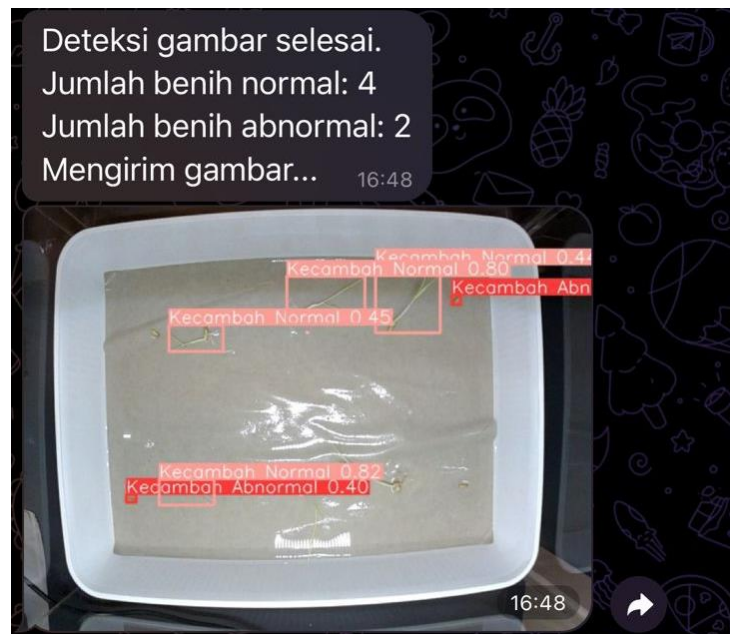
5.1.1.2 Hasil Deteksi

- Pengujian sampel pertama

Pada pengujian sampel hasil deteksi yang pertama, kami menggunakan 10 buah, yang menghasilkan 6 kecambah normal dan 4 kecambah abnormal. Dalam pengujian ini terdapat 4 buah benih yang tidak terdeteksi. Pada pengujian ini menggunakan metode confusion matrix yang ditampilkan pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Confusion matrix percobaan pertama

Pengujian sampel -1								
No	Kelas	Jumlah Aktual	Jumlah Terdeteksi	TP	TN	FP	FN	Nan
1	Kecambah Normal	6	4	4	0	0	0	2
2	Kecambah Abnormal	4	2	0	2	0	0	2
Total		10	6					



Gambar 5.4 Hasil deteksi objek

Hasil deteksi dapat diterima oleh user dengan menggunakan aplikasi telegram dengan cara melakukan perintah 'deteksi' maka sistem akan menangkap gambar dan gambar akan diolah, setelah gambar diolah maka hasil olahan akan dikirim ke user melalui telegram. Hasil yang dikirim ke user berupa keterangan jumlah benih normal dan abnormal serta mengirim gambar yang sudah

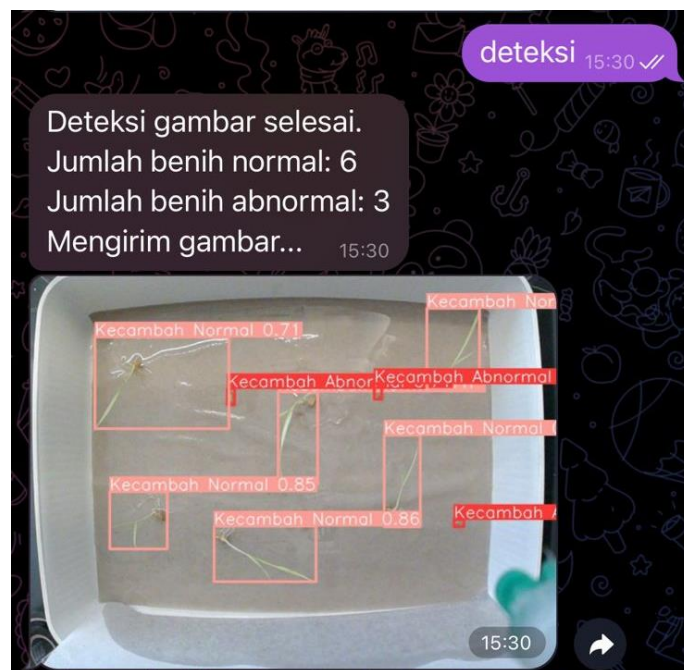
ada label. Saat melakukan deteksi gambar kondisi lampu led menyala, seperti pada yang ditampilkan pada gambar 5.4.

- Pengujian sampel kedua

Pada pengujian sampel hasil deteksi yang pertama, kami menggunakan 10 buah, yang menghasilkan 6 kecambah normal dan 4 kecambah abnormal. Dalam pengujian ini terdapat 1 buah benih yang tidak terdeteksi Pada pengujian ini menggunakan metode confusion matrix yang ditampilkan pada Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Confusion matrix percobaan kedua

Pengujian sampel -2								
No	Kelas	Jumlah Aktual	Jumlah Terdeteksi	TP	TN	FP	FN	Nan
1	Kecambah Normal	6	6	6	0	0	0	0
2	Kecambah Abnormal	4	3	0	3	0	0	1
Total		10	9					



Gambar 5.5 Hasil deteksi objek

Hasil deteksi dapat diterima oleh user dengan menggunakan aplikasi telegram dengan cara melakukan perintah 'deteksi' maka sistem akan menangkap gambar dan gambar akan diolah, setelah gambar diolah maka hasil olahan akan dikirim ke user melalui telegram. Hasil yang dikirim ke user berupa keterangan jumlah benih normal dan abnormal serta mengirim gambar yang sudah

ada label. Saat melakukan deteksi gambar kondisi lampu led mati, seperti pada yang ditampilkan pada gambar 5.5.

5.1.1.3 Hasil Pembacaan Sensor Suhu

Cara yang digunakan pada pengujian sensor dengan membandingkan hasil pembacaan DHT22 dengan hygrometer yang memiliki fungsi yang sama yakni untuk mengukur suhu dan kelembaban. Pengambilan data diambil dengan selang waktu 30 detik sebanyak 11 kali guna mendapatkan perbedaan nilai suhu dari sensor DHT22 dengan hygrometer. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui tingkat akurasi pembacaan pada sensor DHT22.

Tabel 5.3 Hasil pengujian error pada sensor DHT22 dengan Hygrometer

Hygrometer		DHT22		Error(%)	
Suhu(°C)	Kelembaban(%RH)	Suhu(°C)	Kelembaban(%RH)	Suhu(°C)	Kelembaban(%RH)
27,5	56	28	57,1	1,82	1,96
27,5	56	28	57,2	1,82	2,14
27,5	56	28	57	1,82	1,79
27,4	56	28	57,4	2,19	2,5
27,5	56	28	57,5	1,82	2,68
27,5	56	28	57,4	1,82	2,5
27,4	58	27,3	57,2	0,36	1,38
27,5	58	27,3	57,6	0,72	0,69
27,4	58	27,3	57,6	0,36	0,69
27,3	58	27,3	57,7	0	0,5
Rata - rata error				1,28	1,67

Berdasarkan perhitungan nilai error dengan menggunakan rumus error relatif pada persamaan :

$$\text{Error (\%)} = \frac{|\text{Nilai Sensor} - \text{Nilai Alat Ukur}|}{\text{Nilai Alat Ukur}} \times 100\% \quad (1)$$

Adapun hasil dari perbandingan antara DHT22 dan termometer menunjukkan nilai error suhu sebesar 1,28% dan kelembaban sebesar 1,67% seperti yang dapat dilihat pada Tabel 5.3. Hal ini membuktikan hasil pembacaan sensor DHT22 memiliki akurasi yang cukup tinggi.

5.1.1.4 Pengukuran Performa IoT

Pengukuran performa IoT dilakukan untuk mengetahui delay terhadap parameter-parameter sistem yang telah dirancang. Dengan demikian dapat memastikan kinerja sistem dapat bekerja secara optimal. Hasil pengukuran waktu delay ditampilkan pada Tabel 5.4. Pengukuran hasil delay tidak mempengaruhi kinerja sistem.

Tabel 5.4 Hasil Pengukuran Delay

No	Parameter	Waktu (s)
1	Pembacaan sensor DHT	4 s
2	Pompa	0,6 s
3	Deteksi Gambar	Kirim Data : 5 s Kirim Foto : 10 s
4	LCD	44 s
5	Lampu	0,4 s

Kami melakukan perbandingan sistem yang dibuat dengan sistem lain yang sejenis. Perbandingan yang dilakukan dengan cara membandingkan alat kami dengan germinator manual maupun germinator elektrik. Perbandingan performa ditampilkan pada Tabel 5.5.

Tabel 5.5 Perbandingan performa antara sistem yang dibuat dengan sistem lain

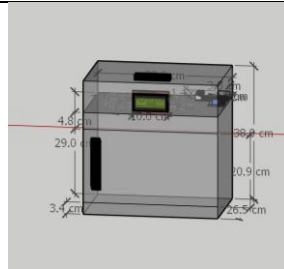
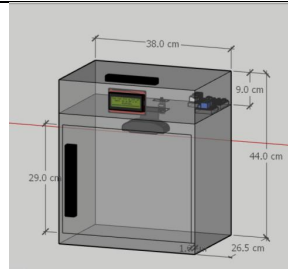
No	Fitur/Komponen	Inkubator	Germinator Manual	Germinator Elektrik
1	Fungsi	Alat untuk menumbuhkan benih yang dapat dipantau dengan smartphone.	Alat untuk menumbuhkan benih secara optimal.	Alat untuk menumbuhkan benih yang dilengkapi sistem kontrol.
2	Harga	Rp 2.834.500	Rp4.500.000	Rp30.000.000
3	Kemudahan	- Suhu dan kelembaban dapat dipantau menggunakan smartphone - Dapat melakukan penyiraman	Suhu dan kelembaban diatur dan dipantau secara manual	Dapat mengontrol suhu, kelembaban dan penyiraman secara otomatis
4	IoT	Dapat mengirimkan data ke	Belum dilengkapi IoT	Belum dilengkapi IoT

		pengguna melalui telegram		
5	Deteksi	Alat dilengkapi kamera untuk perhitungan kecambah	Perhitungan kecambah masih dilakukan secara manual	Perhitungan kecambah masih dilakukan secara manual

5.1.2 Pemenuhan Spesifikasi Sistem

Pemenuhan spesifikasi sistem dilakukan dengan membandingkan kesesuaian spesifikasi alat yang diusulkan pada Tugas Akhir 1 dengan realisasi sistem pada Tugas Akhir 2. Perbedaan terletak pada penggunaan kamera dan desain pintu pada layer 2. Perbandingan ditampilkan pada Tabel 5.6.

Tabel 5.6 Perbandingan usulan dan hasil perancangan sistem

No	Spesifikasi	Usulan	Realisasi
1	Dimensi (panjang x lebar x tinggi)	38 x 26,5 x 38	38 x 26,5 x 44
2	Kamera	Raspberry cam	Webcam
3	Desain		
4	Bahan	Akrilik	Akrilik
5	Spray pompa air	Spray putar	Spray berkabut
6	Lampu	Led strip selang	Led strip

Adanya perbedaan usulan dan realisasi dari penggunaan kamera karena kualitas kamera raspberry cam dan webcam yang digunakan lebih bagus webcam. Pada desain ada berbeda di realisasi terdapat kusen pintu berfungsi agar kekuatan antar akrilik (samping dan depan) lebih kuat. Selain itu pada desain juga ada perbedaan di ukuran tinggi karena pada realisasinya sistem ini menggunakan webcam yang letak posisinya masuk ke layer benih. Penggunaan spray air berkabut karena jika menggunakan spray putar air banyak yang jatuh keluar baki. Sedangkan penggunaan lampu led strip menggunakan satu set led strip beserta case yang sudah ada soket usb guna kerapian saat pemasangan lampu led.

5.1.3 Pengalaman Pengguna

Pengujian alat dilakukan dengan menggunakan metode *System Usability Scale* kepada 3 responden yang merupakan penyuluh pertanian pada BPP PAKEM. Dari hasil yang didapat, user merasa belum terbiasa dalam menggunakan sistem ini. Kemudian responden mengalami keraguan dalam penanganan jika terjadi kerusakan. Hasil perhitungan SUS ditampilkan pada Tabel 5.7

Tabel 5.7 Hasil Perhitungan *System Usability Scale* (SUS)

No	Responden	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Jumlah	Nilai (Jumlah x 2,5)
1	Catur Fajar	3	3	3	1	3	3	3	3	3	1	26	65
2	Sigit Widiyanto	3	3	3	1	4	3	3	3	3	1	27	67,5
3	Jarot Raharjo	3	3	3	1	3	3	3	3	3	1	26	65
Rata-rata													65,8

Rata-rata nilai SUS (*System Usability Scale*) yang didapat adalah 65,8. Nilai ini berada dalam rentang 50-69 pada skala SUS, yang secara umum dianggap masuk dalam kategori "OK".

Pengalaman pengguna dapat dilihat dari implementasi sistem selama proses pengujian dan pengambilan data dengan menggunakan alat yang telah dirancang. Parameter yang diambil disesuaikan dengan mempertimbangkan pengalaman dari pengguna. Fitur, capaian dan perbaikan dari pengalaman pengguna ditampilkan pada Tabel 5.8.

Tabel 5.8 Pengalaman Pengguna

No	Fitur/Komponen	Capaian	Aksi/Perbaikan
1	Fungsi	Melakukan pemantauan benih padi dan mengklasifikasi kondisi benih	Dipertahankan
2	Kemudahan	Hasil perhitungan klasifikasi benih dapat langsung dilihat	Dipertahankan
4	Kecepatan Sistem	Delay tidak mempengaruhi kinerja suatu sistem	Dipertahankan
5	Bentuk Alat	Bahan yang digunakan masih cenderung ringkih	Perlu ditingkatkan kembali

No	Fitur/Komponen	Capaian	Aksi/Perbaikan
6	Akurasi	Sistem dapat melakukan pembacaan suhu dengan baik dan pada deteksi objek masih kurang maksimal	Perlu ditingkatkan kembali

5.1.4 Kesesuaian Perencanaan dalam Manajemen Tim dan Realisasinya

Dalam kegiatan perencanaan sistem, terdapat usulan waktu dan realisasi kegiatan. Realisasi pelaksanaan terdapat perbedaan dengan usulan waktu dari bulan Desember hingga April. Namun, pada kegiatan testing dan validasi serta expo dan pengumpulan laporan akhir untuk waktunya sama. Kesesuaian usulan waktu dan realisasi pelaksanaan ditampilkan pada Tabel 5.5.

Dalam komponen serta biaya penyusunan suatu sistem terdapat perbedaan pada usulan biaya dan realisasi biaya. Perbedaan itu terjadi karena salah satunya penggantian komponen kamera dengan tujuan untuk menghasilkan gambar yang lebih baik dari sebelumnya. Perbandingan usulan biaya dan realisasi biaya ditampilkan pada Tabel 5.9.

Tabel 5.9 Kesesuaian antara usulan dan realisasi *timeline* pengerjaan Tugas Akhir 2

No	Kegiatan	Usulan waktu	Realisasi Pelaksanaan
1	Pengumpulan sampel	Desember - Februari	Desember - Maret
2	Pembelian alat dan bahan	Januari - Februari	Januari - Mei
3	Perancangan sistem	Februari - April	Februari- Juni
4	Pembuatan alat	Februari - April	Mei - Juni
5	Melatih sampel image processing	Mei - Juni	Maret - April
6	Testing dan validasi	Juni	Juni
7	Expo dan pengumpulan laporan akhir	Juli	Juli

Tabel 5.10 Kesesuaian RAB Tugas Akhir antara usulan dan realisasi

No	Jenis Pengeluaran	Usulan Biaya		Realisasi Biaya	
		Kuantitas	Total Harga	Kuantitas	Total Harga
1	Mikrokontroller	1	Rp 1,675.000	1	Rp 1,675.000
2	Inkubator (Kostum Akrilik)	1	Rp 600.000	1	Rp 740.000
3	Card Reader	1	Rp 85,000	1	Rp 85,000
4	Micro SD 32GB	1	Rp 85,000	1	Rp 85,000
5	Kabel Micro HDMI to HDMI	1	Rp 75,000	1	Rp 75,000
6	Pompa	1	Rp 14.000	1	Rp14.000

No	Jenis Pengeluaran	Usulan Biaya		Realisasi Biaya	
		Kuantitas	Total Harga	Kuantitas	Total Harga
7	Relay	1	Rp 15.000	1	Rp15.000
8	LCD 20x4	1	Rp 60.000	1	-
9	Nampan / Baki	1	Rp 35.000	1	Rp 43.000
10	Kertas Buram	1	Rp 30.000	1	Rp 3.500
11	Lampu USB	1	Rp 35.000	1	Rp 20.000
14	Spray	1	Rp 1.000	1	Rp 500
15	Kamera	1	Rp 532.000	-	-
16	Port USB	-	-	1	Rp 60.000
17	Kabel Jumper	30	Rp 18.000	-	-
18	Lem sealant	-	-	1	Rp 15.000
19	Selang kecil	1	Rp 3.000	1	Rp 3000
Total			Rp 3.263,000	Total	Rp 2.834,000

Pada pelaksanaan TA2 kami melakukan perancangan ini hingga penulisan laporan TA2 seperti pada Tabel 5.7. Kami juga melakukan survey ke mitra dan melakukan penanaman benih agar benih berkecambah untuk dilakukan pelatihan model.

Tabel 5.11 Realisasi aktivitas pelaksanaan tugas akhir 2

No	Hari, Tanggal, Durasi (jam atau hari)	Aktivitas	Pelaksana
1	16 Februari 2024	Mengumpulkan sampel	Bagas Fitri
2	22 Februari 2024	Pembelian alat	Bagas Fitri
3	13 Maret 2024	Mempelajari proses training	Bagas
4	14 Maret 2024	Proses labeling objek	Fitri
5	15 Maret 2024	Mempelajari proses deteksi	Bagas
6	16 Maret 2024	Melakukan install os raspberry pi 4	Bagas
7	18 Maret 2024	Bimbingan	Bagas Fitri
8	25 Maret 2024	Bimbingan progres TA	Bagas Fitri
9	23 April 2024	Epoch sampel	Bagas Fitri
10	24 April 2024	Pembuatan program yolo dengan raspberry	Bagas

11	27 April 2024	Uji coba kamera	Fitri
12	29 April 2024	Bimbingan	Bagas Fitri
13	1 Mei 2024	Merangkai sensor DHT 22 ke Raspberry	Bagas Fitri
14	6 Mei 2024	Testing peletakan kamera	Fitri
15	8 Mei 2024	Sidang Progress	Bagas Fitri
16	11 Mei 2024	Menghubungkan ke Telegram	Bagas
17	15 Mei 2024	Pemasangan pompa	Bagas Fitri
18	21 Mei 2024	Membuat kode program untuk memberi perintah melalui telegram	Bagas
19	27 Mei 2024	Menghubungkan LCD ke Raspberry	Bagas Fitri
20	28 Mei 2024	Survei Akrilik	Fitri
21	29 Mei 2024	Realisasi desain inkubator	Bagas
22	31 Mei 2024	Bimbingan	Bagas Fitri
23	3 Juni 2024	Pembuatan inkubator	Bagas Fitri
24	4 Juni 2024	Pembelian sprayer	Fitri
25	11 Juni 2024	Pemasangan rangkaian pada inkubator	Bagas Fitri
26	14 Juni 2024	Pengukuran delay pada sistem	Bagas Fitri
27	15 Juni 2024	Pemasangan pompa dan spray	Bagas Fitri
28	20 Juni 2024	Bimbingan	Bagas Fitri
29	25 Juni 2024	Pembelian lampu	Fitri
30	26 Juni 2024	Pemasangan lampu pada sistem inkubator	Bagas
31	1 Juli 2024	Pengujian sampel	Bagas Fitri
32	3 Juli 2024	Melakukan pemasangan kipas pada raspberry	Bagas Fitri
33	8 Juli 2024	Bimbingan	Bagas Fitri
34	9 Juli 2024	Menemui responden	Bagas

			Fitri
--	--	--	-------

5.2 Dampak Implementasi Sistem

Pada sistem ini memiliki dampak implementasi yang positif untuk perkembangan suatu sistem teknologi dan fungsi dari suatu alat. Sistem ini dirancang dengan melakukan observasi ke badan pembenihan untuk membuat keterbaruan dari suatu alat yang dapat membantu memudahkan pemantauan kualitas benih padi. Penggunaan sistem ini dapat dilakukan dari jarak jauh, sehingga memudahkan pengguna untuk memantau kondisi inkubator dan kualitas benih dari jauh.

Dalam bidang ekonomi mempengaruhi suatu sistem, karena dalam penggunaan komponen dan bahan. Dengan melakukan pertimbangan penggunaan bahan akrilik guna alat lebih ringan dan akrilik yang kami gunakan bersifat tembus pandang. Kami juga melakukan pertimbangan penggunaan komponen yang dapat melakukan pemrosesan gambar yang dapat terkoneksi dengan internet.

Sistem ini juga membutuhkan bidang sosial, karena dalam perancangannya kami melakukan observasi ke badan pembenihan, petani dan badan penyuluhan pertanian. Dengan adanya bidang sosial dapat memudahkan kami dalam melakukan pengujian alat dan mendapat masukan dari orang lain.

Dalam bidang lingkungan juga mempengaruhi suatu sistem karena alat ini menggunakan pemantauan suhu dan kelembaban pada ruang inkubator. Benih dapat tumbuh ideal di suhu 25-30 derajat celcius. Maka dari itu sistem membutuhkan pemantauan suhu dan kelembaban.

BAB 6. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Dari analisa hasil serangkaian perancangan sistem pemantauan kualitas benih padi, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- Perancangan inkubator pemantauan kualitas benih padi menggunakan *image processing* dengan metode *You Only Look Once* (YOLO-V8), spesifikasi realitanya terdapat perbedaan dengan spesifikasi usulan, perbedaan tersebut beberapa di antaranya berada pada komponen kamera dan ukuran inkubator. Penggantian rancangan tersebut dilakukan guna mendapatkan gambar yang lebih bagus dibanding penggunaan kamera pada spesifikasi usulan agar dapat mendeteksi benih lebih jelas.
- Inkubator pemantauan kualitas benih padi dapat memantau suhu dan kelembaban, dapat melakukan deteksi benih serta dapat melakukan penyiraman benih. Sistem ini juga dapat digunakan oleh pengguna dari jarak jauh.
- Inkubator pemantauan kualitas benih padi dapat membedakan benih normal dan abnormal dengan menggunakan bantuan kamera yang memanfaatkan *image processing*. Cahaya sangat berpengaruh pada sistem ini, karena dalam pengambilan gambar membutuhkan cahaya yang cukup agar mendapatkan hasil deteksi yang maksimal.

6.2 Saran

Dari hasil penelitian yang dilakukan, terdapat beberapa peningkatan yang perlu dilakukan untuk mendapatkan hasil yang lebih maksimal, antara lain :

- Pengembangan model training berbagai macam sampel benih yang lebih banyak, hal ini bertujuan untuk meningkatkan akurasi deteksi.
- Pengembangan bahan yang digunakan, dari sisi kekuatan bahan, agar alat inkubator lebih kuat dan solid.
- Pengembangan sistem siram otomatis agar lebih memudahkan pengguna, untuk mencegah kelalaian pengguna dalam menyiram benih.
- Pengembangan sistem kontrol suhu ruang inkubator agar sistem dapat menjaga suhu ruang inkubator meskipun suhu luar sedang terlalu panas/dingin.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] BPS, Produksi Padi Di Indonesia 2022. 2022. [Online]. Available: <https://www.bps.go.id/publication/2023/08/03/a78164ccd3ad09bdc88e70a2/luas-panen-dan-produksi-padi-di-indonesia-2022.html>.
- [2] S. K. Nuswardhani. dan B. Arief, “Kajian Serapan Benih Padi Bersertifikat Di Indonesia Periode 2012– 2017,” *Agrika*, vol. 13, no. 2, p. 162, 2019.
- [3] Arina, “Diduga Kualitas Benih Bantuan Pemerintah Tak Bagus, Petani di Aceh Besar Gagal Panen,” *AJNN.net*, 2019. <https://www.ajnn.net/news/diduga-kualitas-benih-bantuan-pemerintah-tak-bagus-petani-di-aceh-besar-gagal-panen/index.html>
- [4] M. W. K. Ika Novi Wahyu Astuti, Ferdiana Ayu Cahyaningtyas, Dewi Maryam , Cecep Khoer Affandi, ““GEKO (Germinator Ekonomis)’ Inovasi Metode Pengujian Daya Berkecambah Benih,” *IPB*, vol. 112096, no. 2012, pp. 1–4, 2013
- [5] J. D. Franco, T. A. Ramirez-delReal, D. Villanueva, A. Gárate-García, and D. Armenta-Medina, “Monitoring of *Ocimum basilicum* seeds growth with image processing and fuzzy logic techniques based on Cloudino-IoT and FIWARE platforms,” *Comput. Electron. Agric.*, vol. 173, no. March, p. 105389, 2020
- [6] N. I. Wibowo, “Efektifitas Daya Berkecambah Benih Padi Pandanwangi Dengan Menggunakan Metode Kertas,” *Agroscience (Agsci)*, vol. 10, no. 1, p. 38, 2020.
- [7] T. Aisyah dan R. Dwiyanto, “Perancangan Inkubator Bakteri Berbasis WEB Sebagai Inovasi Penunjang Laboratorium Mikrobiologi,” *Univ. Pahlawan Tuanku Tambusai*, vol. 5, pp. 5431–5439, 2023.
- [8] D. Cruz, C. Rodrigues, O. Chase, D. Araújo, dan J. F. Almeida, “IoT-based Smart Mini Greenhouse,” *Int. J. Innov. Educ. Res.*, vol. 7, no. 10, pp. 31–37, 2019.
- [9] A. R. Yusuf, D. Angela, and T. A. Nugroho, “Rancang Bangun Inkubator Tanaman Anggrek,” *Inst. Teknol. Harapan Bangsa*, 2022.
- [10] A. D. Attaqiroh, A. R. Chaidir, and Sumardi, “Sistem Pengendalian Suhu pada Inkubator Fermentasi Tempe dengan Metode Proportional Integral Derivative (PID) Secara Digital,” *Emit. J. Tek. Elektro*, vol. 23, no. 1, pp. 14–22, 2023.
- [11] P. Prayitno, S. Mukhlis, and B. Hariyanto, “Rancang Bangun Alat Perkecambahan Benih (Germinator) Portabel,” *J. Pengemb. Potensi Lab.*, vol. 2, no. 1, pp. 44–50, 2023.
- [12] A. W. Hatta Maulana Akhmad, Budi Wijayanto, “Pengaruh Penundaan Waktu Pengeringan terhadap Mutu Benih dan Pertumbuhan Fase Vegetatif Padi (*Oryza sativa* linn.) Varietas Inpari 42,” *Agrosains J. Penelit. Agron.*, vol. 24, no. 2, pp. 84–90, 2022.

- [13] Irine Prabhandaru and Triono Bagus Saputro, “Respon Perkecambahan Benih Padi (*Oryza sativa* L.) Varietas Lokal Si Gadis Hasil Iradiasi Sinar Gamma ,” *J. Sains dan Seni ITS*, vol. 7, no. 2, pp. 48–52, 2017.
- [14] M. Reza, A. Bintoro, and R. Putri, “Sistem Monitoring Suhu dan Kelembaban pada Penyimpanan Gabah untuk Menjaga Kualitas Beras Berbasis Internet of Things (IoT),” *J. Energi Elektr.*, vol. 9, no. 2, p. 14, 2021.
- [15] G. Ramadhona, B. D. Setiawan, and F. A. Bachtiar, “Prediksi Produktivitas Padi Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation,” *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komputer*, vol. 2, no. 12, pp. 6048–6057, 2018.
- [16] F. Vinola and A. Rakhman, “Sistem Monitoring dan Controlling Suhu Ruangan Berbasis Internet of Things” *J. Tek. elektro dan Komputer*, vol. 9, no. 2, pp. 117–126, 2020.
- [17] L. Rahma, H. Syaputra, A. H. Mirza, and S. D. Purnamasari, “Objek Deteksi Makanan Khas Palembang Menggunakan Algoritma YOLO (You Only Look Once),” *J. Nas. Ilmu Komputer*, vol. 2, no. 3, pp. 213–232, 2021.
- [18] 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.

LAMPIRAN – LAMPIRAN



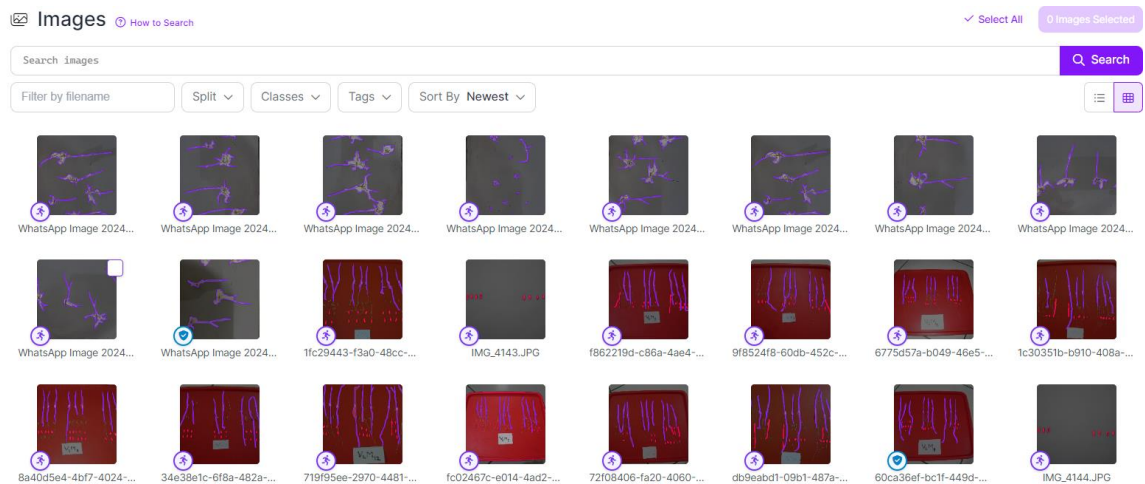
Gambar 1. Observasi ke BPSBP Yogyakarta



Gambar 2. Pengumpulan sampel benih hari pertama



Gambar 3. Pengumpulan sampel benih padi hari ke-delapan



Gambar 4. Dataset pada roboflow



Gambar 5. Pembagian kelas pada objek benih padi



Gambar 6. Percobaan alat ke BPP Pakem