

**REKAYASA SUHU DAN KELEMBABAN PADA BUDIDAYA JANGKRIK
MENGUNAKAN ALGORITMA *PROPORTIONAL INTEGRAL
DERIVATIVE* BERBASIS IOT**

SKRIPSI

Oleh:
AHMAD AZHAR DARMAWAN
NIM. 200605110077



**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2024**

**REKAYASA SUHU DAN KELEMBABAN PADA BUDIDAYA JANGKRIK
MENGUNAKAN ALGORITMA *PROPORTIONAL INTEGRAL
DERIVATIVE* BERBASIS IOT**

SKRIPSI

Diajukan kepada:
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
Untuk memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer (S.Kom)

Oleh:
AHMAD AZHAR DARMAWAN
NIM. 200605110077

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2024**

HALAMAN PERSETUJUAN

REKAYASA SUHU DAN KELEMBABAN PADA BUDIDAYA JANGKRIK
MENGUNAKAN ALGORITMA *PROPORTIONAL INTEGRAL
DERIVATIVE* BERBASIS IOT

SKRIPSI

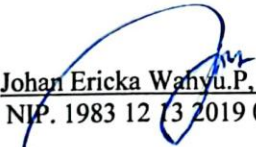
Oleh:

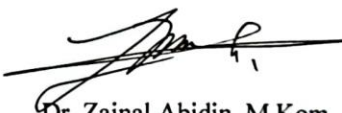
AHMAD AZHAR DARMAWAN
NIM. 200605110077

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji:
Tanggal: 23 September 2024

Pembimbing I,

Pembimbing II,


Johan Ericka Wahyu.P, M.Kom
NIP. 1983 12 13 2019 03 1004


Dr. Zainal Abidin, M.Kom
NIP. 19760613 200501 1 004

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Informatika
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang



Dr. H. Rochrul Kurniawan, M.MT, IPU
NIP. 19771020 200912 1 001

HALAMAN PENGESAHAN

REKAYASA SUHU DAN KELEMBABAN PADA BUDIDAYA JANGKRIK MENGUNAKAN ALGORITMA *PROPORTIONAL INTEGRAL DERIVATIVE* BERBASIS IOT

SKRIPSI

Oleh:

AHMAD AZHAR DARMAWAN
NIM. 200605110077

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi
dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Komputer (S.Kom)
Tanggal: 17 Oktober 2024

Susunan Dewan Penguji

Ketua Penguji	: <u>Dr. M. Amin Hariyadi, M.T</u> NIP. 19670018 200501 1 001	()
Anggota Penguji I	: <u>Shofin Nahwa Utama, M.T</u> NIP. 198607032020121003	()
Anggota Penguji II	: <u>Johan Ericka Wahyu Prakasa, M.Kom</u> NIP. 198312 13 2019 03 1004	()
Anggota Penguji III	: <u>Dr. Zainal Abidin, M.Kom</u> NIP. 19760613 200501 1 004	()

Mengetahui dan Mengesahkan,
Ketua Program Studi Teknik Informatika
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang




Dr. Fachrul Kurniawan, M.MT, IPU
NIP. 19771020 200912 1 001

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ahmad Azhar Darmawan
NIM : 200605110077
Fakultas / Program Studi : Sains dan Teknologi / Teknik Informatika
Judul Skripsi : Rekayasa Suhu dan Kelembaban Pada Budidaya Jangkrik Menggunakan Algoritma Proportional Integral Derivative Berbasis IOT

Dengan ini saya menyatakan bahwa Skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambil alihan data, tulisan, atau pikiran orang lain, kecuali dengan mencantumkan sumber referensi pada daftar pustaka.

Apabila dikemudian hari terdapat bukti skripsi ini merupakan hasil jiplakan atau pengambilan karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 17 Oktober 2024
Yang membuat pernyataan,



Ahmad Azhar Darmawan
NIM.200605110077

MOTTO

“Sabar berarti siap menderita”

–Adolf Hitler

HALAMAN PERSEMBAHAN

Puji syukur atas nikmat yang telah diberikan oleh Allah SWT sehingga dapat menyelesaikan penelitian ini, dan tak lupa juga sholawat serta salam kepada junjungan kita Nabi besar Muhammad SAW yang menjadi suri teladan bagi seluruh umat muslim. Alhamdulillah dengan ini penulis mempersembahkan sebuah karya penelitian yang merupakan bentuk ketertarikan penulis pada dunia *Internet of things*. Sebuah cabang ilmu dari perkembangan teknologi yang pesat membuat semua hal dapat dikendalikan dengan jarak jauh dan efisien. Terdapat juga kutipan kata dari salah satu tokoh besar favorit penulis yang mendorong motivasi tentang pentingnya sebuah pendidikan dan riset, yang berbunyi “*Pendidikan adalah senjata, yang efeknya tergantung pada siapa yang memegang di tangannya dan pada siapa itu ditujukan – Joseph Stalin*”.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat kepada umatnya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian ini dengan lancar dan tentunya masih diberikan kesehatan selama mengerjakan penelitian. Serta tidak lupa sholawat serta salam kepada Nabi besar Muhammad SAW atas syafaatnya sehingga manusia dapat menuju jalan yang baik.

Penulis juga mengucapkan terima kasih pada semua pihak yang telah membantu dan mendukung sampai penelitian ini terselesaikan. Ucapan terima kasih ini ditujukan kepada:

1. Kedua orang tua saya tercinta yaitu Bapak Septa Cardinata dan Ibu Wiwin Sulistyowati, S.Pt, S.Pd yang telah memberikan dukunga dan doa selama perkuliahan.
2. Prof. Dr. Sri Harini, M.Si, selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Dr. Ir. Fachrul Kurniawan, M.MT, IPU., selaku Ketua Prodi Teknik Informatika yang senantiasa memotivasi dan memberikan solusi di setiap permasalahan keluh kesah mahasiswa jurusan Teknik Informatika.
4. Dr. Cahyo Crysdiyan, selaku dosen wali yang senantiasa membimbing dan mengarahkan selama perkuliahan berlangsung.
5. Johan Ericka Wahyu Prakasa, M.Kom dan Dr. Zainal Abidin, M.Kom, selaku dosen pembimbing satu dan dosen pembimbing dua yang membimbing dan mengarahkan penulis sehingga karya ini dapat diselesaikan dengan baik.

6. Segenap keluarga Pasuruan yang selalu memberikan dukungan dan doa selama perkuliahan, terima kasih kepada keluarga bapak Ir. H. Abdul Rasjid, M.M, keluarga bapak Hadi Purnomo dan keluarga almarhum bapak Nur Shofyan.
7. Terima kasih pada segenap teman – teman dari Teknik Informatika angkatan 20 atau Integer.
8. Terima kasih juga pada semua pihak yang telah menemani saya selama penelitian tugas akhir saya berlangsung.
9. Terima kasih kepada bapak Teguh dan sekeluarga, yang telah memberikan fasilitas tempat tinggal yang nyaman selama perkuliahan saya di Malang.
10. Tidak lupa juga saya ucapkan terima kasih banyak kepada Novita Sari, Khalid Fahrudin, Irfan Aufa Fadilla, Muhammad Khoirul Huda, Achmad Firmansyah, Darma Ramadhani, Imam Ghozali, Shofey M. Yusuf Ali yang telah memberikan bantuan mobilitas selama perkuliahan di Malang saat motor tua saya sedang bermasalah.

Malang, 23 September 2024

Ahmad Azhar Darmawan

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGANTAR	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	v
MOTTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
ABSTRAK	xiv
ABSTRACT	xv
مستخلص البحث	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Batasan Masalah	5
1.4 Tujuan Penelitian	6
1.5 Manfaat Penelitian	6
BAB II STUDI PUSTAKA	7
2.1 Penelitian Terkait	7
BAB III DESAIN PENELITIAN	14
3.1 Desain Sistem	14
3.2 Perancangan Rangkaian Elektronika	16
3.3 Perancangan Kandang Media Budidaya	17
3.4 Penerapan PID	18
3.4.1 <i>Proportional</i>	20
3.4.2 <i>Integral</i>	20
3.4.3 <i>Derivative</i>	20
3.5 Metode Pengujian	20
3.5.1 Pengujian Sensor DHT22	20
3.5.2 Pengujian PID	21
3.6 Tampilan <i>Dashboard</i> Dengan <i>Blynk</i>	21
3.7 Prosedur Penelitian	22
3.7.1 Pembelian Bibit Jangkrik	22
3.7.2 Perawatan Jangkrik	22
3.7.3 Perawatan Jangkrik	23
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	24
4.1 Hasil Pengujian	24
4.1.1 Pengujian Alat	24
4.1.1.1 Kalibrasi Sensor DHT22	24
4.1.1.2 Pengujian Sistem Kontrol	25

4.1.2	Hasil Pengujian Konstanta PID	27
4.1.2.1	Pengujian Kontrol P	27
4.1.2.2	Pengujian Kontrol PI.....	31
4.1.2.3	Pengujian Kontrol PID.....	35
4.1.2.4	Perhitungan Konstanta PID Dengan Rumus Matematika PID ...	38
4.1.3	Hasil Pengujian Suhu dan Kelembaban Kandang Tanpa Kontrol PID	40
4.1.4	Analisis dan Perbandingan Hasil Panen Jangkrik	41
4.1.5	Monitoring <i>Blynk</i>	44
4.1	Integrasi Islam	46
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		48
5.1	Kesimpulan.....	48
5.2	Saran	48
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Desain Sistem	14
Gambar 3. 2 Rangkaian Elektronika	16
Gambar 3. 3 Rangkaian Kandang Tampak Atas	17
Gambar 3. 4 Rangkaian Kandang Tampak Depan	17
Gambar 3. 5 Diagram PID	19
Gambar 3. 6 Tampilan Dashboard Dengan Blynk	21
Gambar 4. 1 Kandang Dengan Rangkaian Sistem Kontrol.....	26
Gambar 4. 2 Grafik respon proportional pada parameter suhu	28
Gambar 4. 3 Grafik respon proportional pada parameter kelembaban	30
Gambar 4. 4 Grafik respon proportional dan integral pada parameter suhu	32
Gambar 4. 5 Grafik respon proportional dan integral pada parameter kelembaban	33
Gambar 4. 6 Grafik respon proportional, integral dan derivative pada parameter kelembaban	35
Gambar 4. 7 Grafik respon proportional integral dan derivative pada parameter kelembaban	37
Gambar 4. 8 Kandang Tanpa Sistem Kontrol	40
Gambar 4. 9 Grafik perbandingan hasil panen jangkrik selama 45 hari	42
Gambar 4. 10 Monitoring suhu pada aplikasi Blynk	44
Gambar 4. 11 Notifikasi peringatan pada smartphone dengan aplikasi Blynk	45

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Tabel perbandingan Penelitian Sebelumnya	12
Tabel 4. 1 Perbandingan Sensor Dengan HTC-2 Untuk Suhu.....	24
Tabel 4. 2 perbandingan Sensor Dengan HTC-2 Untuk Kelembaban	25
Tabel 4. 3 Analisis trial and error proportional pada parameter suhu.....	29
Tabel 4. 4 Analisis trial and error proportional pada parameter kelembaban	31
Tabel 4. 5 Analisis trial and error proportional integral pada parameter suhu	33
Tabel 4. 6 Analisis trial and error proportional integral pada parameter kelembaban	34
Tabel 4. 7 Analisis trial and error proportional integral dan derivative pada parameter suhu	36
Tabel 4. 8 Analisis trial and error proportional integral dan derivative pada parameter kelembaban.....	38
Tabel 4. 9 Data Hasil Panen Jangkrik Selama 45 Hari	42
Tabel 4. 10 Tabel data analisis dari kedua kandang terhadap fluktuasi suhu dan kelembaban.....	45

ABSTRAK

Darmawan, Ahmad Azhar. 2024. **Rekayasa Suhu Dan Kelembaban Pada Budidaya Jangkrik Menggunakan Algoritma *Proportional Integral Derivative* Berbasis IoT**. Skripsi. Program Studi Teknik Informatika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Johan Ericka Wahyu Prakasa, M.Kom. (II) Dr. Zainal Abidin, M.Kom.

Kata kunci: *Internet of things, PID, NodeMCU, Budidaya Jangkrik.*

Budidaya jangkrik menjadi salah satu kegiatan peternakan yang banyak dilakukan oleh masyarakat, terutama dalam memenuhi permintaan pasar untuk memenuhi kebutuhan pakan hewan dan sebagai sumber protein alternatif. Namun, keberhasilan budidaya jangkrik juga dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti suhu dan kelembaban yang sesuai untuk produktivitas jangkrik. Kondisi lingkungan yang kurang stabil dapat memengaruhi dan mengambat laju produktivitas jangkrik. Pada penelitian ini akan membahas rangkaian elektronika berbasis *Internet of things* pada kandang jangkrik dengan tujuan untuk meningkatkan produktivitas jangkrik serta mengimplementasikan algoritma kontrol PID untuk mengendalikan suhu dan kelembaban pada kandang jangkrik. Berdasarkan hasil pengujian kalibrasi sensor DHT 22 memiliki *error* sebesar 1,43% pada variabel suhu sedangkan pada variabel kelembaban nilai *error* sebesar 1,67%. Pengujian algoritma PID dilakukan dengan metode *trial and error* dan akan di ambil hasil yang paling baik di antara percobaan yang dilakukan. Berdasarkan uji metode *trial and error*, respon sistem yang paling baik adalah konstanta PID suhu $K_p = 3$, $K_i = 1.3$ dan $K_d = 4.2$ sedangkan untuk konstanta PID kelembaban $K_p = 1.2$, $K_i = 0.8$ dan $K_d = 0.9$. Hasil panen jangkrik dari pengujian kandang dengan sistem kontrol selama 45 hari adalah jumlah jangkrik meningkat dari awal pemberian jangkrik 15 ekor menjadi 92 ekor pada hari terakhir pengujian, sedangkan pada kandang manual tidak menunjukkan peningkatan jumlah jangkrik dari awal pemberian jangkrik 15 ekor menyisakan 9 ekor pada hari terakhir pengujian.

ABSTRACT

Darmawan, Ahmad Azhar. 2024. **Temperature and Humidity Control in Crickets Farming Using Proportional Integral Derivative Algorithm Based on IoT**. Undergraduate Thesis. Informatics Engineering Study Program, Faculty of Science and Technology, Maulana Malik Ibrahim State Islamic University Malang. Advisors: (I) Johan Ericka Wahyu Prakasa, M.Kom. (II) Dr. Zainal Abidin, M.Kom.

Cricket farming is one of the livestock activities that are widely practiced by the community, especially in meeting market demand for animal feed and as an alternative protein source. However, the success of cricket cultivation is also influenced by environmental factors such as temperature and humidity that are suitable for cricket productivity. Unstable environmental conditions can affect and slow down the rate of cricket productivity. This research will discuss an electronic circuit based on the Internet of things in a cricket cage with the aim of increasing cricket productivity and implementing a PID control algorithm to control temperature and humidity in a cricket cage. Based on the results of the calibration test, the DHT 22 sensor has an error of 1.43% on the temperature variable while on the humidity variable the error value is 1.67%. PID algorithm testing is done by trial and error method and will take the best results among the experiments conducted. Based on the trial and error method test, the best system response is the temperature PID constant $K_p = 3$, $K_i = 1.3$ and $K_d = 4.2$ while for the humidity PID constant $K_p = 1.2$, $K_i = 0.8$ and $K_d = 0.9$. The results of the cricket harvest from testing the cage with the control system for 45 days are the number of crickets increased from the beginning of giving 15 crickets to 92 tails on the last day of testing, while the manual cage did not show an increase in the number of crickets from the beginning of giving 15 crickets leaving 9 tails on the last day of testing.

Keywords: *Internet of things, PID, NodeMCU, Crickets Farming.*

مستخلص البحث

دارموان، أحمد أزهر. 2024. هندسة درجة الحرارة والرطوبة في زراعة الصراصير باستخدام خوارزمية المشتق التناسبي التكاملي القائم على إنترنت الأشياء. الأطروحة. برنامج دراسة هندسة المعلوماتية، كلية العلوم والتكنولوجيا، الجامعة الإسلامية الحكومية، مولانا مالك إبراهيم مالانج. المشرف (I): يوهان إيريكاهيو براكاسا، ماجستير كوم (II). الدكتور زين العابدين زين العابدين، م. كوم.

الكلمات المفتاحية: إنترنت الأشياء، PID، NodeMCU، زراعة الكريكات.

تعد تربية الصراصير أحد أنشطة الثروة الحيوانية التي يقوم بها المجتمع المحلي على نطاق واسع، خاصة في تلبية طلب السوق لتلبية احتياجات علف الحيوانات وكمصدر بديل للبروتين. غير أن نجاح زراعة الصراصير يتأثر أيضاً بالعوامل البيئية مثل درجة الحرارة والرطوبة المناسبة لإنتاجية الصراصير. يمكن للظروف البيئية غير المستقرة أن تؤثر على معدل إنتاجية الصراصير وتثبطها. سيناقش هذا البحث دارة إلكترونية تعتمد على إنترنت الأشياء في قفص الصراصير بهدف زيادة إنتاجية الصراصير وتنفيذ خوارزمية تحكم PID للتحكم في درجة الحرارة والرطوبة في قفص الصراصير. استناداً إلى نتائج اختبار معايرة مستشعر DHT 22، فإن قيمة الخطأ في متغير درجة الحرارة تبلغ 1.43% بينما تبلغ قيمة الخطأ في متغير الرطوبة 1.67%. يتم إجراء اختبار خوارزمية PID بطريقة التجربة والخطأ وسيتم أخذ أفضل النتائج من بين التجارب التي أجريت. استناداً إلى اختبار طريقة التجربة والخطأ، فإن أفضل استجابة للنظام هي ثابت درجة الحرارة $K_p = 3$ ، $K_i = 1.3$ و $K_d = 4.2$ بينما بالنسبة لثابت الرطوبة $K_p = 1.2$ ، $K_i = 0.8$ و $K_d = 2$. كانت نتائج حصاد الزيز من اختبار القفص بنظام التحكم لمدة 45 يوماً هي زيادة عدد الزيز من بداية إعطاء 15 صراصير إلى 92 ذيلًا في اليوم الأخير من الاختبار، بينما لم يظهر القفص اليدوي زيادة في عدد الزيز من بداية إعطاء 15 صراصير إلى 9 ذيل في اليوم الأخير من الاختبار.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang memiliki kekayaan alam yang sangat melimpah. Salah satu kekayaan yang dimiliki negara Indonesia adalah memiliki tanah dan iklim yang subur, sehingga Indonesia merupakan negara agraris. Indonesia sebagai negara agraris memberikan dampak manfaat besar bagi masyarakat, terutama dalam bidang mata pencaharian dan ekonomi. Kondisi alam yang subur di Indonesia menjadikan kegiatan peternakan sebagai salah satu penyokong perekonomian masyarakat.

Peternakan sebagai salah satu sumber perekonomian masyarakat, salah satu bentuk kegiatan peternakan yang dilakukan masyarakat adalah peternakan jangkrik. Jangkrik atau dengan nama latin *Gryllus Assimilis* merupakan salah satu jenis serangga yang kaya akan manfaat. Manfaat jangkrik dapat digunakan seperti bahan pakan ternak masyarakat, bahan kosmetik hingga sumber protein tambahan pada makanan. Jangkrik sebagai sumber protein juga dapat diolah menjadi bahan dasar makanan berupa tepung, kandungan tepung yang berasal dari jangkrik terbukti memiliki kandungan protein sebesar 65 hingga 67,7%, selain kandungan protein juga terdapat kandungan lemak sebesar 23 – 23,31% dan karbohidrat sebesar 5,08% (Septiani *et al.*, 2020). Dengan banyaknya manfaat dari jangkrik, permintaan produksi jangkrik pada pasar sangat besar, pembudidayaan jangkrik menjadi pilihan yang tepat bagi masyarakat karena kebutuhan pasar yang tinggi serta biaya perawatan yang sangat murah (Sugiar & Sukarman, 2019). Hal ini dapat dibuktikan

bahwasannya Allah menciptakan hewan ternak dengan berbagai manfaatnya, seperti yang terkandung pada ayat Alquran surat An-Nahl ayat 5 yang berbunyi:

وَالْأَنْعَامَ خَلَقَهَا لَكُمْ فِيهَا دِفْءٌ وَمَنْفَعٌ مِنْهَا تَأْكُلُونَ

”Dia telah menciptakan hewan ternak untukmu. Padanya (hewan ternak itu) ada (bulu) yang menghangatkan dan berbagai manfaat, serta sebagian (daging)-nya kamu makan” (Q.S An-Nahl: 5)

Dalam tafsir kementerian agama pada surat An-Nahl ayat 5 diatas adalah menjelaskan bahwa “Allah telah memberikan kenikmatan kepada hambanya berupa hewan ternak seperti unta, sapi, kambing dan hewan ternak lainnya. Nikmat yang dapat diperoleh dari binatang itu seperti bulunya yang dapat dibuat kain wool yang berguna melindungi tubuh dari suhu dan udara dingin dan kulitnya juga dapat digunakan sepatu dan peralatan lainnya” dari tafsir tersebut dapat diartikan bahwa binatang ternak diciptakan oleh Allah agar dapat dimanfaatkan manusia sebagai pemenuhan kebutuhan hidup. Dari ayat dan tafsir di atas dapat disimpulkan bahwa terdapat banyak manfaat dari kegiatan beternak, salah satunya yaitu peternakan jangkrik. Hasil dari peternakan jangkrik adalah dapat dimanfaatkan sebagai pakan hewan, sumber protein tambahan dan masih banyak lagi.

Budidaya jangkrik merupakan bisnis yang menjanjikan dan banyak peminat hasil dari budidaya jangkrik di pasaran. Kebutuhan pakan terus meningkat terutama di kalangan para pecinta burung dan ikan hias untuk memberikan pakan dengan kandungan gizi yang baik (Fauziyyah *et al.*, 2019). Selain pada pasar lokal, permintaan hasil budidaya jangkrik juga mencapai permintaan ekspor. Hal ini membuktikan bahwa budidaya jangkrik memiliki potensi yang sangat besar untuk

dilakukan, terlebih dengan menggunakan integrasi teknologi agar mendapatkan tingkat efisiensi yang lebih baik dalam proses budidayanya.

Dalam proses berlangsungnya budidaya jangkrik, terdapat beberapa tantangan yang harus dihadapi dalam proses budidaya jangkrik. Salah satu tantangan utama bagi pelaku bisnis budidaya jangkrik adalah bagaimana untuk mengatasi keberlangsungan hidup jangkrik pada media kandang. Jangkrik mempunyai spesifikasi lingkungan hidup sendiri. Jangkrik dapat tumbuh dan berkembang pada suhu 20-30 derajat celcius dengan tingkat kelembaban 65-80% serta membutuhkan intensitas cahaya yang rendah (Sukarno, 1999). Dengan mengetahui aspek-aspek tantangan untuk melakukan budidaya jangkrik, maka diperlukan sebuah inovasi dengan mengimplemetasikan teknologi seperti *internet of things*.

Internet of things adalah suatu konsep berbagai perangkat dapat terhubung dengan internet dan mampu untuk melakukan pertukaran data secara *real time* (Isrofi et al., 2021). Integrasi *Internet of things* dalam proses penanganan masalah yang mungkin terjadi pada budidaya jangkrik dapat dilakukan dengan melakukan sebuah monitoring lingkungan budidaya. Pengontrolan suhu, kelembaban serta pencahayaan yang tepat digunakan memperoleh hasil yang lebih baik dibandingkan dengan proses perawatan manual (Wiranto & Nurwarsito, 2022). Proses monitoring yang di implementasikan pada media budidaya dapat mengandalkan sensor-sensor untuk mengambil data lingkungan pada kandang. Penggunaan sensor seperti DHT 22 dan LDR dapat digunakan untuk pengambilan data suhu, kelembaban serta intensitas cahaya (Permadi, 2022).

Untuk menstabilkan suhu dan kelembaban, diperlukan sebuah kontrol dengan penggunaan aktuator. Aktuator pada penelitian ini akan mengontrol mist maker dan exhaust fan yang berfungsi untuk menstabilkan suhu dan kelembaban pada kandang serta pengontrolan cahaya yang cukup, guna untuk perkembangan jangkrik. Pada kandang juga terdapat lampu yang berwarna hijau, hal ini dikarenakan jangkrik memiliki faktor anatomis pada tubuhnya untuk menerima gelombang cahaya. Sehingga warna hijau merupakan warna yang ideal untuk tingkah laku jangkrik dan tidak menimbulkan agresivitas (Utami & Ramli, 2022). Dengan upaya perlakuan khusus pada budidaya jangkrik terhadap faktor – faktor yang dapat memengaruhi perkembangan, hal ini menjelaskan bahwa perawatan dan pengontrolan kegiatan peternakan sangat penting untuk dilakukan. Pentingnya menggunakan teknologi dengan *Internet of things* sangat memungkinkan untuk meningkatkan produktivitas dan perawatan apabila diimplementasikan pada budidaya jangkrik (Wiranto & Nurwarsito, 2022).

Seperti halnya penelitian yang telah dilakukan oleh Ratnasari Nur Rohmah, dalam penelitiannya telah merancang kandang jangkrik dengan sistem pengatur suhu dan kelembaban otomatis. Penelitian ini dilakukan untuk pengabdian dan pemberdayaan kepada masyarakat di Gondang, Jirapan, Masaran, Sragen Jawa Tengah. Hasil dari penelitian yang dilakukan adalah kandang berhasil dibuat dan mendapatkan respon yang positif dari mitra masyarakat yaitu peternak jangkrik. Alat yang dirancang oleh peneliti membantu mitra dalam pengelolaan budidaya jangkrik dengan mengurangi kontak secara langsung pada area budidaya, sehingga dapat membantu para peternak untuk manajemen waktu mereka.

Integrasi teknologi *Internet of things* dan budidaya jangkrik dapat lebih akurat dalam mengendalikan kestabilan kondisi yang dibutuhkan apabila kita mengimpelementasikan algoritma tertentu, salah satu algoritma yang dapat diterapkan adalah menggunakan algoritma PID (Musayyanah *et al.*, 2022). Penggunaan algoritma PID pada budidaya jangkrik berguna untuk mengatasi ketidakstabilan variabel seperti suhu, kelembaban dan kebutuhan cahaya. Sehingga penggunaan algoritma ini diharapkan dapat mengatasi masalah tentang perubahan variabel-variabel tersebut yang disebabkan oleh faktor lingkungan.

Dari latar belakang ini, maka diperlukan sebuah rancangan sistem monitoring dengan mengimplementasikan metode PID untuk mempermudah kegiatan budidaya jangkrik, sehingga dapat memberikan nilai akurat dalam memertahankan kondisi lingkungan budidaya sehingga meningkatkan produktivitas jangkrik. Maka dari penelitian ini diharapkan dapat meminimalisir jumlah kematian jangkrik pada budidaya yang disebabkan oleh faktor eksternal.

1.2 Rumusan Masalah

Bagaimana meingkatkan produksi jangkrik melalui rekayasa suhu dan kelembaban pada kandang jangkrik berbasis IoT.

1.3 Batasan Masalah

1. Kandang jangkrik berada di dalam ruangan.
2. Jangkrik yang dibudidayakan adalah jangkrik alam atau jangkrik untuk pakan.

3. Alat yang digunakan sebagai aktuator adalah kipas dc dan *ultrasonic mist maker*.

1.4 Tujuan Penelitian

Meningkatkan produksi jangkrik melalui rekayasa suhu dan kelembaban pada kandang jangkrik berbasis IoT.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah membantu peternak jangkrik untuk mengotomisasi pengendalian suhu dan kelembaban pada kandang jangkrik.

BAB II

STUDI PUSTAKA

2.1 Penelitian Terkait

Dalam penelitian yang dilakukan oleh (Septiani et al., 2020), mempresentasikan tentang pemanfaatan hasil olahan dari pembudidayaan jangkrik. Jangkrik memiliki kandungan protein yang tinggi, oleh sebab itu budidaya jangkrik memiliki banyak manfaat. Fauziyyah mengungkapkan bahwa kandungan protein yang dimiliki jangkrik lebih tinggi dari pada protein yang sering dikonsumsi. Pengolahan hasil budidaya jangkrik dapat berupa tepung yang akan digunakan sebagai bahan olahan makanan. Hasil penelitiannya mengungkapkan bahwa kandungan protein pada jangkrik berkisar 65%-67,7% dan mengandung lemak sekitar 23%-23,21%, yang artinya kandungan pada jangkrik dapat dijadikan alternatif bahan makanan yang menyehatkan bagi manusia. Selain dijadikan protein tambahan bagi manusia, olahan jangkrik juga dapat dijadikan bahan tambahan pakan ternak, sehingga dapat meningkatkan kesehatan hewan ternak.

Dalam penelitian yang dilakukan oleh (Sutariyono et al., 2024), mempresentasikan tentang strategi dalam budidaya jangkrik untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat. Tim peneliti melakukan pengarahannya pada masyarakat mulai dari cara pemilihan bibit, pembuatan kandang, perawatan jangkrik hingga masa panen serta strategi pemasaran hasil panen jangkrik. Pada penelitian ini juga disebutkan bahwa strategi pemberian pakan serta perawatan yang optimal bagi

jangkrik dapat membantu mempercepat masa panen jangkrik dalam kurun waktu satu bulan.

Dalam penelitian yang dilakukan oleh (Ahla & Musafa, 2019), mempresentasikan implementasi PID pada alat penetas telur. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengurangi kegagalan pengeraman telur dan meningkatkan produktivitas panen telur. PID pada penelitian ini digunakan untuk menstabilkan suhu dengan bantuan *heater* dan *exhaust fan* pada tempat penetasan telur. Pada percobaan tuning pid dengan setpoint suhu 36 – 39°C, kinerja sistem bekerja sesuai dengan nilai suhu setpoint, yang berarti pada kisaran suhu tersebut dapat menetas telur. Dengan beberapa percobaan tuning konstanta pid dilakukan dan percobaan terbaik adalah dengan memberikan konstanta Kp sebesar 1000, Kd sebesar 3000 dan Ki sebesar 1. Pada percobaan tuning tersebut bahwa penentuan konstanta yang tepat juga dipengaruhi oleh kondisi lingkungan sekitar, sehingga pencarian dengan konstanta yang tepat dapat meningkatkan sistem untuk dapat menyetabilkan.

Dalam penelitian yang dilakukan oleh (Musayyanah et al., 2022), mempresentasikan tentang penggunaan metode PID pada *greenhouse* strawberry yang berbasis *internet of things*. Tujuan dari penelitian ini adalah bagaimana upaya untuk menjaga kestabilan lingkungan pada *greenhouse* strawberry, mengingat strawberry dapat tumbuh pada suhu dan kelembaban tertentu yang mana artinya tanaman strawberry adalah tanaman yang cukup sensitif dengan faktor lingkungan budidayanya. Pada penelitian ini peran PID adalah bertugas untuk menstabilkan suhu dan kelembaban pada ruang greenhouse. Sistem kontrol yang menggunakan

PID menggunakan metode *zieger-nicols* tipe 1 dengan menetapkan nilai suhu 26,1°C dan tingkat kelembaban 80%. Dari penelitian ini dihasilkan bahwa komponen pid PID pada paramater suhu memiliki nilai $K_p=5.32$, $K_i=0.22$, dan $K_d=21.6$. sedangkan untuk parameter kelembaban memiliki nilai $K_p=9.5$, $K_i=0.25$, $K_d=4.75$. nilai untuk *overshoot* suhu sebesar 1.15% dan kelembaban sebesar 5.88% dengan *rise time* 90 menit dan 40 menit. Dan untuk *settling time* sebesar 190 menit dan 85 menit.

Dalam penelitian yang dilakukan oleh (Utami & Ramli, 2022), mempresentasikan bahwa terdapat beberapa spektrum warna yang dapat memicu perilaku jangkrik. Dalam pengujiannya terdapat 4 warna yang akan diuji, yaitu warna merah, biru, hijau dan kuning. Penelitian ini menunjukkan beberapa perilaku jangkrik diantaranya adalah stridulasi, agonistik, pola gerakan dan agsifitas. Dari keempat spektrum warna tersebut ditunjukkan bahwa sinar biru memiliki nilai yang paling tinggi agresifitasnya yang juga dipicu oleh kenaikan suhu di sekitarnya. Sedangkan untuk sinar hijau merupakan kebalikan dari sinar biru. Pada sinar hijau tidak ditunjukkan sama sekali perilaku agresif dan agonistik, yang berarti sinar hijau lebih aman untuk jangkrik.

Dalam penelitian yang dilakukan oleh (Rohmah et al., 2023), mempresentasikan tentang perancangan sistem pengatur suhu dan kelembaban otomatis pada kandang jangkrik. Penelitian ini dilakukan di Gondang, Jirapan, Masaran, Sragen, Jawa Tengah dngan tujuan untuk pengabdian pada masyarakat setempat. Adapun tahapan-tahapan yang dilakukan oleh Rohmah, yaitu meliputi survey lokasi, survey penyesuaian lingkungan untuk kandang, pelatihan mitra dan

kuisisioner untuk evaluasi. Hasil dari penelitian ini adalah kandang dapat dioperasikan dengan baik oleh mitra, dan hasil kuisisioner menunjukkan nilai positif terhadap peternak jangkrik.

Dalam penelitian yang dilakukan oleh (Fauziyyah et al., 2019), mempresentasikan tentang kegiatan eksplorasi pengetahuan lokal masyarakat Desa Pegagan terhadap manfaat dari pengolahan jangkrik. Penelitian dilakukan dengan beberapa metode seperti dengan pendekatan etnozologi, wawancara, kajian literatur, dan kegiatan observasi dua tempat yaitu kampung jangkrik yang bernama Trust Jaya Jangkrik dan tempat budidaya burung murai. Hasil dari penelitian ini adalah bahwa jangkrik memiliki banyak manfaat, terutama pada kandungan nutrisi yang ada pada jangkrik. Pemanfaatan dapat berupa sebagai pakan pada ternak burung murai, serta dapat menjadi peluang untuk membuka bisnis karena dalam budidaya jangkrik tidak memerlukan banyak modal pada pembudidayaannya serta perawatan yang murah.

Dalam penelitian yang dilakukan oleh (Sugiar & Sukarman, 2019), mempresentasikan tentang hasil analisis faktor-faktor yang dapat memengaruhi produksi jangkrik. Dari hasil penelitiannya bahwa jumlah bibit, tenaga kerja, jumlah pakan dan perubahan suhu merupakan faktor-faktor yang memengaruhi produksi jangkrik. Dari faktor-faktor tersebut secara parsial yang hanya variabel jumlah bibit dan suhu yang dapat memengaruhi produksi jangkrik. Sedangkan untuk variabel lainnya tidak signifikan.

Dalam penelitian yang dilakukan oleh (Prabowo et al., 2024), mempresentasikan tentang efektivitas PID dalam memertahankan suhu dan

kelembaban dalam rancangan inkubator telur. Pada penelitian ini konstanta PID diberikan K_p sebesar 10 K_i sebesar 1 dan K_d sebesar 8 ke. Sensor yang digunakan dalam sistem ini adalah DHT21 dan setelah tahap pengujian sensor ini memiliki nilai keberhasilan sebesar 90% dalam mendeteksi suhu dan kelembaban pada ruangan.

Dalam penelitian yang dilakukan oleh (Yuliarmas et al., 2015), mempresentasikan hasil implementasi kontrol PID pada mesin pengembang roti. Hasil dari penelitian tersebut adalah sistem yang dibangun oleh peneliti bahwa dengan memberikan konstanta K_p sebesar 20 K_i sebesar 0.01 dan K_d sebesar 1, maka respon sistem tercepat dapat ditempuh dalam waktu 120 detik. Namun pada penelitian ini terdapat kekurangan pada pengendalian parameter kadar kelembaban karena pengaruh aktuator yang digunakan.

Dalam penelitian yang dilakukan oleh (Wiranto & Nurwarsito, 2022), mempresentasikan tentang hasil analisis protokol MQTT pada sistem monitoring pengatur suhu dan kelembaban pada kandang jangkrik berbasis *internet of things*. Hasil yang didapat adalah akurasi pengambilan data oleh sensor menghasilkan nilai persentase sebesar 1.03% untuk kesalahan relatif pengukuran suhu dan 0.47% untuk kesalahan relatif pengukuran kelembaban.

Dalam penelitian yang dilakukan oleh (Sudrajat et al., 2021), mempresentasikan tentang pemantauan peternakan jangkrik menggunakan ESP32. Dalam penelitiannya faktor lingkungan yang dikendalikan adalah suhu dan kelembaban. Aktuator yang digunakan adalah lampu pijar yang tersambung dengan relay dan *humidifier mist maker*. Hasil dari penelitian ini adalah sistem yang

dirancang dapat mengondisikan suhu dan kelembaban yang berubah dengan memanfaatkan aktuator yang digunakan dengan tingkat akurasi 98,01% dan presisi 98,14%.

Dalam penelitian yang dilakukan oleh (Adib et al., 2021), mempresentasikan tentang perancangan alat *telecontrolling* pada kandang jangkrik dengan bantuan sensor DHT22 untuk mengukur suhu dan kelembaban serta RTC untuk mendeteksi waktu. Hasil dari penelitian ini adalah alat dapat memberikan pesan melalui aplikasi telegram dengan memberikan pesan kondisi suhu, kelembaban dan waktu pada kandang serta dapat memberi tahu bahwa jangkrik dapat siap untuk di panen. Sistem ini menggunakan *fuzzy logic* yang terintegrasi pada *chip*, sehingga input data yang berasal dari sensor dapat menentukan *output* status kandang dan kapan waktu untuk memanen jangkriknya.

Tabel 2. 1 Tabel perbandingan Penelitian Sebelumnya

No	Judul dan penulis	Tujuan Penelitian	Algoritma	Perbedaan
1	Sistem kontrol suhu untuk mengatur kelembaban ruang kandang untuk meningkatkan hasil panen jangkrik di wilayah Linggasari Kabupaten Ciamis	Pembuatan kandang jangkrik dengan sistem kontrol suhu dan kelembaban menggunakan arduino.	-	Menggunakan algoritma PID pada kontrol aktuator
2	Telecontrolling pada Kandang Jangkrik Berbasis IoT (<i>Internet of things</i>)	“Telecontrolling Pada Kandang Jangkrik Berbasis IoT (<i>Internet of things</i>)” Alat ini menggunakan sensor DHT22 dan RTC untuk mengukur suhu dan kelembaban	Fuzzy Logic	Menggunakan algoritma PID pada kontrol aktuator

		didalam kandang jangkrik dan RTC untuk mendeteksi waktu		
3	Kandang Jangkrik dengan Pengatur Suhu dan Kelembaban Otomatis untuk Peternak Jangkrik di Gondang, Jirapan, Masaran, Sragen, Jawa Tengah	pengaruh kelembaban dan kondisi suhu ruangan kandang jangkrik yang dapat mempengaruhi pertumbuhan jangkrik. Selama ini kandang jangkrik yang dimiliki peternak mengikuti kondisi cuaca alam dan belum ada upaya pengendalian.	-	Menggunakan algoritma PID pada kontrol aktuator
4	Sistem Monitoring Pengatur Suhu dan Kelembaban pada Kandang Jangkrik berbasis <i>Internet of things</i> (Studi Kasus Budidaya Jangkrik Perorangan di Kabupaten Blitar)	sistem monitoring yang mampu mengatur suhu dan kelembaban pada kandang jangkrik, sehingga mempermudah proses monitoring dan pengendalian iklim.	-	Menggunakan algoritma PID pada kontrol aktuator

Berdasarkan penelitian terdahulu yang telah dibahas, penelitian yang akan dilakukan difokuskan pada pengembangan metode PID (*Proportional-Integral-Derivative*) untuk pengontrolan suhu dan kelembaban yang akan diaplikasikan pada kandang jangkrik. Penelitian ini juga mengintegrasikan teknologi IoT, sehingga pemantauan dapat dilakukan secara real-time melalui perangkat yang terhubung. Maka pada penelitian ini diharapkan mampu menciptakan lingkungan yang sesuai dan mendukung produktivitas pada budidaya jangkrik.

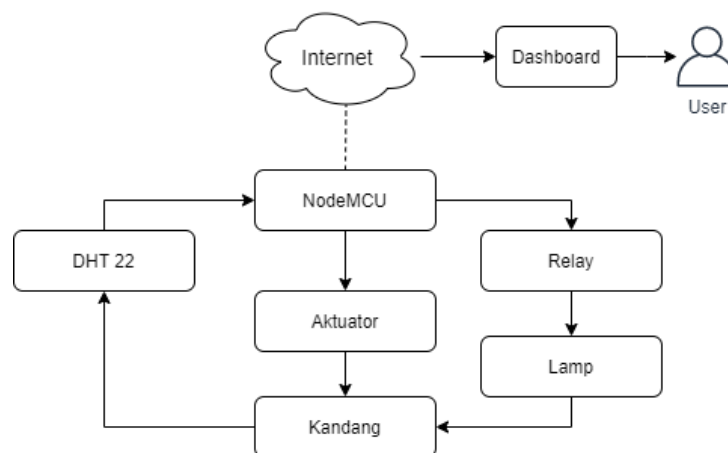
BAB III

DESAIN PENELITIAN

Pada bab ini akan di uraikan tentang tahapan penelitian yang akan dilakukan dalam perancangan sistem monitoring pada pembudidayaan jangkrik berbasis *internet of things*. serta bagaimana pengimplementasian algoritma PID pada sistem.

3.1 Desain Sistem

Desain sistem dibuat agar dapat membantu memahami bagaimana alur sistem dan perancangan bekerja, penjelasan desain sistem dapat ditunjukkan pada gambar 3.1



Gambar 3. 1 Desain Sistem

Pada gambar 3.1 memperlihatkan bagaimana setiap komponen dalam sistem saling terhubung dan bekerja secara terintegrasi. Sensor DHT22 berfungsi sebagai komponen untuk membaca suhu dan kelembaban di dalam kandang, kemudian mengirimkan data tersebut ke NodeMCU ESP8266 untuk diproses lebih lanjut. NodeMCU menjadi pusat kendali yang akan memproses data sensor menggunakan

algoritma PID untuk menghasilkan output yang sesuai. Algoritma PID ini memastikan suhu dan kelembaban kandang tetap stabil dan mendekati nilai *setpoint* yang telah ditentukan.

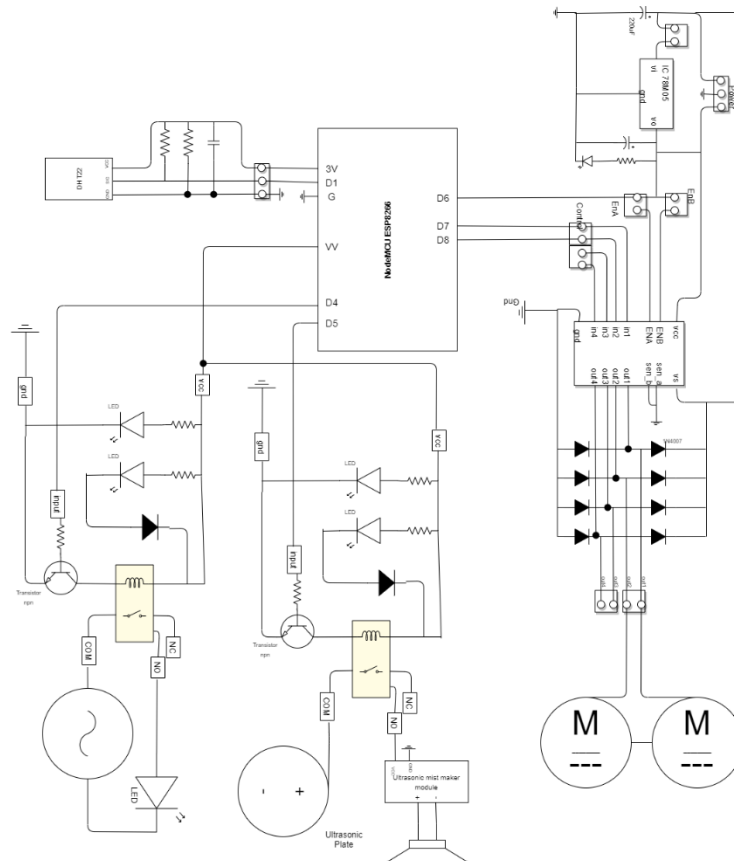
NodeMCU mengontrol aktuator seperti kipas motor dc 12v, humidifier, dan lampu berdasarkan data yang telah diolah. Untuk pengaturan kipas DC, digunakan sebuah *driver motor* untuk mengatur kecepatan kipas secara bertahap sesuai dari keluaran nilai PID suhu. Relay 2 channel digunakan sebagai saklar elektronik untuk mengontrol menghidupkan atau mematikan lampu led dan modul humidifier. Dengan cara ini, sistem dapat menjaga kelembaban udara di dalam kandang serta memastikan pencahayaan tetap optimal bagi perkembangan jangkrik.

Selain itu, konektivitas NodeMCU ke internet memungkinkan sistem ini untuk diakses secara jarak jauh melalui platform *dashboard Blynk*. Data suhu, kelembaban, dan status aktuator akan ditampilkan dalam bentuk visualisasi yang mudah dipahami oleh pengguna. Melalui dashboard ini, pengguna tidak hanya dapat memantau kondisi kandang secara real-time, tetapi juga dapat melakukan kontrol terhadap perangkat yang terhubung dengan sistem.

Secara keseluruhan, integrasi antara sensor, algoritma PID, aktuator, dan fitur monitoring melalui dashboard membuat sistem ini efektif dalam menjaga kondisi lingkungan kandang jangkrik secara otomatis. Hal ini diharapkan dapat membantu pengguna dalam meningkatkan efisiensi pemantauan dan pengendalian suhu, kelembaban, serta pencahayaan di kandang, sehingga mendukung pertumbuhan jangkrik secara optimal.

3.2 Perancangan Rangkaian Elektronika

Desain dibawah ini adalah visualisasi rangkaian elektronika dan *dashboard* yang akan di rancang. Untuk melihat detail dari rangkaian dapat dilihat pada gambar 3.2.



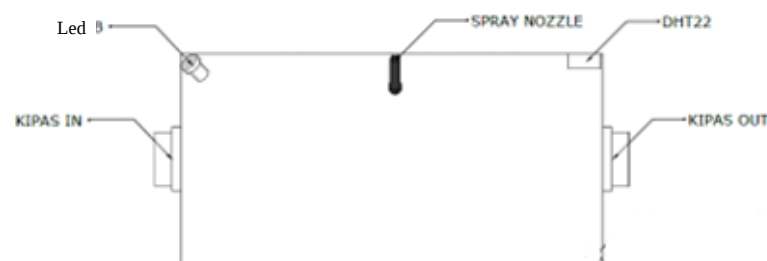
Gambar 3. 2 Rangkaian Elektronika

Desain rangkaian elektronika yang ditunjukkan pada gambar 3.2 memperlihatkan bagaimana komponen komponen berfungsi dalam menjaga suhu dan kelembaban pada kandang. Pada rangkaian ini menggunakan *driver motor* L298N yang berfungsi untuk mengendalikan kecepatan kipas yang diperuntukkan kipas masuk dan kipas buang secara bersamaan. Pada rangkaian juga terdapat sebuah relay dengan 2 channel yang berfungsi untuk mengontrol *on/off* pada lampu

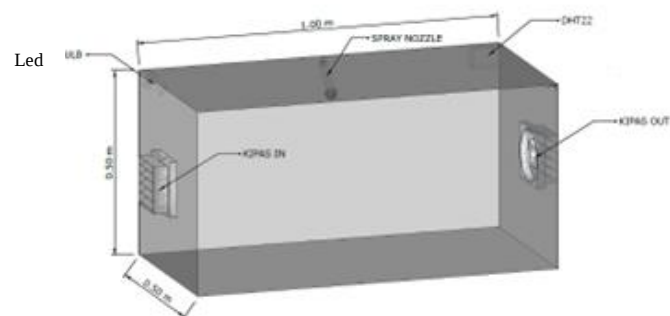
led dan modul humidifier. Peran relay juga pada rangkaian juga digunakan untuk mengontrol keamanan arus tegangan yang dibutuhkan komponen. Rangkaian ini menggunakan sensor DHT22 sebagai input utama dalam sistem ini karena pada sistem dibutuhkan nilai parameter suhu dan kelembaban. Data yang diperoleh dari sensor akan diproses pada microcontroller dan akan digunakan sebagai data input pada proses perhitungan PID.

3.3 Perancangan Kandang Media Budidaya

Untuk dapat menyempurnakan penelitian ini diperlukan sebuah kandang untuk media budidaya jangkrik. Kandang terbuat dari bahan kayu dan triplek, dengan ukuran dimensi 50×100×50 cm. Rancangan desain kandang yang akan dibuat dapat dilihat pada gambar 3.3 dan gambar 3.4.



Gambar 3. 3 Rangkaian Kandang Tampak Atas



Gambar 3. 4 Rangkaian Kandang Tampak Depan

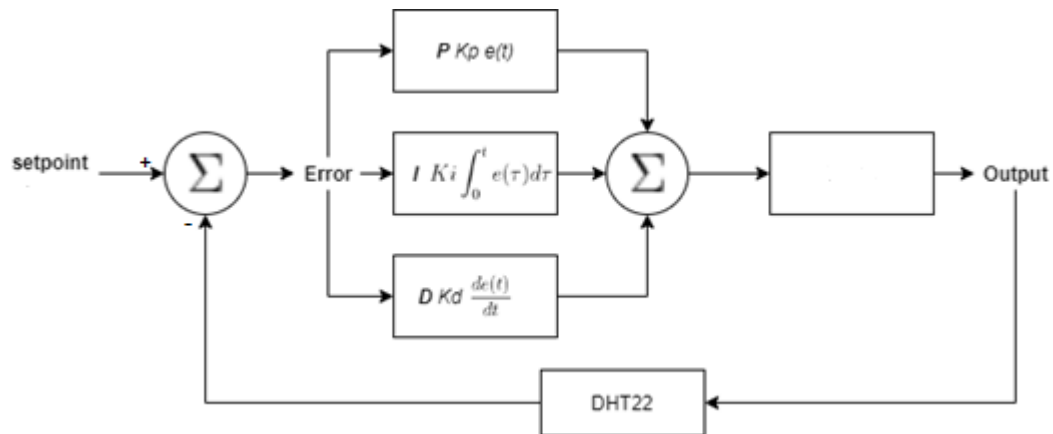
Pada gambar 3.3, ditunjukkan tata letak komponen dari atas kandang, termasuk lampu led pencahayaan, humidifier berguna untuk menjaga kelembaban udara, serta DHT22 sebagai sensor yang bertugas membaca suhu dan kelembaban di dalam kandang. Kipas *in* dan *out* diposisikan secara strategis untuk mengatur sirkulasi udara, memastikan udara segar masuk dan udara panas keluar agar suhu di dalam kandang tetap stabil.

Pada gambar 3.4 menunjukkan tampak depan kandang, di mana dua kipas terlihat terpasang di sisi kanan dan kiri sebagai pengatur aliran udara. Posisi lampu dan spray nozzle dipasang di bagian atas kandang untuk mendistribusikan cahaya dan kelembaban secara merata. Selain itu, kandang juga dirancang dengan bukaan atas yang memungkinkan perawatan dan pemantauan rutin dilakukan dengan lebih mudah.

3.4 Penerapan PID

PID atau *Proportional Integral Derivatif* merupakan salah satu metode yang banyak diterapkan pada sistem kontrol otomatis. PID digunakan untuk mengontrol hasil keluaran *output* yang biasanya digunakan untuk mengatur aktuator pada sistem dengan membandingkan *output* aktual dengan nilai referensi atau pada metode disebut dengan nilai *setpoint* yang diinginkan. Berikut adalah alur dari penggunaan PID ditunjukkan pada gambar 3.5. *Error* merupakan nilai selisih dari *setpoint* dengan *output*. Sehingga nilai *error* tersebut kemudian akan diproses melalui rangkaian kontrol dengan mengintegrasikan ketiga konstanta PID. Dari proses tersebut dihasilkan sebuah sinyal kontrol yang digunakan untuk mengontrol

aktuator berupa motor dc dan relay sebagai penyetabil suhu dan *humidifier* sebagai penyetabil kelembaban.



Gambar 3. 5 Diagram PID

Error merupakan nilai selisih dari setpoint dengan pembacaan suhu melalui sensor. Sehingga nilai *error* tersebut kemudian akan diproses melalui rangkaian kontrol dengan mengintegrasikan ketiga konstanta PID. Dari proses ketiga komponen dari PID tersebut dihasilkan sebuah sinyal kontrol yang digunakan untuk mengontrol aktuator berupa motor dc dan relay sebagai penyetabil suhu dan *humidifier* sebagai penyetabil kelembaban. Proses penjumlahan dari ketiga komponen PID tersebut dapat ditunjukkan pada gambar 3.6.

$$u(t_k) = K_p(t_k) + K_i \Delta t \sum_{i=1}^k e(t_i) + \frac{K_d}{\Delta t} (e(t_k) - e(t_k - 1)) \quad (3.1)$$

Keterangan:

$e(t_k)$: *error* atau selisih dari setpoint dengan pembacaan sensor.

K_p : konstanta *proportional*.

K_i : Konstanta *Integral*.

K_d : Konstanta *Derivative*.

Δt : interval waktu antara pengukuran saat ini dengan waktu sebelumnya.

3.4.1 Proportional

Proportional merupakan komponen yang berfungsi sebagai pengurangan kesalahan antara suhu aktual dengan suhu yang diinginkan. Pengurangan kesalahan dari komponen ini akan menghasilkan sinyal kendali terhadap kesalahan tersebut.

3.4.2 Integral

Integral merupakan komponen yang berfungsi untuk menghilangkan kesalahan steady state. Seperti pada komponen di atas yaitu komponen *Proportional* masih terdapat *error* pada steady state, oleh karena itu dibutuhkan komponen *integral* untuk mengurangi kesalahan tersebut.

3.4.3 Derivative

Derivative merupakan komponen yang berfungsi sebagai sinyal kontrol berdasarkan laju perubahan sinyal. Komponen ini berguna sebagai menjaga kestabilan sistem ketika terdapat perubahan respon yang lebih cepat. Sehingga dapat mengantisipasi nilai *overshoot* dan sistem akan tetap stabil.

3.5 Metode Pengujian

Pada penelitian ini terdapat beberapa pengujian yang akan dilakukan. Pengujian ini diperlukan untuk memastikan bahwa alat yang akan digunakan sebagai bahan penelitian akan bekerja dengan baik.

3.5.1 Pengujian Sensor DHT22

Sensor DHT 22 akan membaca kelembaban dan suhu di sekitarnya. Pengujian pada sensor ini dilakukan untuk mendapatkan data yang tepat dari hasil

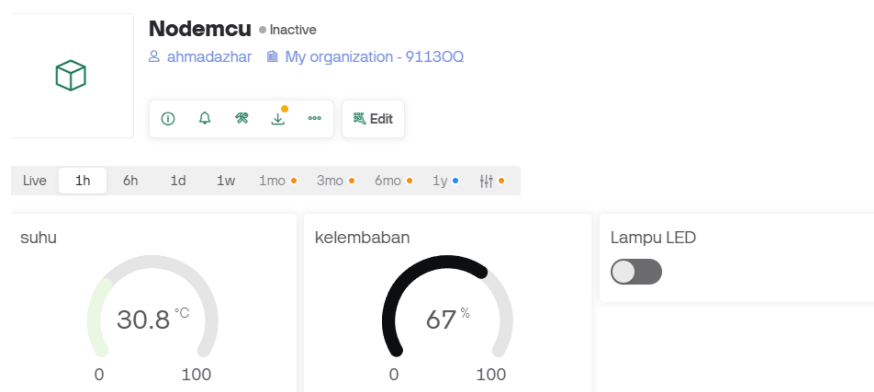
pengujian terhadap parameter yang akan dibaca, sehingga dengan cara ini maka nilai *error* dari sensor akan didapatkan.

3.5.2 Pengujian PID

Pengujian PID dilakukan untuk mendapatkan nilai konstanta K_p , K_i dan K_d . Sehingga mendapatkan nilai *output* yang sesuai untuk sistem. Pengujian dilakukan dengan cara *trial and error*, yaitu dengan memberikan nilai *proportional* dan melihat grafik respon sistem yang baik. Kemudian akan dilanjutkan dengan menambahkan nilai *integral* dan *derivative* untuk mengurangi nilai *error* dan *overshoot* pada sistem. Dari beberapa percobaan pengujian PID ini maka sistem kendali ini siap untuk diimplementasikan.

3.6 Tampilan Dashboard Dengan Blynk

Perancangan *interface dashboard* menggunakan *Blynk*. Desain *dashboard* menampilkan tingkat kelembaban, suhu dan tombol on/off pada kandang jangkrik. Berikut untuk tampilan *dashboard* menggunakan *Blynk* dapat dilihat pada gambar 3.7.



Gambar 3. 6 Tampilan Dashboard Dengan Blynk

Monitoring suhu dan kelembaban pada kandang jangkrik dilakukan menggunakan aplikasi *Blynk*, seperti ditunjukkan pada gambar 3.6. *Dashboard* pada aplikasi menampilkan dua parameter utama dan satu tombol, yaitu suhu dan kelembaban, serta tombol *on/off* untuk lampu led. Parameter suhu dan kelembaban dilengkapi dengan indikator berbentuk *gauge* yang memudahkan pengguna untuk memantau kondisi kandang secara *real-time*. Tampilan ini memungkinkan pengelolaan lingkungan kandang secara efektif untuk memastikan kestabilan suhu dan kelembaban yang mendukung produktivitas jangkrik. Integrasi dengan *Internet of things* mempermudah akses data melalui perangkat *mobile* serta memberikan kemudahan dalam melakukan pemantauan secara jarak jauh.

3.7 Prosedur Penelitian

Pada penelitian ini terdapat beberapa prosedur yang harus dilakukan agar mendapatkan hasil penelitian yang baik. Berikut adalah beberapa prosedur yang harus dilakukan selama penelitian ini berlangsung.

3.7.1 Pembelian Bibit Jangkrik

Pembelian bibit jangkrik alam yang bagus digunakan untuk objek penelitian ini. Pemilihan jangkrik ini dikarenakan lebih mudah beradaptasi dengan lingkungan baru serta memiliki potensi pertumbuhan dan perkembangbiakan yang baik.

3.7.2 Perawatan Jangkrik

Perawatan dilakukan dengan memerhatikan kandang secara langsung. Pemantauan terhadap suhu dan kelembaban ruang serta menyediakan makanan

untuk jangkrik. Pemantauan angka kematian pada jangkrik juga diperhatikan apabila terdapat jangkrik yang mati agar segera dibersihkan.

3.7.3 Perawatan Jangkrik

Pada tahap ini pengukuran jangkrik dilakukan serta berapa jangkrik yang dihasilkan dari kandang jangkrik yang terintegrasi sistem kontrol dan kandang tanpa sistem kontrol. Hal ini bertujuan untuk mengetahui apakah terdapat peningkatan produktivitas dan menghasilkan kualitas jangkrik yang bagus terhadap pengaruh suhu lingkungan.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian

Pada bab ini pengujian sistem kontrol dilakukan terhadap sistem rekayasa suhu dan kelembaban pada kandang jangkrik menggunakan algoritma PID. Pengujian yang dilakukan meliputi pengujian sistem dan hasil dari sistem.

4.1.1 Pengujian Alat

Pada pengujian alat dilakukan untuk mengetahui apakah sensor yang digunakan pada penelitian ini dapat berjalan dengan baik. Sedangkan pada pengujian sistem dilakukan pengujian terhadap implementasi algoritma PID pada mikrokontroler serta *hardware* lainnya.

4.1.1.1 Kalibrasi Sensor DHT22

Hasil pembacaan nilai suhu dan kelembaban oleh sensor DHT 22 akan dibandingkan/dikalibrasi dengan pembacaan alat sensor manual digital (HTC-2). Berikut hasil pengujian ditunjukkan pada tabel 4.1 dan tabel 4.2.

Tabel 4. 1Perbandingan Sensor Dengan HTC-2 Untuk Suhu

No	DHT 22 °C	HTC-2	Error%
1	30.2	30.6	1.32%
2	30.2	30.6	1.32%
3	30.2	30.5	0.99%
4	30.2	30.6	1.32%
5	30.2	30.6	1.32%
6	30.2	30.7	1.66%
7	30.2	30.7	1.66%
8	30.2	30.7	1.66%
9	30.2	30.7	1.66%
10	30.2	30.7	1.66%
Nilai rata-rata <i>error</i>			1.43%

Tabel 4. 2 perbandingan Sensor Dengan HTC-2 Untuk Kelembaban

No	DHT 22 Rh	HTC-2	Error%
1	65,2	66,5	1.99%
2	65,2	66	1.23%
3	65,2	65,8	0.92%
4	65,2	66,4	1.84%
5	65,2	66,5	1.99%
6	65,2	66,3	1.69%
7	65,2	66,2	1.53%
8	65,2	66,4	1.84%
9	65,2	66,5	1.99%
10	65,2	66,3	1.69%
Nilai rata-rata error			1.67%

Hasil pengujian yang ditunjukkan pada tabel 4.1 dan tabel 4.2 didapatkan nilai rata *error* dari pengujian suhu dan kelembaban menggunakan sensor DHT22 dengan termometer dan higrometer dari HTC-2. Setelah mendapatkan nilai *error*, kemudian nilai-nilai *error* tersebut dihitung untuk mencari nilai rata-ratanya.

$$Error = \frac{\text{nilai sensor} - \text{nilai htc-2}}{\text{nilai htc-2}} \times 100 \quad (4.1)$$

$$Error = \frac{30.2 - 30.6}{30.2} \times 100$$

$$Error = \frac{0.4}{30.2} \times 100$$

$$Error = 1.32\%$$

4.1.1.2 Pengujian Sistem Kontrol

Pada penelitian ini menggunakan kandang dengan spesifikasi yang sesuai pada bab 3. Pada kandang terdapat aktuator dengan dua kipas buang dan masuk serta terdapat mist maker untuk pelembab kandang. Pada kandang juga terdapat lampu led berwarna hijau untuk memicu tingkah laku jangkrik.



Gambar 4. 1 Kandang Dengan Rangkaian Sistem Kontrol

Pada gambar 4.1 sistem kontrol kandang bekerja dengan memanfaatkan aktuator berupa kipas masuk dan buang serta menjaga kelembaban dengan penyemprotan kabut air. Peletakan posisi pengabut air berdekatan dengan kipas masuk dan diletakkan di posisi lebih tinggi dari kipas buang, sehingga udara dengan kelembaban baru yang masuk pada kandang dapat menyebar ke seluruh kandang.

Pemasangan lampu led strip berwarna hijau diletakkan pada penutup kandang atas bagian tengah. Peletakkan lampu led pada posisi ini adalah dengan tujuan agar sinar dapat menyebar dengan rata pada area kandang dalam. Pemasangan lampu led hijau pada kandang dapat memberikan rangsangan pada reseptor jangkrik yang terdapat pada punggung jangkrik sehingga dapat memicu seperti berbunyi untuk menarik pasangan dan kawin.

Sistem kontrol pada kandang dikendalikan dengan *microcontroller* ESP8266 melalui implementasi algoritma PID. Untuk menjalankan aktuator yang dikendalikan *output* PID suhu, *driver motor* L298N akan mengatur *output* PWM untuk kipas buang dan masuk agar dapat mengendalikan suhu ruang pada kandang. Pada *humidifier* terpasang relay untuk menghidupkan dan mematikan humidifier sesuai dari *output* PID kelembaban.

4.1.2 Hasil Pengujian Konstanta PID

Pengujian konstanta PID dilakukan dengan metode *trial and error*, yaitu pendekatan untuk menentukan nilai konstanta K_p , K_i dan K_d yang dapat menghasilkan respon sistem yang baik (Hariyadi et al., 2023). Pengujian dilakukan secara bertahap sebanyak tiga kali percobaan dengan memerhatikan respon sistem sebelumnya, di mana pada setiap percobaan dilakukan analisis respon sistem berdasarkan parameter *rise time*, *overshoot*, *settling time* dan *steady state error*.

4.1.2.1 Pengujian Kontrol P

Pada pengujian kontrol P, konstanta Proportional digunakan untuk menentukan tingkat respon sistem terhadap hitungan error. Pada proses pengujian kontrol P, nilai dari komponen *integral* dan *derivative* diberikan nilai 0. Pengujian hanya pada konstanta *Proportional* bertujuan untuk memahami bagaimana sistem akan merespon secara langsung terhadap error yang terjadi, yaitu yang berasal dari selisih nilai suhu dan kelembaban yang terbaca sensor dengan nilai suhu dan kelembaban aktual.



Gambar 4. 2 Grafik respon *proportional* pada parameter suhu

Berdasarkan hasil dari percobaan metode *trial and error proportional* parameter suhu yang ditunjukkan pada gambar 4.2, grafik respon dengan K_p 1,5 sistem menunjukkan kenaikan suhu yang lebih lambat dengan waktu yang dibutuhkan untuk mencapai *setpoint* sebesar 30°C cukup panjang, yaitu sekitar 140 detik, namun suhu terus naik secara stabil dan mengalami sedikit *overshoot* pada puncaknya, yaitu sekitar 31,8°C.

Selanjutnya, pada grafik respon dengan K_p 2, kenaikan suhu lebih cepat dibandingkan K_p 1,5, dengan waktu mencapai *setpoint* sekitar 60 detik. Akan

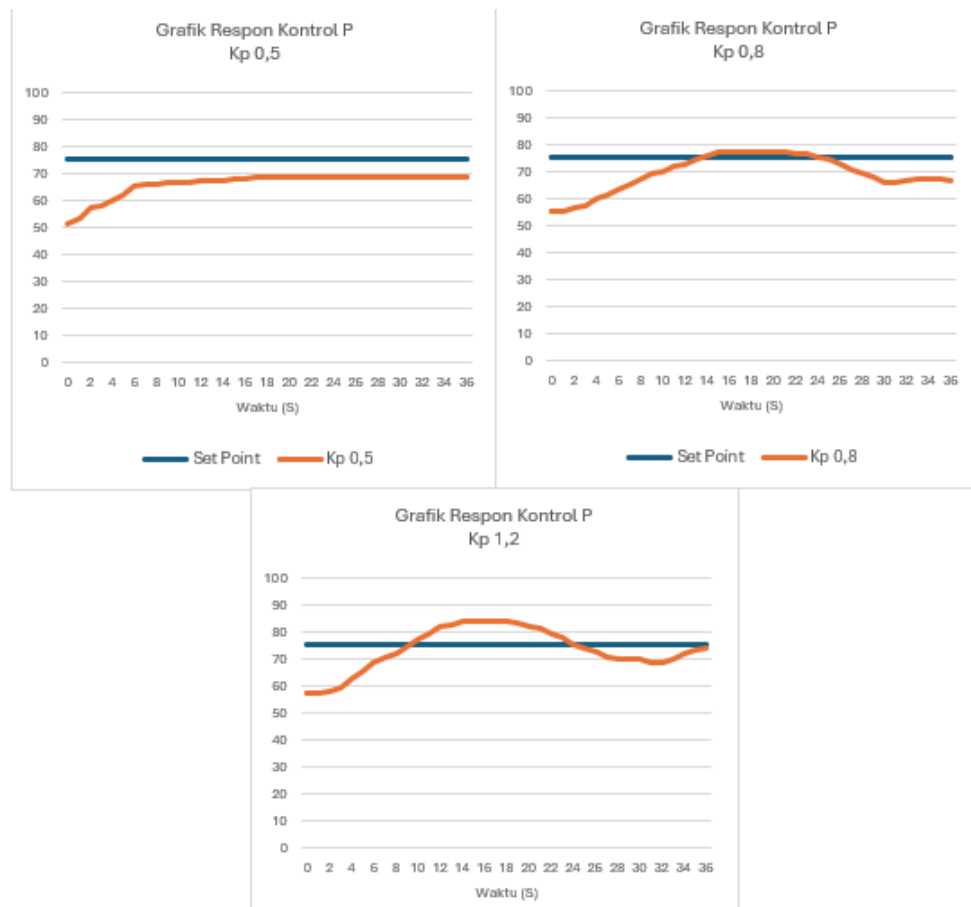
tetapi, nilai *overshoot* yang terjadi lebih signifikan, yaitu mencapai 31,7°C, sebelum akhirnya turun mendekati *setpoint* namun belum sepenuhnya stabil.

Pada pengujian dengan Kp 3, suhu mencapai *setpoint* dengan waktu yang jauh lebih cepat, yaitu sekitar 50 detik, namun masih terdapat *overshoot* mencapai 30,9°C, dan sistem cenderung berosilasi di sekitar *setpoint*. Analisis percobaan dari gambar 4.2 akan dijelaskan pada tabel 4.3.

Tabel 4. 3 Analisis *trial and error proportional* pada parameter suhu

No	Kp	Ki	Kd	Setpoint	Keterangan
1	1.5	0	0	30	<i>Overshoot</i> tinggi,
2	2	0	0	30	<i>Overshoot</i> tinggi, respon lebih cepat dari pada Kp 1,5
3	3	0	0	30	<i>Overshoot</i> , respon lebih cepat dari pada Kp 2, Osilasi

Berdasarkan analisis yang ditunjukkan pada tabel 4.3, Kp dengan sebesar 3 menunjukkan respon sistem yang lebih cepat terhadap error yang terjadi. Pada Kp sebesar 3 juga masih terdapat osilasi, sehingga untuk meminimalkan osilasi akan ditambahkan komponen seperti *integral* dan *derivative* agar sistem kontrol pada parameter suhu dapat lebih stabil. Selain itu parameter kelembaban juga dilakukan percobaan yang sama dengan metode *trial and error*. Pengujian parameter kelembaban akan ditunjukkan pada gambar 4.3 dibawah ini.



Gambar 4. 3 Grafik respon *proportional* pada parameter kelembaban

Pada gambar 4.3 ditunjukkan proses pembentukan dari komponen *proportional* pada parameter PID kelembaban. Pada grafik dengan K_p sebesar 0,5 menunjukkan respon sistem tidak mencapai nilai *setpoint*, sehingga diperlukan nilai konstanta *proportional* yang lebih besar.

Selanjutnya pada, pada grafik $K_p 0,8$ menunjukkan respon sistem dapat mencapai *setpoint* dan overshoot yang dihasilkan kecil. Akan tetapi, sistem tidak stabil dan tingkat kelembaban menurun.

Pada pengujian $K_p 1,2$ menunjukkan respon sistem terdapat *overshoot*. Akan tetapi sistem dapat mencapai nilai *setpoint* kembali yang artinya memiliki nilai

stabil meskipun masih terdapat osilasi. Analisis percobaan dari gambar 4.3 akan dijelaskan pada tabel 4.4.

Tabel 4. 4 Analisis *trial and error proportional* pada parameter kelembaban

No	Kp	Ki	Kd	Setpoint	Keterangan
1	0.5	0	0	75	Respon sistem masih dibawah setpoint.
2	0.8	0	0	75	<i>Overshoot</i> rendah, respon tidak stabil
3	1.5	0	0	75	<i>Overshoot</i> sedikit lebih banyak, respon mencapai kestabilan meskipun Osilasi

Berdasarkan analisis yang ditunjukkan pada tabel 4.4, Kp dengan nilai 0,8 menghasilkan nilai *overshoot* yang lebih sedikit akan tetapi respon sistem tidak mencapai *setpoint* sehingga masih tidak stabil. Sedangkan pada Kp dengan nilai 1,5 *overshoot* yang dihasilkan lebih banyak dibandingkan dengan Kp 0,8 akan tetapi respon yang dihasilkan mampu mendekati *setpoint* meskipun melalui respon yang berosilasi.

4.1.2.2 Pengujian Kontrol PI

Pada pengujian PI, dilakukan penggabungan antara komponen *proportional* dan *integral* dengan tujuan utama untuk mengurangi error yang terjadi pada proses *steady state*, yaitu kondisi ketika sistem telah mencapai kestabilan. Penambahan komponen *integral* berperan penting dalam melakukan integrasi terhadap *error* secara terus menerus dari waktu ke waktu, sehingga mampu memperbaiki performa sistem dalam jangka panjang. Hasil dari penggabungan kedua komponen ini diharapkan menghasilkan respon sistem yang tidak hanya cepat tetapi juga stabil dalam mempertahankan *setpoint* yang ideal.



Gambar 4. 4 Grafik respon *proportional* dan *integral* pada parameter suhu

Berdasarkan hasil dari percobaan metode *trial and error proportional integral* parameter suhu yang ditunjukkan pada gambar 4.4. grafik dengan nilai K_p 3 dan K_i 0,3 menunjukkan *overshoot* masih tinggi dan sistem masih jauh di atas *setpoint*.

Selanjutnya pada K_p 3 dan K_i 0,8 menunjukkan *overshoot* masih tinggi, akan tetapi respon sistem mampu menurunkan suhu dibandingkan dengan K_p 3 dan K_i 0,8. Sedangkan pada pengujian K_p 3 dan K_i 1,3, masih terdapat *overshoot*, akan tetapi respon sistem mampu menurunkan suhu jauh lebih besar dibandingkan dengan K_p 3 dan K_i 0,8. Sehingga dengan menambahkan komponen K_i sebesar 1,3 respon sistem mampu mendekati nilai kestabilan *setpoint*. Analisis percobaan dari gambar 4.4 akan dijelaskan pada tabel 4.5

Tabel 4. 5 Analisis *trial and error proportional integral* pada parameter suhu

No	Kp	Ki	Kd	Setpoint	Keterangan
1	3	0,3	0	30	<i>Overshoot</i> , suhu masih tinggi.
2	3	0,8	0	30	<i>Overshoot</i> , respon sedikit mendekati <i>setpoint</i> .
3	3	1,3	0	30	<i>Overshoot</i> , respon menurunkan suhu hampir mencapai <i>setpoint</i> .

Berdasarkan analisis yang ditunjukkan pada tabel 4.5, nilai Kp 3 Ki 1.3 menunjukkan respon yang lebih baik dibandingkan dengan percobaan sebelumnya. Meskipun masih terdapat nilai *overshoot* respon sistem mampu mencapai suhu sekitar *setpoint*. Sedangkan pada percobaan sebelumnya sistem tidak mampu mencapai *setpoint* dan suhu masih tinggi diatas *setpoint*. Pada pengujian parameter kelembaban akan ditunjukkan pada gambar 4.3 dibawah ini.

Gambar 4. 5 Grafik respon *proportional* dan *integral* pada parameter kelembaban

Berdasarkan hasil dari percobaan metode *trial and error proportional integral* parameter kelembaban yang ditunjukkan pada gambar 4.5. Ketiga percobaan masih terdapat *overshoot* yang tinggi. Pada Kp 1,2 Ki 0,5 sistem menurunkan tingkat kelembaban dibawah *setpoint* dan tidak menghasilkan respon yang stabil.

Selanjutnya pada Kp 1,2 Ki 0,8 *overshoot* masih tinggi, akan tetapi sistem mulai sedikit mencapai *setpoint*. Respon sistem yang dihasilkan kelembaban mulai naik mendekati *setpoint* dan stabil dibawah nilai *setpoint*.

Pada pengujian Kp 1,2 Ki 1 *overshoot* masih tinggi, akan tetapi respon sistem yang dihasilkan lebih baik dari respon sistem Kp 1,2 Ki 0,8. Hal ini dikarenakan sistem mampu mencapai *setpoint* dan mempertahankan nilai kelembaban di sekitar *setpoint* meskipun terdapat osilasi. Analisis percobaan dari gambar 4.5 akan dijelaskan pada tabel 4.6

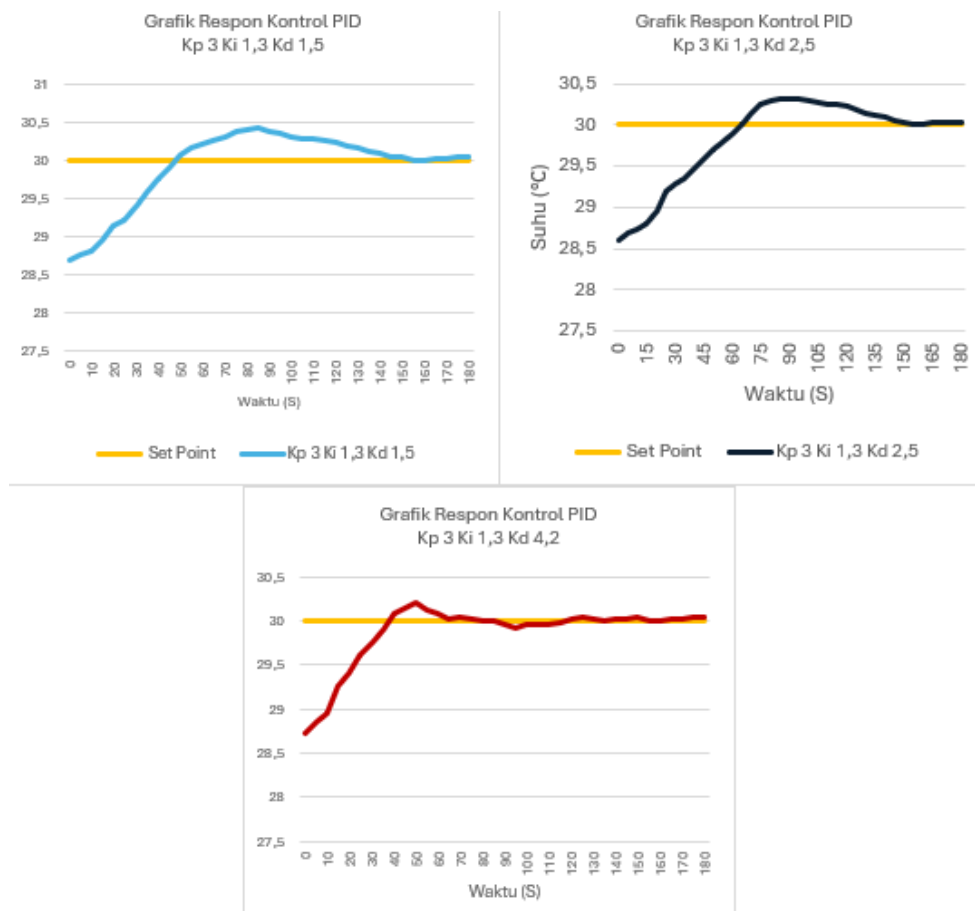
Tabel 4. 6 Analisis *trial and error proportional integral* pada parameter kelembaban

No	Kp	Ki	Kd	Setpoint	Keterangan
1	1,2	0,5	0	75	<i>Overshoot</i> , kelembaban dibawah <i>setpoint</i> .
2	1,2	0,8	0	75	<i>Overshoot</i> , kelembaban mendekati <i>setpoint</i> .
3	1,2	1	0	75	<i>Overshoot</i> , mencapai <i>setpoint</i> , Osilasi

Berdasarkan analisis yang ditunjukkan pada tabel 4.6, nilai Kp 1,2 Ki 1 menunjukkan respon yang lebih baik dibandingkan pada percobaan sebelumnya. Nilai *overshoot* dari ketiga percobaan masih besar, akan tetapi pada sistem dengan nilai Kp 1,2 Ki 1 mampu mencapai *setpoint* meskipun terdapat osilasi pada kelembabannya.

4.1.2.3 Pengujian Kontrol PID

Pada pengujian PID penggabungan komponen *Proportional*, *Integral* dan *Derivative* bertujuan untuk meningkatkan respons sistem terhadap laju *error* dari akumulasi *error* sebelumnya, sehingga diharapkan dapat mengurangi *overshoot* dan mempercepat waktu *settling time* pada respon sistem.



Gambar 4. 6 Grafik respon *proportional*, *integral* dan *derivative* pada parameter kelembaban

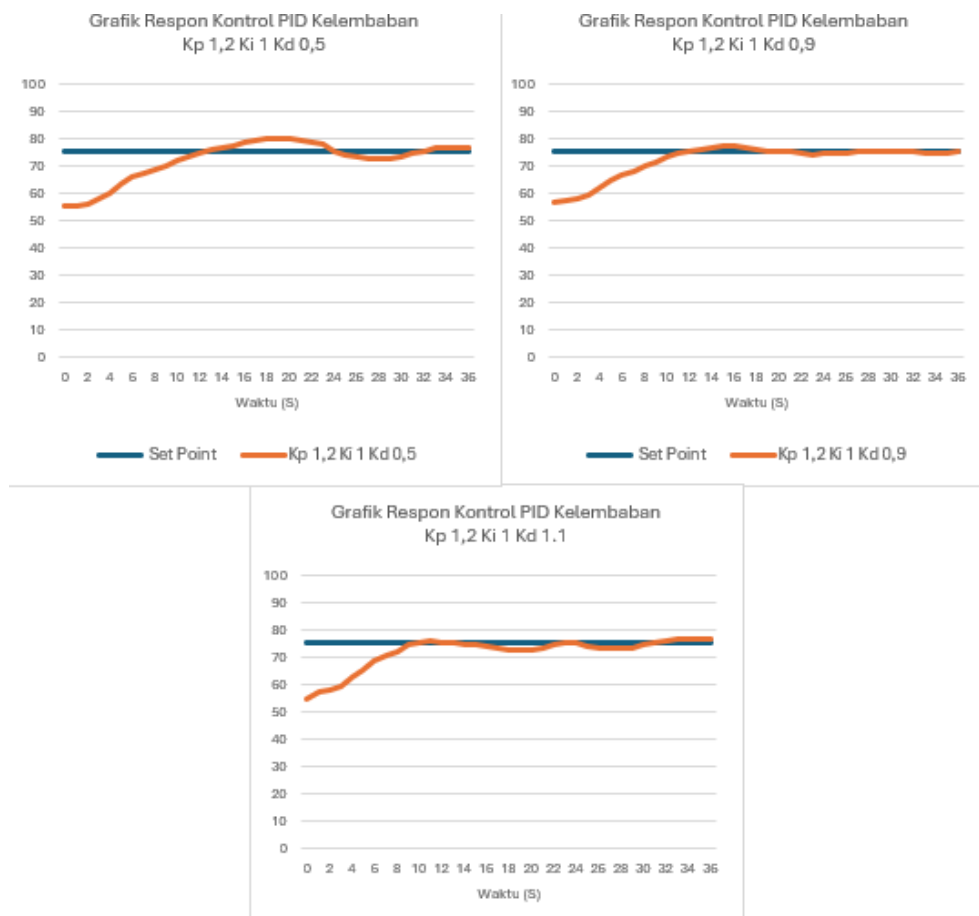
Berdasarkan hasil dari percobaan metode *trial and error proportional* *integral* dan *derivative* parameter suhu yang ditunjukkan pada gambar 4.6. Pada grafik $K_p 3, K_i 1,3, K_d 1,5$ overshoot masih tinggi. Akan tetapi tidak terdapat adanya osilasi suhu dan nilai suhu terus menurun sampai pada *setpoint*.

Selanjutnya pada grafik Kp 3 Ki 1,3 Kd 2,5 nilai *overshoot* mengalami penurunan dibandingkan pada percobaan sebelumnya. Nilai suhu terus menurun sampai pada *setpoint* dan tidak terdapat osilasi. Selanjutnya pada pengujian respon sistem Kp 3 Ki 1,3 dan Kd 4,2, nilai *overshoot* jauh lebih kecil dibandingkan dengan percobaan sebelumnya. Respon sistem juga menunjukkan nilai stabil pada *setpoint* meskipun terdapat adanya osilasi. Osilasi pada respon sistem masih di ambang *setpoint*, sehingga meskipun terdapat adanya osilasi maka masih dibatas nilai yang wajar. Analisis percobaan dari gambar 4.6 akan dijelaskan pada tabel 4.7

Tabel 4. 7 Analisis trial and error proportional integral dan derivative pada parameter suhu

No	Kp	Ki	Kd	Setpoint	Keterangan
1	3	1,3	1,5	30	<i>Overshoot</i> , suhu masih tinggi, stabil.
2	3	1,3	2,5	30	<i>Overshoot menurun</i> , stabil.
3	3	1,3	4,2	30	<i>Overshoot kecil</i> , stabil

Berdasarkan analisis yang ditunjukkan pada tabel 4.7, kombinasi nilai parameter Kp 3, Ki 1,3, dan Kd 4,2 memberikan hasil respon sistem yang menunjukkan performa yang lebih baik jika dibandingkan dengan percobaan sebelumnya. Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa pada percobaan terakhir, nilai *overshoot* semakin rendah, yang berarti sistem lebih cepat mencapai kestabilan tanpa adanya fluktuasi yang signifikan. Selain itu, respon sistem juga tetap stabil dalam menjaga nilai *setpoint* yang telah ditentukan. Oleh karena itu, berdasarkan hasil analisis yang dilakukan, nilai Kp 3, Ki 1,3, dan Kd 4,2 dipilih untuk diimplementasikan sebagai parameter respon pada sistem kontrol yang dirancang untuk pengendalian suhu. Sementara itu, pengujian lebih lanjut yang berfokus pada parameter kelembaban akan dijelaskan dan ditampilkan pada gambar 4.7 di bawah ini.



Gambar 4. 7 Grafik respon *proportional integral* dan *derivative* pada parameter kelembaban

Berdasarkan hasil dari percobaan metode *trial and error proportional integral* dan *derivative* parameter kelembaban yang ditunjukkan pada gambar 4.7. Pada grafik dengan Kp 1,2 Ki 1 Kd 0,5 terdapat *overshoot* dan sistem tidak stabil. Pada grafik juga terdapat osilasi yang cukup sedang.

Selanjutnya pada grafik dengan Kp 1,2 Ki 1 Kd 0,9 menunjukkan *overshoot* kecil dibandingkan dengan percobaan sebelumnya. Respon sistem yang dihasilkan cukup stabil di sekitar *setpoint*. Osilasi pada grafik pun juga kecil dan terus berada di angka *setpoint*.

Pada pengujian grafik dengan Kp 1,2 Ki 1 Kd 1,1 menunjukkan *overshoot* lebih kecil dari percobaan sebelumnya, akan tetapi respon sistem menghasilkan

osilasi yang lebih besar dibandingkan dengan percobaan sebelumnya. Sehingga kestabilan sistem tidak sebaik pada grafik dengan Kd 0,9. Analisis percobaan dari gambar 4.7 akan dijelaskan pada tabel 4.8

Tabel 4. 8 Analisis *trial and error proportional integral dan derivative* pada parameter kelembaban

No	Kp	Ki	Kd	Setpoint	Keterangan
1	1,2	0,5	0,5	75	<i>Overshoot</i> kecil, osilasi besar
2	1,2	0,8	0,9	75	<i>Overshoot</i> kecil, osilasi sangat kecil, stabil
3	1,2	1	1,1	75	<i>Overshoot</i> lebih kecil dari percobaan sebelumnya, Osilasi besar, kurang stabil

Berdasarkan analisis yang ditunjukkan pada tabel 4.8, nilai Kp 1.2 Ki 0,8 dan Kd 0,9 menunjukkan respon yang lebih baik dibandingkan dengan pengujian lainnya. Penambahan nilai Kd sebesar 0,9 dapat memberikan respon sistem yang stabil dengan nilai *overshoot* dan osilasi yang kecil. Sedangkan pada Kd dengan nilai 1,1 *overshoot* lebih kecil, namun dapat mengganggu kestabilan *steady state* pada respon sistem. Sehingga menyebabkan osilasi yang besar dan kurang stabil

4.1.2.4 Perhitungan Konstanta PID Dengan Rumus Matematika PID

Setelah memperoleh nilai konstanta Kp, Ki dan Kd melalui metode *trial and error*, langkah selanjutnya adalah mengimplementasikan konstanta PID yang dengan rumus matematika PID pada rumus 3.1. Perhitungan dengan rumus matematika diperlukan untuk mengimplementasikan pada kode program yang ada di *microcontroller*. Berikut contoh perhitungan dengan rumus matematika PID pada parameter suhu dengan konstanta yang diperoleh dari metode *trial and error*, yaitu Kp sebesar 3, Ki sebesar 1.3 dan Kd sebesar 4.2.

$$u(t_k) = K_p(t_k) + K_i \Delta t \sum_{i=1}^k e(t_i) + \frac{K_d}{\Delta t} (e(t_k) - e(t_{k-1}))$$

$$Error = 30 - 28 = 2$$

$$Proportional: K_p \cdot 2 = 3 \cdot 2 = 6$$

$$Integral: K_i \cdot dt \cdot \sum e(t) = 1,3 \cdot 5 \cdot (4+2) = 39$$

$$Derivative: k_d \cdot \frac{e(t_k) - e(t_{k-1})}{\Delta t} = 4,2 \cdot \frac{2-3}{5} = -0,84$$

$$PID = P+I+D = 6 + 39 - 0,84 = 44,16$$

Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan rumus matematika PID, diperoleh nilai sinyal kendali sebesar 44.16 yang merupakan hasil penjumlahan dari komponen P, I dan D. Nilai sinyal kendali tersebut digunakan sebagai referensi pada *driver motor* L298N untuk mengatur kecepatan motor kipas dc untuk kestabilan suhu sesuai dengan *setpoint* yang diberikan, yaitu 30°C. Sedangkan pada parameter kelembaban perhitungan dengan rumus matematika dengan Kp 1,2 Ki 0,8 Kd 0,9 adalah sebagai berikut.

$$u(t_k) = K_p(t_k) + K_i \Delta t \sum_{i=1}^k e(t_i) + \frac{K_d}{\Delta t} (e(t_k) - e(t_{k-1}))$$

$$Error = 75 - 73 = 2$$

$$Proportional: K_p \cdot 2 = 1,2 \cdot 2 = 2,4$$

$$Integral: K_i \cdot dt \cdot \sum e(t) = 0,8 \cdot 1 \cdot (4+2) = 4,8$$

$$Derivative: k_d \cdot \frac{e(t_k) - e(t_{k-1})}{\Delta t} = 0,9 \cdot \frac{2-1}{5} = 0,18$$

$$PID = P+I+D = 2,4 + 4,8 - 0,18 = 7,02$$

Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan rumus matematika PID, diperoleh nilai sinyal kendali sebesar 7.38 yang merupakan hasil penjumlahan dari komponen P, I dan D. Nilai dari penjumlahan PID akan digunakan sebagai nilai referensi pada relay yang tersambung dengan *humidifier*, sehingga akan mengtur hidup dan matinya *humidifier* sesuai dengan perhitungan dari PID kelembaban.

4.1.3 Hasil Pengujian Suhu dan Kelembaban Kandang Tanpa Kontrol PID

Pada pengujian tanpa kontrol ini dilakukan dengan cara peletakan kandang pada area tertutup. Pada area tertutup ini juga bersamaan dengan kandang jangkrik yang telah terintegrasi sistem kontrol. Sehingga perbandingan dapat terlihat jelas karena dalam satu area.



Gambar 4. 8 Kandang Tanpa Sistem Kontrol

Berdasarkan gambar 4.8 kandang tanpa sistem kontrol diberikan sebanyak 15 jangkrik dengan jumlah betina 8 dan jantan 7. Pengamatan dilakukan selama 45 hari. Selama masa pengujian, pengamatan dilakukan secara berkala untuk mencatat perubahan suhu dan kelembaban yang terjadi pada kandang tanpa sistem kontrol serta menganalisis bagaimana perkembangbiakan jangkrik dengan kondisi suhu dan kelembaban yang berubah-ubah. Data yang dihasilkan dari pengamatan ini akan menjadi pembandingan antara kandang dengan sistem kontrol dengan kandang tanpa kontrol.

Berdasarkan data dari tabel pengamatan kandang tanpa sistem kontrol yang ditunjukkan pada halaman lampiran, kondisi suhu dan kelembaban pada kandang

mengalami fluktuasi. Hal ini dikarenakan suhu lingkungan yang digunakan adalah bersifat *indoor* dan udara yang terperangkap pada lingkungan cenderung panas. Suhu yang cenderung tinggi pada saat siang hari menyebabkan suhu pada kandang juga panas dan pengap. Efek panas berlebih pada kandang menunjukkan perilaku agresif pada jangkrik bahkan menunjukkan perilaku kanibal, sehingga menunjukkan angka kematian yang cukup tinggi. Dengan seiring berjalannya waktu, semakin hari maka jumlah jangkrik yang hidup kian menurun dibandingkan dengan angka produktivitas.

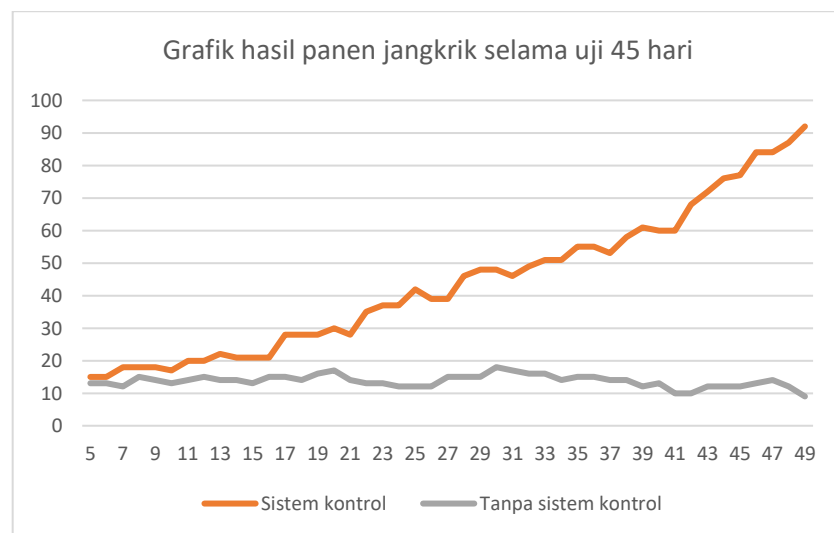
4.1.4 Analisis dan Perbandingan Hasil Panen Jangkrik

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan pada kandang dengan sistem kontrol dan kandang tanpa sistem kontrol, perkembangbiakan jangkrik sangat sensitif dengan pengaruh perubahan suhu. Hal ini dapat dilihat pada tingkah laku jangkrik pada suhu tertentu, pada saat suhu tinggi tingkah laku jangkrik sangat sensitif dan muncul sifat kanibal. Pada kandang tanpa sistem kontrol suhu tidak dapat dikendalikan sehingga suhu pada kandang mengikuti suhu lingkungan yang cenderung panas dan menyebabkan stress pada jangkrik.

Berdasarkan dari uji coba keseluruhan, hasil panen menggunakan sistem kontrol menunjukkan peningkatan jumlah jangkrik yang dihasilkan, karena sistem ini mampu menyesuaikan kondisi kandang dengan kriteria lingkungan hidup jangkrik yang sesuai. Pengendalian suhu dan kelembaban yang tepat dapat menghindarkan jangkrik dari stres yang disebabkan oleh suhu yang terlalu tinggi atau terlalu rendah. Data hasil panen yang diperoleh berdasarkan pengujian selama 45 hari ditunjukkan pada tabel 4.9.

Tabel 4. 9 Data Hasil Panen Jangkrik Selama 45 Hari

Hari	Jumlah jangkrik dengan sistem kontrol	Jumlah jangkrik tanpa sistem kontrol
1	15	15
2	15	15
3	15	15
4	15	15
5	15	13
...		
41	77	12
42	84	13
43	84	14
44	87	12
45	92	9



Gambar 4. 9 Grafik perbandingan hasil panen jangkrik selama 45 hari

Berdasarkan grafik pada gambar 4.9 dapat dilihat bahwa kandang dengan sistem kontrol suhu dan kelembaban dapat memberikan lingkungan hidup yang sesuai bagi jangkrik. Berbeda dengan kandang manual tanpa sistem kontrol jangkrik yang di ujikan mengalami naik turun dan berakhir menjadi lebih sedikit, hal ini dikarenakan fluktuasi suhu dan kelembaban dapat meningkatkan stress pada jangkrik sehingga dapat memengaruhi produktivitas. Kondisi stress pada jangkrik

dapat membuat jangkrik agresif yang artinya dapat menjadi kanibal, pergerakan yang tidak normal dan tidak tertarik dengan pakan yang diberikan. Analisis terhadap fluktuasi suhu dan kelembaban terhadap reproduksi jangkrik dapat dilihat pada tabel 4.10.

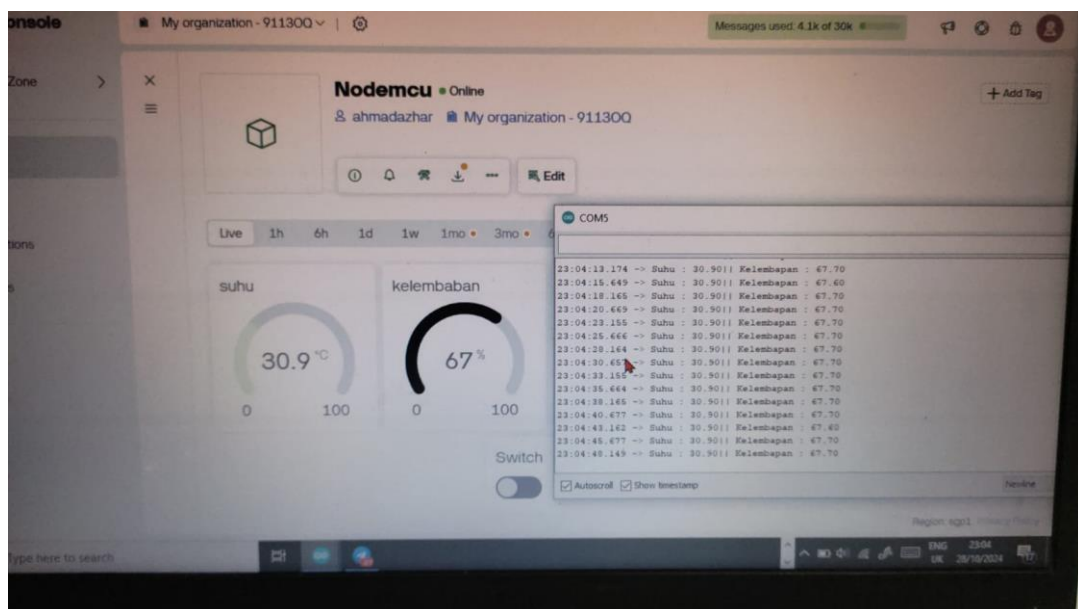
Tabel 4. 10 Tabel data analisis dari kedua kandang terhadap fluktuasi suhu dan kelembaban

Aspek	Kandang sistem kontrol	Kandang manual	Analisis
Total jangkrik mati	23 ekor	36 ekor	Kandang dengan sistem kontrol memiliki tingkat kematian lebih rendah. Suhu dan kelembaban yang stabil membantu mengurangi tingkat stress pada jangkrik.
Jumlah jangkrik bertambah	Jangkrik dapat bertambah hingga 92 ekor	Jangkrik kian makin sedikit menyisakan 9 ekor pada saat hari terakhir pengujian	Kondisi suhu dan kelembaban yang stabil pada kandang mendukung laju reproduksi jangkrik.
Rentang suhu	29,4 - 30°C	30,5 – 32,5°C	Suhu pada kandang manual cenderung tinggi dan berfluktuasi. Kondisi seperti itu dapat menyebabkan stress pada jangkrik dan dapat mengurangi ketahanan hidup
Rentang kelembaban	73 – 76%	47 – 68%	Tingkat kelembaban yang terlalu kering pada kandang manual dapat menyebabkan dehidrasi pada jangkrik. hal itu juga dapat menyebabkan stress pada jangkrik.

Berdasarkan data pada tabel 4.10 kandang dengan sistem kontrol menunjukkan hasil yang baik dalam menjaga lingkungan hidup dan reproduksi jangkrik dibandingkan dengan kandang manual. Suhu dan kelembaban yang stabil berperan pada peningkatan populasi jangkrik karena lingkungan yang sesuai dapat mengurangi stress yang menyebabkan jangkrik menjadi kanibal. Sedangkan pada kandang manual fluktuasi suhu yang tinggi dan tingkat kelembaban yang kering dapat memengaruhi jumlah produktivitas jangkrik dan tentunya dapat memicu perilaku stress.

4.1.5 Monitoring *Blynk*

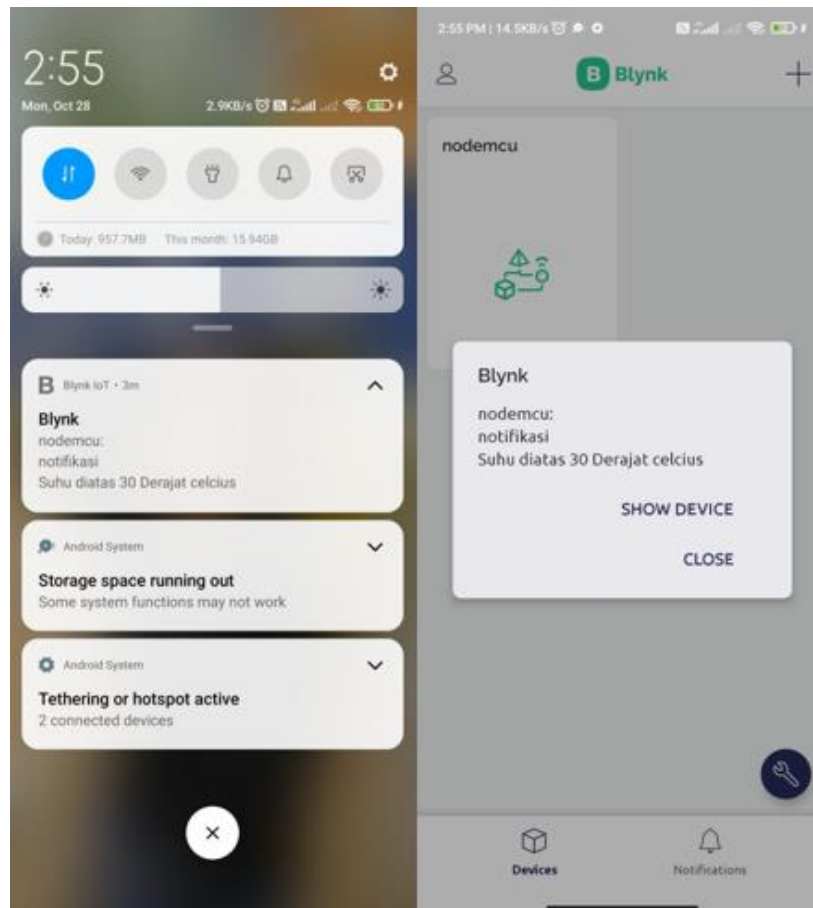
Sistem monitoring menunjukkan bahwa suhu dan kelembaban pada kandang dapat dipantau secara realtime melalui dashboard *Blynk* yang terhubung dengan sensor DHT22. Data yang diperoleh dari sensor akan dikirimkan secara langsung ke *microcontroller* NodeMCU ESP8266, kemudian diteruskan ke aplikasi *Blynk* melalui koneksi internet. Hasil monitoring dapat dilihat pada gambar 4.10.



Gambar 4. 10 Monitoring suhu pada aplikasi *Blynk*

Selain itu, sistem yang dirancang ini juga dilengkapi dengan fitur notifikasi peringatan yang berfungsi untuk memberikan informasi secara otomatis kepada pengguna apabila suhu di dalam kandang melampaui batas maksimal yang telah ditentukan, yaitu 30°C. Notifikasi ini diharapkan dapat membantu pengguna dalam memantau kondisi kandang secara lebih efektif dan responsif, sehingga tindakan pencegahan atau penanganan dapat segera dilakukan untuk menjaga suhu tetap

stabil. Tampilan notifikasi yang dikirimkan oleh sistem ini dapat dilihat seperti yang diperlihatkan pada gambar 4.11.



Gambar 4. 11 Notifikasi peringatan pada *smartphone* dengan aplikasi *Blynk*

Pada gambar 4.11 ditunjukkan notifikasi ini akan muncul di aplikasi *Blynk* pada *smartphone* pengguna, sehingga pengguna dapat segera mengambil tindakan yang diperlukan. Tidak hanya melalui aplikasi, peringatan juga dikirimkan melalui email sebagai tambahan pengingat, memastikan pengguna tetap mendapatkan informasi meskipun tidak membuka aplikasi secara langsung. Dengan fitur ini, sistem monitoring berbasis *Blynk* memberikan kemudahan dan fleksibilitas bagi pengguna dalam memantau kondisi lingkungan kandang jangkrik kapan saja dan di mana saja.

4.1 Integrasi Islam

Melakukan kegiatan seperti peternakan memiliki banyak manfaat yang tidak hanya dirasakan oleh manusia, tetapi juga oleh makhluk hidup lainnya. Dalam perspektif Islam, manfaat kegiatan beternak telah banyak disinggung di dalam Al-Qur'an, salah satunya sebagai wujud pengelolaan lingkungan dan penghidupan manusia. Sebagai landasan utama penelitian ini, Surah Al-Baqarah ayat 164 menjadi inspirasi penting dalam mengaitkan keteraturan alam yang telah Allah SWT ciptakan dengan upaya manusia untuk menjaga dan meniru keteraturan tersebut dalam berbagai aspek kehidupan. Ayat tersebut berbunyi:

إِنَّ فِي خَلْقِ السَّمُوتِ وَالْأَرْضِ وَاخْتِلَافِ اللَّيْلِ وَالنَّهَارِ وَالْفُلُكِ الَّتِي تَجْرِي فِي الْبَحْرِ بِمَا يَنْفَعُ النَّاسَ وَمَا أَنْزَلَ اللَّهُ مِنَ السَّمَاءِ مِنْ مَّاءٍ فَأَخْضَا بِهِ الْأَرْضَ بَعْدَ مَوْتِهَا وَبَثَّ فِيهَا مِنْ كُلِّ دَابَّةٍ وَتَصْرِيفِ الرِّيْحِ وَالسَّحَابِ الْمُسَخَّرِ بَيْنَ السَّمَاءِ وَالْأَرْضِ لَآيَاتٍ لِّقَوْمٍ يَعْقِلُونَ

“Sesungguhnya pada penciptaan langit dan bumi, pergantian malam dan siang bahtera yang berlayar di laut dengan (muatan) yang bermanfaat bagi manusia, apa yang Allah turunkan dari langit berupa air, lalu dengannya Dia menghidupkan bumi setelah mati (kering), dan Dia menebarkan di dalamnya semua jenis hewan, dan pengisaran angin dan awan yang dikendalikan antara langit dan bumi, (semua itu) sungguh merupakan tanda-tanda (kebesaran Allah) bagi kaum yang mengerti.” (Q.S Al-Baqarah: 164)

Surah Al-Baqarah ayat 164 memberikan pesan mendalam tentang bagaimana Allah SWT mengatur seluruh ciptaan-Nya dengan sempurna, termasuk pergantian siang dan malam, yang tidak hanya memberikan keseimbangan ekosistem, tetapi juga menjadi salah satu bukti kebesaran dan keagungan-Nya. Pergantian waktu ini berperan besar dalam menjaga kelangsungan kehidupan makhluk hidup. Tafsir dari ayat ini mengingatkan kita bahwa segala fenomena alam seperti perputaran angin, pergerakan awan, turunnya hujan, hingga pergantian siang

dan malam dirancang untuk mendukung kehidupan di bumi. Oleh karena itu, manusia sebagai khalifah di muka bumi diberikan tanggung jawab untuk mempelajari dan memanfaatkan tanda-tanda kebesaran Allah ini, salah satunya dengan meniru keteraturan alam dalam kehidupan sehari-hari.

Dalam penelitian ini, konsep keteraturan dan keseimbangan dari alam diimplementasikan melalui rekayasa suhu dan kelembaban yang diperlukan dalam budidaya jangkrik. Rekayasa ini dilakukan dengan mengacu pada fakta bahwa jangkrik sebagai salah satu serangga yang bermanfaat dan membutuhkan lingkungan hidup yang spesifik dan mendukung pertumbuhannya. Suhu dan kelembaban yang optimal menjadi faktor kunci keberhasilan budidaya jangkrik, karena kondisi yang tidak sesuai dapat menghambat perkembangan atau bahkan menyebabkan kematian jangkrik.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Penelitian dengan judul rekayasa suhu dan kelembaban pada budidaya jangkrik menggunakan algoritma *Proportional Integral Derivative* berbasis IOT telah selesai dilakukan, berikut beberapa kesimpulan yang didapatkan dari penelitian ini:

1. Mikrokontroler NodeMCU dapat mengondisikan aktuator dengan bantuan sensor DHT22 serta dapat mengimplementasikan algoritma PID untuk sistem kontrol.
2. Pada percobaan *trial and error* untuk mencari konstanta PID, hasil yang cukup baik adalah dengan memberikan konstanta PID suhu $K_p=3$, $K_i=1.3$, $K_d=4.2$ dan untuk konstanta PID kelembaban $K_p=1.2$, $K_i=0.8$, $K_d=0.9$.

5.2 Saran

Berdasarkan dari penelitian yang telah dilakukan terdapat beberapa saran yang dapat dikembangkan untuk penelitian yang akan datang, beberapa saran antara lain:

1. Penelitian yang akan datang dapat dilakukan dengan berfokus pada tingkah laku jangkrik terhadap lingkungan hidup dengan memanfaatkan rekayasa lingkungan berbasis IOT.
2. Penelitian yang akan datang dapat melakukan pengimplementasian algoritma lain seperti fuzzy atau jaringan saraf tiruan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adib, M., Mustafa, L. D., & Suharto, N. (2021). Telecontrolling pada Kandang Jangkrik Berbasis IoT (Internet of Things). *Jurnal Jartel Jurnal Jaringan Telekomunikasi*, 11(4), 200–207. <https://doi.org/10.33795/jartel.v11i4.239>
- Ahla, Z. Y., & Musafa, A. (2019). Pengendalian Suhu Dengan Metode Pid Pada Alat Penetas Telur. *Maestro*, 2(2), 493–501.
- Fauziyyah, D., Aisy, A. R., Pertiwi, W. P., & Sahrir, D. C. (2019). Pemanfaatan jangkrik alam (*Gryllus sp*) sebagai bahan pakan burung murai Batu (*Copsychus malabaricus*) di Desa Pegagan. *Seminar Nasional Pendidikan Sains*, 64–69. <https://jurnal.fkip.uns.ac.id/index.php/snps/article/view/12818>
- Hariyadi, M. A., Fadila, J. N., & Sifaulloh, H. (2023). 433Mhz based Robot Using Proportional Integral Derivative (PID) for Precise Facing Direction. *International Journal on Informatics Visualization*, 7(3), 991–999. <https://doi.org/10.30630/joiv.7.3.1841>
- Isrofi, A., Utama, S. N., & Putra, O. V. (2021). RANCANG BANGUN ROBOT PEMOTONG RUMPUT OTOMATIS MENGGUNAKAN WIRELESS KONTROLER MODUL ESP32-CAM BERBASIS INTERNET of THINGS (IoT). *Jurnal Teknoinfo*, 15(1), 45. <https://doi.org/10.33365/jti.v15i1.675>
- Musayyanah, M., Indra Maya, Harianto, & Pauladie Susanto. (2022). Monitoring dan Controlling PID Pada Greenhouse Strawberry Berbasis Internet of Things (IoT). *Journal of Computer Electronic and Telecommunication*, 3(1), 1–10. <https://doi.org/10.52435/complete.v2i1.185>
- Permadi, G. P. (2022). *Otomasi Alat Pengkondisian Suhu dan Kelembaban Kandang Jangkrik Berbasis Mikrokontroller*.
- Prabowo, M. C. A., Sayekti, I., Astuti, S., Nursaputro, S. T., & Supriyati. (2024). Development of an IoT-Based Egg Incubator with PID Control System and Mobile Application. *International Journal on Informatics Visualization*, 8(1), 465–472. <https://doi.org/10.62527/joiv.8.1.2044>
- Rohmah, R. N., Hari P, B., & Handaga, B. (2023). Kandang Jangkrik dengan Pengatur Suhu dan Kelembapan Otomatis untuk Peternak Jangkrik di Gondang, Jirapan, Masaran, Sragen, Jawa Tengah. *Jurnal Inovasi Pengabdian dan Pemberdayaan Masyarakat*, 3(2), 609–614. <https://doi.org/10.54082/jippm.212>
- Septiani, R., Arumsari, A., & Rusnadi, R. (2020). Pemanfaatan Tepung Jangkrik Sebagai Nutrisi Manusia, Hewan, dan Media Pertumbuhan Bakteri. *Prosiding Farmasi SPeSIA*, 6(2), 450–455. <http://dx.doi.org/10.29313/.v6i2.23147>
- Sudrajat, T. H., Rahman, S. A., & Andriana, A. (2021). Sistem Monitoring

- Budidaya Jangkrik Berbasis Mikrokontroller ESP32. *Jurnal TIARSIE*, 18(3), 115–124. <https://jurnalunla.web.id/tiarsie/index.php/tiarsie/article/view/127>
- Sugiar, & Sukarman. (2019). Analisis Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Produksi Jangkrik Di Kabupaten Deli Serdang. *Wahana Inovasi: Jurnal Penelitian dan Pengabdian Masyarakat UISU*, 8(2), 147–154.
- Sukarno, H. (1999). *Budidaya jangkrik H. Sukarno*. (1 ed.). Yogyakarta Kanisius.
- Sutariyono, S., Ceilendra Saksana, J., Amalia, F., Aisha, N., Adiguna, P., Nurrahman, S., Herawati, T., & Saefullah, A. (2024). Peningkatan Kesejahteraan Masyarakat Melalui Budidaya Jangkrik Di Kota Tangerang Selatan. *Journal of Community Research & Engagement*, 1(1), 11–22. <https://jurnal.stieganessa.ac.id/index.php/jcre/article/view/35>
- Utami, K. A., & Ramli, M. (2022). Analisis Perilaku Jangkrik (*Gryllus bimaculatus*) Pada Simulasi Efek Polusi Cahaya Behavioral Analysis of Crickets (*Gryllus bimaculatus*) In Simulation of Light Pollution Effects. *Proceeding Biology Education Conference*, 19(1), 75–78.
- Wiranto, A., & Nurwarsito, H. (2022). Sistem Monitoring Pengatur Suhu dan Kelembaban pada Kandang Jangkrik berbasis Internet of Things (Studi Kasus Budidaya Jangkrik Perorangan di Kabupaten Blitar). *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 6(6), 2673–2680. <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- Yuliarmas, N., Aisyah, S., & Toar, H. (2015). Implementasi Kontrol PID pada Mesin Pengembang Roti. *Jurnal Rekayasa Elektrika*, 11(3). <https://doi.org/10.17529/jre.v11i3.2304>

LAMPIRAN

LAMPIRAN

Lampiran foto dan video demo program



Tabel Pengamatan 45 hari pada kandang dengan sistem kontrol

Hari	Jumlah Jangkrik	Jangkrik Mati	Jangkrik Bertambah	Suhu Rata-rata	Kelembaban Rata-rata
1	15	0	0	29.7	75
2	15	0	0	30	74
3	15	0	0	30	75
4	15	0	0	29.9	74
5	15	0	0	29.8	76
6	15	0	0	30	75
7	18	1	4	29.7	76
8	18	0	0	29.9	75
9	18	0	0	29.9	75
10	17	1	0	30	73
11	20	0	3	30	74
12	20	0	0	29.9	74
13	22	0	2	29.7	75

14	21	1	0	30	75
15	21	0	0	30	74
15	21	0	0	29.6	75
13	28	1	8	30	75
14	28	0	0	29.4	76
15	28	0	0	29.9	75
16	30	0	2	29.9	74
17	28	2	0	29.7	75
18	35	0	7	30	75
19	37	0	2	30	74
20	37	0	0	29.9	74
21	42	0	5	29.8	75
22	39	3	0	30	74
23	39	0	0	30	75
24	46	0	7	30	74
25	48	0	2	29.9	75
26	48	0	0	30	73
27	46	2	0	29.9	74
28	49	0	3	29.8	74
29	51	0	2	29.9	75
30	51	0	0	29.9	74
31	55	0	4	29.9	74
32	55	0	0	30	73
33	53	2	0	29.9	75
34	58	0	5	29.8	75
35	61	0	3	30	74
36	60	1	0	30	74
37	60	0	0	29.7	76
38	68	0	8	29.8	75
39	72	0	4	29.8	75

40	76	2	6	30	74
41	77	3	4	29.9	75
42	84	0	7	30	73
43	84	4	4	30	75
44	87	0	3	29.9	75
45	92	0	5	29.9	75

5.3 Tabel Pengamatan 45 hari pada kandang tanpa sistem kontrol

Hari	Jumlah Jangkrik	Jangkrik Mati	Jangkrik Bertambah	Suhu Rata-rata	Kelembaban Rata-rata
1	15	0	0	30.8	62
2	15	0	0	31.5	58
3	15	0	0	31.4	57
4	15	0	0	30.8	65
5	13	2	0	31.4	55
6	13	0	0	31.5	56
7	12	1	2	30.5	68
8	15	0	3	30.7	66
9	14	1	0	31.2	55
10	13	1	0	31.8	52
11	14	0	1	30.6	64
12	15	1	1	31.2	54
13	14	1	0	31	55
14	14	0	0	31.5	57
15	13	1	0	30.9	54
15	15	1	3	31.2	56
13	15	0	0	31	54
14	14	1	0	31.7	52
15	16	0	2	30.9	63
16	17	0	1	31.4	55

17	14	3	0	32	50
18	13	1	1	31.8	52
19	13	0	0	31.1	54
20	12	1	0	30.6	65
21	12	0	0	30.5	66
22	12	0	0	30.6	64
23	15	0	3	30.5	66
24	15	0	0	30.8	63
25	15	0	0	30.7	64
26	18	1	4	30.8	62
27	17	2	1	31.4	55
28	16	1	0	31.2	51
29	16	0	0	30.9	62
30	14	3	1	32.5	48
31	15	0	1	31.5	54
32	15	0	0	31.4	54
33	14	1	0	31.7	56
34	14	0	0	30.9	60
35	12	2	0	31.5	53
36	13	1	3	31.2	52
37	10	2	0	32.4	49
38	10	1	1	31.3	55
39	12	0	2	30.9	62
40	12	0	0	31.7	52
41	12	0	0	31.2	54
42	13	2	1	31.7	53
43	14	1	0	31.5	53
44	12	2	0	32.6	47
45	9	3	0	31.9	51