

Prototipe Alat Pengering Padi dan Jagung Tipe Putar Secara Otomatis Menggunakan Metode PID Berbasis *Internet of Things*

Muhamad Afif Prasetyo¹, Niam Tamami², dan Ardik Wijayanto³

¹ Mahasiswa Jurusan Teknik Elektronika, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, ^{2,3} Dosen Jurusan Teknik Elektronika, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya

Email : afiefprasetyo72@gmail.com, niam@pens.ac.id, ardik@pens.ac.id

Coprespondent Author : afiefprasetyo72@gmail.com

Abstract — Rice and corn are two commodities from the agricultural sector that have a major influence on the economy in Indonesia. One of the processes before rice or corn is sold, first requires a drying process. The drying process carried out by farmers in Indonesia mostly still uses conventional methods which depend on sunlight and are dried in an open place. In the drying process, there are several problems including: fluctuating heat, obstacles during the rainy season, requiring a large area, a fairly long drying time, and easily contaminated by dust and dirt, so it is less hygienic, especially corn used as raw material for the food industry can definitely cause a decrease in the quality of the corn itself. To answer these problems, an innovation was created, namely a mini plant rotary dryer system for rice and corn using the PID method and based on the Internet of Things to help farmers optimize the drying process of rice and corn. This tool uses several sensors such as: DS18B20 sensor to measure temperature, DHT22 sensor to measure humidity, moisture content sensor as a moisture content measurement sensor, and loadcell sensor as an object weight measurement using the ESP32 microcontroller, while in the drying process a heater heating element is used with AC dimmer control using the PID method as a source to generate heat and a 12V DC fan to spread the heat. This tool can also be controlled and monitored using the Blynk application. The weight limit of rice or corn objects dried on this tool is a maximum of 15 kg with a drying temperature for rice and corn of 55 °C with a moisture content setting for rice < 12% and corn < 14%.

Keyword — Corn, PID, rice, rotary dryer, sensor .

Abstrak — Padi dan jagung merupakan dua komoditas hasil dari sektor pertanian yang memberikan pengaruh besar bagi perekonomian di Indonesia. Salah satu proses sebelum padi atau jagung dijual, terlebih dahulu memerlukan proses pengeringan. Proses pengeringan yang dilakukan oleh para petani di Indonesia kebanyakan masih menggunakan metode konvensional yang mana bergantung kepada sinar matahari dan dikeringkan di tempat yang terbuka. Dalam proses pengeringan tersebut terdapat beberapa permasalahan antara lain : panas yang fluktuatif, kendala ketika musim hujan, membutuhkan tempat yang luas, waktu pengeringan yang lumayan lama, dan mudah terkontaminasi oleh debu dan kotoran, sehingga kurang higienis apalagi jagung yang digunakan sebagai bahan baku industri pangan pasti dapat menyebabkan turunnya kualitas dari jagung itu sendiri. Untuk menjawab permasalahan tersebut, maka terciptalah sebuah inovasi yaitu suatu sistem mini plant pengering putar (rotary dryer) untuk padi dan jagung menggunakan metode PID dan berbasis Internet of Things guna membantu para petani dalam pengoptimalan proses pengeringan padi dan jagung. Alat ini menggunakan beberapa sensor seperti : sensor DS18B20 untuk mengukur suhu, sensor DHT22 untuk mengukur kelembaban, sensor kadar air sebagai sensor pengukuran kadar air, dan sensor loadcell sebagai pengukur

berat objek menggunakan mikrokontroler ESP32, sedangkan dalam proses pengeringan digunakan elemen pemanas heater dengan kontrol dimmer AC menggunakan metode PID sebagai sumber untuk menghasilkan panas dan kipas angin 12V DC untuk menyebarkan suhu panas tersebut. Alat ini juga dapat di kontrol serta monitoring menggunakan aplikasi Blynk. Batasan berat objek padi atau jagung yang dikeringkan pada alat ini yaitu maksimal sebesar 15 kg dengan suhu pengeringan untuk padi dan jagung 55 °C dengan pengaturan kadar air untuk padi < 12% dan jagung < 14%.

Kata kunci — Jagung, padi, pengering *rotary* (putar), PID, sensor

I. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang memiliki sektor pertanian yang cukup besar dan penting dalam perekonomiannya. Sektor pertanian di Indonesia memberikan kontribusi yang signifikan terhadap PDB (lapangan usaha) negara dan mencakup sekitar 30% tenaga kerja di Indonesia. Menurut Badan Pusat Statistik (BPS), Pada Februari 2022 terdapat 40,64 juta masyarakat Indonesia yang mata pencahariannya bergerak di sektor pertanian dan jumlah tersebut porsi persentasenya mencapai 29,96% dari total penduduk yang bekerja yaitu sebanyak 135,61 juta jiwa, serta menjadi yang terbesar dibanding lapangan pekerjaan utama lainnya.

Sektor pertanian yang ada di Indonesia itu memiliki beragam komoditas yang dihasilkan seperti : tanaman pangan, sayuran, buah – buahan, dll. Padi dan jagung merupakan dua komoditas tanaman pangan yang sangat penting bagi Indonesia, karena padi adalah makanan pokok sebagian besar penduduk Indonesia, sedangkan jagung digunakan sebagai pakan ternak dan bahan baku industri pangan [1]. Ketika waktu panen telah tiba para petani padi atau jagung lebih memilih untuk menjual hasil panennya dalam keadaan yang sudah kering, dikarenakan harga jual padi atau jagung yang kering itu lebih tinggi dibandingkan harga jual padi atau jagung yang masih basah [2], sehingga proses pengeringan merupakan proses yang terpenting untuk menghasilkan padi atau jagung yang memiliki nilai jual yang tinggi. Kadar air yang terkandung dalam padi ketika dalam kondisi yang kering tidak boleh >12%, sedangkan jagung tidak boleh >14% [3].

Proses pengeringan dibagi menjadi 2, antara lain proses pengeringan secara konvensional dan proses pengeringan

dengan menggunakan alat buatan [4]. Proses pengeringan secara konvensional dilakukan dengan bantuan sinar matahari yang mana merupakan sumber energi panas terbesar dan tidak ada habisnya, didapatkan secara gratis, dan masih digunakan sampai sekarang [5]. Pengeringan ini memiliki beberapa kelebihan dan kekurangan. Kelebihan pengeringan konvensional yaitu biaya yang relatif lebih murah, tidak diperlukan peralatan khusus, tetapi kekurangan dari proses pengeringan ini membutuhkan tempat yang luas, waktu yang lumayan lama, dan mudah terkontaminasi oleh debu dan kotoran, sehingga kurang higienis apalagi jagung yang digunakan sebagai bahan baku industri pangan pasti dapat menyebabkan turunnya kualitas dari jagung itu sendiri. Selain itu, cuaca yang terkadang tidak mendukung dapat menyebabkan proses pengeringan diharuskan ada orang yang menunggu jika sewaktu-waktu turun hujan, sedangkan banyak kegiatan lainnya yang dapat dilakukan selain harus menunggu padi atau jagung yang dijemur, tentu saja hal tersebut menambah pekerjaan dan merepotkan manusia. Sedangkan proses pengeringan dengan alat bantuan memiliki kelebihan seperti: tidak memerlukan tempat yang luas, waktu yang dibutuhkan untuk pengeringan lebih cepat, suhu pengeringan dapat diatur, dan tidak terpengaruh oleh cuaca, tetapi kekurangan dari alat tersebut yaitu diperlukan biaya yang relatif tinggi dan peralatan khusus lainnya [4].

Perkembangan zaman yang semakin modern dengan adanya berbagai teknologi salah satunya di sektor pertanian, menuntut para petani Indonesia untuk mengembangkan pola pikir dan menyesuaikan diri dengan kemajuan teknologi [6]. Hal tersebut tentu melibatkan sumber daya manusia yang kreatif dan inovatif, agar mampu memahami keadaan menjadi gagasan yang sesuai untuk menciptakan alat yang praktis dan nyaman digunakan. Serta diharapkan mampu meningkatkan efektifitas dan produktifitas kerja guna meningkatkan hasil kualitas padi dan jagung, sehingga masyarakat mampu bersaing dan menjadikan pertanian Indonesia menjadi semakin maju.

Dari permasalahan diatas, maka penulis membuat suatu inovasi yaitu: "Prototipe Alat Pengering Padi dan Jagung Tipe Putar Secara Otomatis Menggunakan Metode PID Berbasis *Internet Of Things*". alat pengering padi dan jagung ini digunakan untuk menggantikan pengeringan secara konvensional dengan sistem *rotary* (putar) dan pengaturan suhu dengan kontrol menggunakan metode PID (*Proportional, Integratif, dan Derivatif*) yang didesain secara otomatis, serta digabungkan dengan teknologi *Internet of Things* sebagai kontrol dan sistem monitoring. Pada proses pengeringan padi atau jagung digunakan elemen pemanas heater sebagai sumber untuk menghasilkan panas, terdapat sensor DS18B20 yang berfungsi untuk mengukur suhu pada ruang pengering *rotary* (putar), sensor DHT22 digunakan untuk mengukur kelembaban ruang pengering, sensor kadar air sebagai sensor pengukuran kadar air objek pada ruang pengering, dan sensor loadcell berfungsi sebagai pengukur berat objek yang dikeringkan. Kipas 12V DC digunakan

untuk menyebarkan suhu di dalam ruang pengering *rotary* (putar) dengan menggunakan metode PID yang memiliki respon halus dan stabil. Kontrol pada alat ini dapat menggunakan 2 metode yaitu secara manual dengan menggunakan *push button*, sedangkan secara otomatis menggunakan aplikasi Blynk (implementasi penggunaan *Internet of Things*) untuk mengatur *set point* dari suhu dan kadar air dari padi dan jagung, selain itu Penggunaan *Internet of Things* ini bertujuan agar ketika alat ini sedang dijalankan, user (petani) tidak perlu melakukan monitoring secara langsung dan menunggu proses pengeringan sampai selesai, tetapi juga bisa dilakukan monitoring jarak jauh dan bisa ditinggal untuk melakukan kegiatan yang lainnya, dan aplikasi Blynk akan mengirim notifikasi ketika proses pengeringan telah selesai, sehingga dapat menghemat waktu dan lebih efisien. LCD berfungsi untuk menampilkan nilai suhu, kelembaban, kadar air, dan berat dari padi atau jagung yang dikeringkan. Harapannya alat ini nantinya dapat memudahkan para petani untuk tetap melakukan pengeringan padi atau jagung ketika musim panen tetapi cuaca sedang tidak mendukung, dan dapat menghemat waktu, dikarenakan proses pengeringan yang dilakukan dapat berlangsung secara cepat, serta masih dapat melakukan kegiatan atau aktivitas yang lain dikarenakan dapat dikendalikan secara otomatis dengan menggunakan *Internet of Things*. *Rotary dryer* yang digunakan masih berupa *mini plant* dengan kapasitas padi atau jagung maksimal sebesar 15 kg dengan suhu pengeringan untuk padi dan jagung 55°C dengan pengaturan kadar air untuk padi < 12% dan jagung < 14%.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Penelitian Terkait

- Penelitian oleh Muhamad Ikhsan dengan judul "RANCANG BANGUN ALAT PENGERING GABAH OTOMATIS MENGGUNAKAN SENSOR BERAT BERBASIS ARDUINO UNO", Skripsi S-1 Fakultas Teknik Jurusan Teknik Elektro, 2019.

Pada penelitian tersebut peneliti membuat sebuah alat pengering gabah dengan menggunakan sensor suhu dan sensor berat (*load cell*), serta dijelaskan bagaimana cara untuk melakukan perhitungan terkait sensor *load cell*nya yang mana dapat saya gunakan sebagai acuan untuk penelitian saya. Untuk mikrokontrolernya berupa Arduino UNO, dan outputnya menggunakan elemen pemanas dan kipas DC sebagai pengontrolan suhunya. Metode yang dipakai oleh peneliti masih berupa metode ON-OFF menggunakan relay [7].

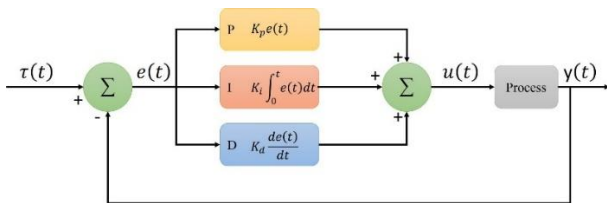
- Penelitian oleh Syahrir Abdussamad, Stephan A. Hulukati, dan Ayun Husain dengan judul "OTOMATISASI PENGERING PADI BERBASIS ARDUINO UNO", Jurnal *Electrichsan*, Vol. 11, No. 1, 2022.

Pada penelitian ini, peneliti membuat alat pengering padi dengan Arduino dengan konsep semi otomatis,

dimana peneliti menggunakan 2 metode pengeringan yaitu dengan sinar matahari dan lampu pijar, ketika cuaca sedang cerah, maka atap rumah pengering tersebut akan membuka dan proses pengeringan padi dilakukan dengan menggunakan sinar matahari, ketika sensor hujan terdeteksi maka, atap rumah pengering akan menutup dan proses pengeringan dialihkan menggunakan lampu pijar. *Set point* pada alat ini sebesar 50°C dan kinerja dari alat ini masih menggunakan kontrol ON-OFF untuk proses pengeringannya, dan pengeringan gabah dengan berat 10kg dilakukan dalam waktu 12 jam [4].

B. PID (Proportional, Integral, Derivative) Controller

PID merupakan pengontrol yang menentukan tingkat akurasi suatu sistem instrumentasi berdasarkan karakteristik umpan balik sistem tersebut. Pengontrol PID terdiri dari kombinasi tiga jenis pengaturan: pengontrol P (pengontrol proporsional), pengontrol D (pengontrol turunan), dan pengontrol I (pengontrol integral) [8]. Masing-masing memiliki parameter tertentu yang harus diset untuk dapat beroperasi dengan baik, yang disebut sebagai konstanta.



Gambar 1. Diagram blok PID

Pengontrol PID adalah pengontrol loop tertutup. Input dari pengontrol PID adalah error ($e(t)$), yang didefinisikan sebagai selisih antara nilai target atau referensi (*setpoint*) $u(t)$ dan nilai proses aktual $y(t)$ yang diukur oleh sensor. Hubungan antara kesalahan dan nilai target [9].

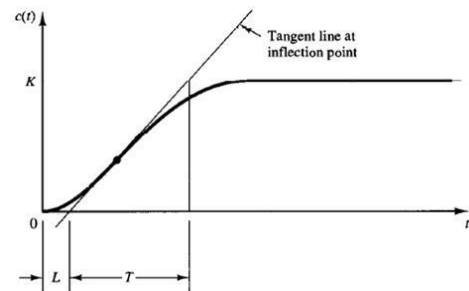
C. Metode Ziegler – Nichols

Aspek yang sangat penting dalam desain pengontrol PID adalah menentukan parameter pengontrol PID sehingga sistem loop tertutup memenuhi kriteria kinerja yang diinginkan. Hal ini disebut juga dengan tuning kontroler [10]. Tujuan penyetelan pengontrol adalah untuk mencapai kinerja sistem sesuai dengan spesifikasi desain. Metode yang banyak digunakan untuk menyetel parameter pengontrol PID adalah metode Ziegler-Nichols [9]. Terdapat 2 formula dalam menggunakan metode Ziegler-Nichols ini yaitu, formula untuk sistem open-loop yang disebut Metode Kurva Reaksi, dan formula sistem close-loop yang disebut Metode *Ultimate Cycle* [11].

• Metode Kurva Reaksi

Metode ini didasarkan pada tanggapan sistem *open-loop*. *Plant* diberi tanggapan berupa *unit step*. Jika *plant* tidak mengandung unsur integrator ataupun pole

kompleks, reaksi sistem akan berbentuk S seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Penentuan parameter L dan T

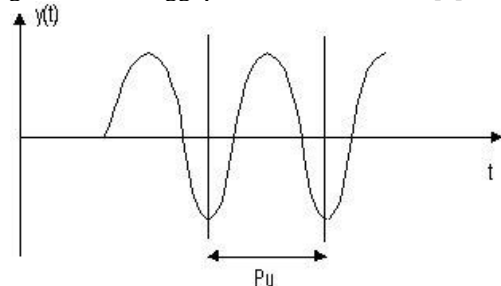
Berdasarkan hasil dari respon sistem yang dihasilkan dari parameter Ziegler-Nichols dengan metode kurva reaksi berupa nilai L dan T. Metode kurva reaksi memiliki aturan berupa menentukan nilai K_p , T_i , dan T_d berdasarkan respon peralihan dari *plant* yang diberikan. Tabel 1 dibawah merupakan formula parameter PID untuk metode kurva reaksi.

Tabel 1. Formula parameter PID dengan metode kurva reaksi

Tipe Kontroler	K_p	T_i	T_d
P	$\frac{T}{L}$	~	0
PI	$0,9 \frac{T}{L}$	$\frac{L}{0,3}$	0
PID	$1,2 \frac{T}{L}$	2L	0,5L

• Metode *Ultimate Cycle*

Metode ini digunakan berdasarkan reaksi sistem *close-loop*. *Plant* disusun serial dengan pengendali PID. Semula parameter integrator dibuat tidak berhingga dan parameter derivatif dibuat nol ($T_i = \infty$, $T_d = 0$). Parameter proporsional kemudian dinaikkan bertahap, mulai dari nol sampai mencapai harga yang mengakibatkan tanggapan sistem berosilasi [9].



Gambar 3. Hasil *sustain oscillation*

Tabel 2. Formula parameter PID dengan metode *ultimate cycle*

Tipe Kontroler	Kp	Ti	Td
P	$0,5 K_u$	-	-
PI	$0,45 K_u$	$0,5 P_u$	-
PID	$0,6 K_u$	$0,5 P_u$	$0,125 P_u$

D. ESP32

ESP32 merupakan mikrokontroler yang diperkenalkan oleh Espressif Systems dan merupakan penerus mikrokontroler ESP8266. Mikrokontroler ini memiliki modul WiFi on-chip dan fungsionalitas Bluetooth yang sangat mendukung pembangunan sistem aplikasi Internet of Things [8].

E. Sensor DS18B20

Sensor DS18B20 memiliki tiga pin yang terdiri dari V, ground, dan output data. Cabang Vs adalah cabang tegangan suplai dan berkisar antara 3V hingga 5.5V. Umumnya Vs diberi tegangan +5V tergantung tegangan kerja mikrokontroler, cabang ground dihubungkan ke ground rangkaian, dan cabang data keluaran dihubungkan ke mikrokontroler untuk mengolah data suhu yang diperoleh [12].

F. Sensor DHT22

DHT22 atau AM2302 adalah sensor suhu/kelembaban yang secara fisik mirip dengan DHT11. Namun keunggulan DHT22 adalah keluarannya berupa sinyal digital dan perhitungan konversinya dilakukan oleh MCU 8-bit. Sensor DHT22 dipilih karena rentang pengukurannya yang luas (kelembaban 0 hingga 100% dan suhu -40 °C hingga 125 °C) [13].

G. Sensor Grain Moisture

Sensor *Grain Moisture* merupakan alat yang digunakan untuk mengukur kadar kelembaban atau kadar air dalam biji. Hal ini penting dalam banyak aplikasi pertanian, penelitian benih, dan industri pangan.

H. Sensor Load cell

Sensor load cell adalah transduser (komponen elektronik yang dapat mengubah besaran fisik menjadi sinyal listrik) yang dapat mengubah tekanan yang disebabkan oleh suatu beban menjadi sinyal listrik [14].

I. Dimmer AC

Dimmer AC adalah konverter yang mengontrol tegangan, arus, dan daya rata-rata yang disalurkan dari sumber listrik AC ke beban AC 220V. Komponen utama pengatur tegangan AC adalah triac atau thyristor yang dipasang anti-paralel (SCR). [15].

J. Aplikasi Blynk

Aplikasi Blynk merupakan platform sistem operasi iOS dan Android untuk mengendalikan modul Arduino, Raspberry Pi, ESP8266, dan perangkat sejenis lainnya melalui Internet. Aplikasi Blynk tidak terikat pada komponen atau chip apa pun, tetapi memerlukan dukungan board melalui akses WiFi untuk berkomunikasi dengan perangkat keras yang digunakan. Aplikasi Blynk terdiri dari tiga komponen utama: aplikasi, server, dan perpustakaan. Fungsi server Blynk mengatur semua komunikasi antara smartphone dan perangkat keras [13].

III. METODE PENELITIAN

A. Studi Literatur

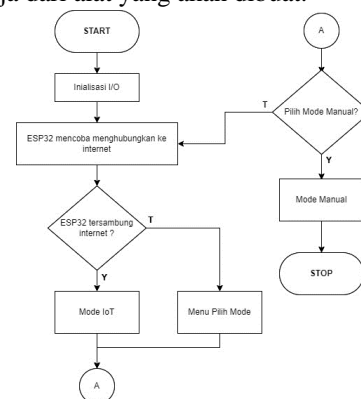
Studi literatur ini meliputi pencarian dan pemahaman terhadap bahan materi yang berkaitan dengan sistem yang akan dibuat untuk dijadikan dasar teori, serta mempelajari sistem sensor yang akan digunakan yang mana dengan cara mencari sumber data yang didapatkan dari paper, jurnal, artikel dan buku yang relevan dengan bahasan proyek yang akan dikerjakan, serta melakukan studi literatur mengenai material-material dan komponen yang akan digunakan.

B. Identifikasi Sistem

Proses identifikasi masalah diperlukan untuk menentukan batasan masalah yang akan dihadapi, yang mana batasan masalah yang telah ditentukan akan dijadikan sebagai acuan untuk membuat spesifikasi minimal dari sistem alat, serta mempelajari kondisi uji coba sistem, agar nantinya sistem dapat dilakukan dengan baik untuk mengatasi masalah yang ada.

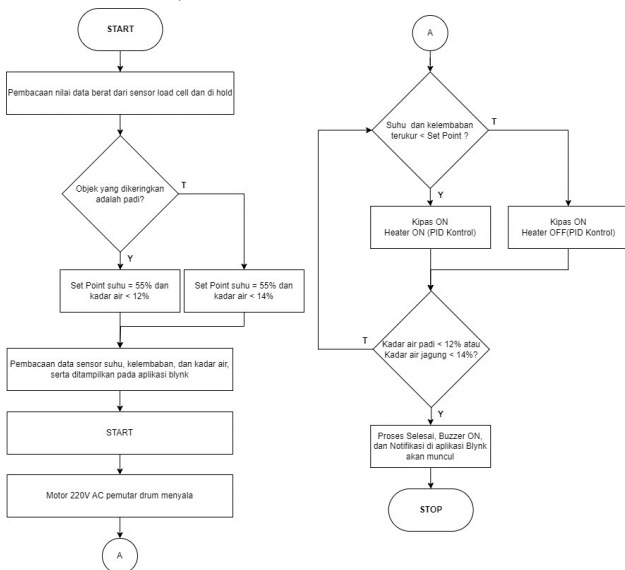
C. Perancangan Sistem

Tahap perancangan sistem meliputi proses perancangan hardware, program, dan mekanik dari alat yang akan dibuat. Dalam tahap ini dilakukan perancangan sistem kerja alat yang akan dibuat. Berikut merupakan flowchart sistem kerja dari alat yang akan dibuat.

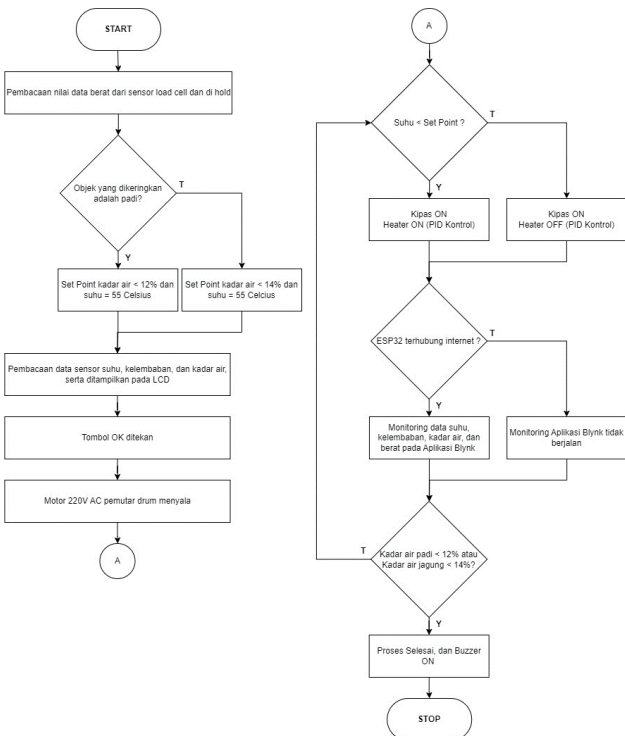


Gambar 4. Flowchart alur kerja sistem

Berdasarkan dari *flowchart* tersebut dapat dilihat bahwa alur kerja dari sistem pertama kali adalah mikrokontroler ESP32 mencoba menghubungkan ke internet yang bertujuan agar dapat dilakukan monitoring dengan menggunakan aplikasi Blynk. Jika ESP32 dapat terhubung ke internet, maka akan masuk ke dalam mode IoT, jika tidak dapat terhubung ke internet, maka akan masuk ke menu pilih mode. Selanjutnya, jika *user* memilih mode IoT, maka ESP32 akan mencoba menghubungkan Kembali ke internet, tetapi jika memilih mode manual, maka akan masuk ke mode manual.



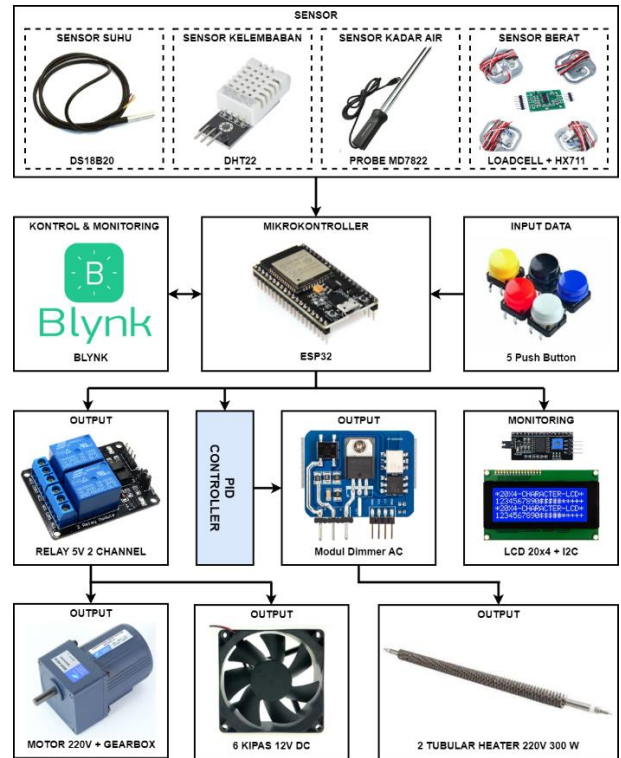
Gambar 5. *Flowchart* alur kerja sistem dengan mode IoT



Gambar 6. *Flowchart* alur kerja sistem dengan mode manual

D. Perancangan Alat

Pada bagian ini dibuat sebuah alat untuk menunjang kerja dari sistem dengan cara merancang menggunakan perangkat atau komponen elektronik secara keseluruhan. Berikut merupakan blok diagram dari alat :



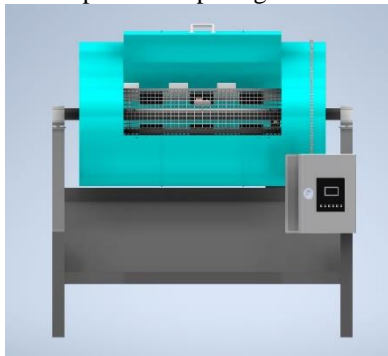
Gambar 7. Blok diagram sistem

Pada sistem ini digunakan beberapa sensor seperti sensor DS18B20 untuk mengukur suhu dalam alat pengering, sensor DHT 22 untuk mengukur kelembaban udara dalam alat pengering, sensor kadar air yang digunakan untuk mengukur tingkat kadar air yang ada pada objek padi dan jagung, selanjutnya terdapat sensor load cell untuk mengukur berat padi atau jagung yang dikeringkan, data dari sensor – sensor tersebut akan dikirimkan ke mikrokontroler ESP32 yang mana ESP32 akan mengolah data sensor tersebut sesuai dengan set point yang diberikan dari push button atau aplikasi Blynk, dan data sensor akan ditampilkan pada LCD 20x4 atau di aplikasi Blynk. Ketika nilai dari sensor belum memenuhi set point, ESP32 akan menyalakan relay yang terhubung dengan pemanas heater dan menyalakan kipas 12V DC dengan memberikan PWM menggunakan metode PID (Proportional, Integral, dan Derivative), ketika nilai sensor sudah memenuhi set point, maka pemanas heater dan kipas 12V DC akan mati, selama nilai set point kadar air dari sensor kadar air belum terpenuhi, maka motor gearbox 220V AC tetap nyala untuk memutar tong putarnya. Proses pengeringan tersebut akan terus terjadi secara terus menerus sampai set point dari kadar air terpenuhi.

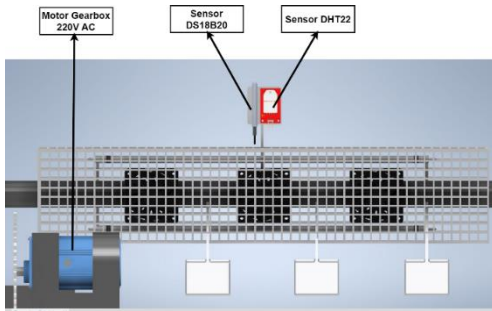
Jika sudah terpenuhi, maka proses pengeringan telah selesai dan ditandai dengan buzzer yang berbunyi.

• Perancangan Mekanik

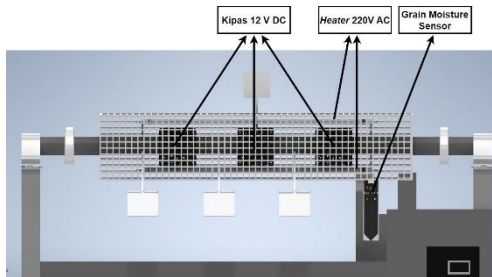
Alat pengering padi dan jagung tipe putar ini memiliki panjang, lebar dan tinggi yaitu : 81cm x 68cm x 75cm. Desain 3D sistem dibuat menggunakan software inventor dan dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 8. Desain 3D alat pengering padi dan jagung bagian luar



Gambar 9. Desain 3D alat pengering padi dan jagung bagian dalam tampak depan



Gambar 10. Desain 3D alat pengering padi dan jagung bagian dalam tampak belakang

• Perancangan User Interface pada Aplikasi Blynk



Gambar 11. User Interface pada aplikasi Blynk

E. Pengujian Alat

Pada tahap ini dilakukan pengujian terhadap cara kerja dari keseluruhan sistem. Pengujian dilakukan secara bertahap yaitu pertama adalah dilakukan pengujian terhadap sensor, hardware, mekanik, dan program.

IV. PENGUJIAN DAN ANALISA

Bab ini menjelaskan tentang pengujian sistem alat berupa pengujian program dan integrasi antara sistem alat dengan sistem program yang dibuat dan dianalisis. Tujuan dari pengujian dan analisis tersebut adalah untuk mengetahui keberhasilan alat dan program yang dibuat. Pertama, setiap bagian dari alat diuji, dan kemudian setiap bagian diuji sebagai integrasi keseluruhan.

A. Pengujian Sensor DS18B20

Tabel 3. Hasil sengujian sensor DS18B20

No	Suhu Thermo meter (°C)	Suhu DS18B20 (°C)	%Error	%Akurasi
1.	33	33.06	0.18	99.82
2.	34	34.06	0.18	99.82
3	35	35.05	0.14	99.86
4.	36	36.06	0.17	99.83
5.	37	37.06	0.16	99.84
6.	38	38.06	0.16	99.84
7.	39	39.06	0.15	99.85
8.	40	40.06	0.15	99.85
9.	41	41.06	0.15	99.85
10.	42	42.06	0.14	99.86
11.	43	43.06	0.14	99.86
12.	44	44.06	0.14	99.86

13.	45	45.06	0.13	99.87
14.	46	46.06	0.13	99.87
15.	47	47.06	0.13	99.87
16.	48	48	0	100
17.	49	49	0	100
18.	50	50	0	100
19.	51	50.94	0.12	99.88
20.	52	51.94	0.12	99.88
21.	53	52.94	0.11	99.89
22.	54	53.94	0.11	99.89
23.	55	54.88	0.22	99.78
24.	56	55.75	0.45	99.55
25.	57	56.69	0.54	99.46
26.	58	57.63	0.64	99.36
27.	59	58.31	1.17	98.83
28.	60	59.25	1.25	98.75

Pada pengujian ini dilakukan perbandingan nilai pengukuran suhu yang dihasilkan oleh sensor DS18B20 dengan thermometer digital yang ada di pasaran. Dilakukan pengujian sebanyak 28 kali dengan suhu yang diuji mulai dari 33°C sampai 60°C. Dapat dilihat pada tabel 4.1 diatas bahwa presentase error yang paling terkecil yaitu 0% berada pada suhu 48°C, 49°C, dan 50°C dan presentase error yang paling besar berada pada suhu 60°C yang mana memiliki error sebesar 1.25%, tetapi jika sesuai dengan datasheet sensor DS18B20 memiliki presentase error akurasi suhu sebesar $\pm 0.5\%$ dan jika dilihat dari hasil pengujian yang telah dilakukan error terbesar dari perbandingan memiliki selisih 1 banding 2,5 dari datasheet sensor DS18B20.

B. Pengujian Sensor DHT22

Tabel 4. Hasil pengujian sensor DHT22

No	Hygrometer (%)	DHT22 (%)	%Error	%Akurasi
1.	25	23.5	6	94
2.	26	24.5	5.77	94.23
3.	27	25.5	5.56	94.44
4.	28	26.6	5	95
5.	29	27.6	4.83	95.17
6.	30	28.7	4.33	95.67
7.	31	29.7	4.19	95.81
8.	32	30.7	4.06	95.94
9.	33	31.8	3.64	96.36
10.	34	32.8	3.53	96.47
11.	35	33.8	3.43	96.57
12.	36	34.8	3.33	96.67
13.	37	35.9	2.97	97.03
14.	38	36.9	2.89	97.11
15.	39	38	2.56	97.44
16.	40	39	2.50	97.50
17.	41	40	2.44	97.56
18.	42	41	2.38	97.62
19.	43	42.1	2.09	97.91

20.	44	43.1	2.05	97.95
21.	45	44.2	1.78	98.22
22.	46	45.2	1.74	98.26
23.	47	46.2	1.70	98.30
24.	48	47.3	1.46	98.54

Pada pengujian ini dilakukan perbandingan nilai pengukuran kelembaban yang dihasilkan oleh sensor DHT22 dengan hygrometer digital yang ada di pasaran. Dilakukan pengujian sebanyak 24 kali dengan suhu yang diuji mulai dari 25% sampai 48%. Dapat dilihat pada tabel 4.2 diatas bahwa presentase error yang paling terkecil yaitu 1.46% berada pada kelembaban 48% dan presentase error yang paling besar berada pada kelembaban 6% yang mana memiliki error sebesar 6%, tetapi jika sesuai dengan datasheet sensor DHT22 memiliki presentase error akurasi kelembaban sebesar $\pm 2\%$ dan jika dilihat dari hasil pengujian yang telah dilakukan error terbesar dari perbandingan memiliki selisih 1 banding 3 dari datasheet sensor DHT22.

C. Pengujian Sensor Grain Moisture

Tabel 5. Hasil pengujian sensor *grain moisture* pada padi

No	Referensi	Pengukuran		Error Sesudah di regresi	%Akurasi
		Sebelum di regresi	Sesudah di regresi		
1.	12	558	13	8.33	91.67
2.	13	923	13.8	6.15	93.85
3.	14	1241	14.4	2.86	97.14
4.	15	1626	14.7	2	98
5.	16	1895	15.4	3.75	96.25
6.	17	2079	16.2	4.71	95.29
7.	18	2151	17.6	2.22	97.78
8.	19	2267	18.6	2.11	97.89
9.	20	2356	19.7	1.50	98.50
10.	21	2489	20.8	0.95	99.05
11.	22	2598	21.8	0.91	99.09
12.	23	2688	22.9	0.43	99.57
13.	24	2796	24.1	0.42	99.58
14.	25	2911	25.1	0.40	99.60
15.	26	3077	26.1	0.38	99.62
16.	27	3206	27.1	0.37	99.63
17.	28	3314	28.2	0.71	99.29
18.	29	3476	29.3	1.03	98.97
19.	30	3567	30.4	1.33	98.67
20.	31	3728	31.4	1.29	98.71

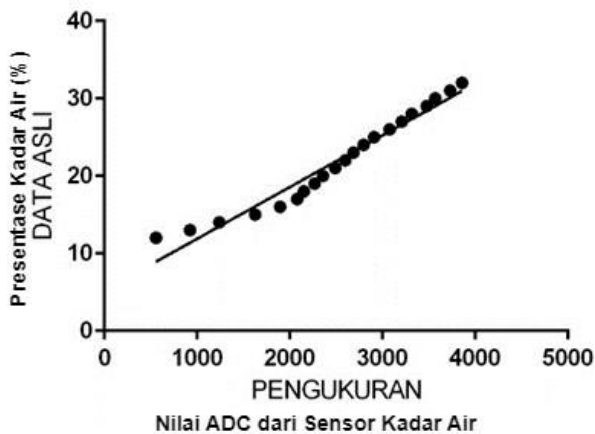
Tabel 6. Hasil pengujian sensor *grain moisture* pada jagung

No.	Referensi	Pengukuran		Error Sesudah di regresi	%Akurasi
		Sebelum di regresi	Sesudah di regresi		
1.	12	433	11.8	1.67	98.33
2.	13	587	12.6	3.08	96.92

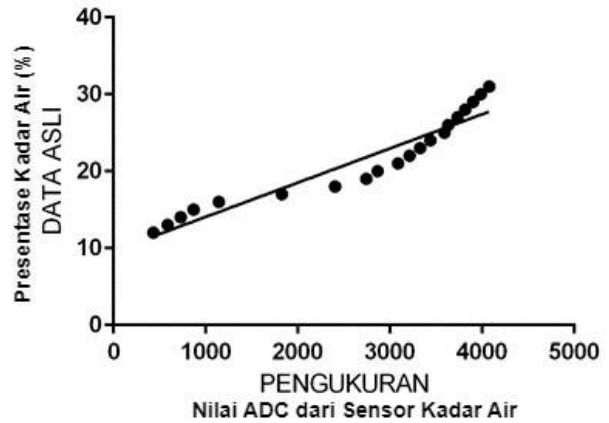
3.	14	730	13.4	4.29	95.71
4.	15	868	14.2	5.33	94.67
5.	16	1142	15.3	4.38	95.63
6.	17	1826	17.2	1.18	98.82
7.	18	2403	19.4	7.78	92.22
8.	19	2742	20.8	9.47	90.53
9.	20	2864	21.6	8	92
10.	21	3088	22.4	6.67	93.33
11.	22	3212	23.1	5	95
12.	23	3326	23.9	3.91	96.09
13.	24	3438	24.4	1.67	98.33
14.	25	3591	25.4	1.60	98.40
15.	26	3631	25.8	0.77	99.23
16.	27	3732	26.6	1.48	98.52
17.	28	3816	27	3.57	96.43
18.	29	3900	27.4	5.52	94.48
19.	30	3986	28.2	6	94
20.	31	4075	11.8	7.10	92.90

Pengujian ini dilakukan dengan cara membandingkan nilai dari alat grain moisture tipe MD7822 sebagai pembanding dengan sensor kadar air yang dibuat. Percobaan yang dilakukan sebanyak 2 kali macam percobaan antara lain : pengujian kadar air pada padi, dan pengujian kadar air pada jagung. Pada pengujian kadar air pada padi dan jagung ini masing- masing dilakukan pengujian sebanyak 20 kali dengan nilai presentase kadar air yang bervariasi mulai dari 12% sampai 31%.

Output dari sensor kadar air ini berupa tegangan atau data analog yang dikonversi menjadi data digital pada ESP32 atau bisa disebut ADC, nilai ADC yang dihasilkan oleh sensor kadar air tersebut jika dilihat pada tabel diatas, maka hasil nilai kadar air yang didapatkan dari kedua pengukuran tersebut sangat jauh dari pengukuran kadar air yang sebenarnya sehingga, perlu adanya tambahan metode matematis dan statistik yaitu regresi linear.



Gambar 12. Grafik regresi linear pada padi



Gambar 13. Grafik regresi linear pada jagung

D. Pengujian Dimmer AC

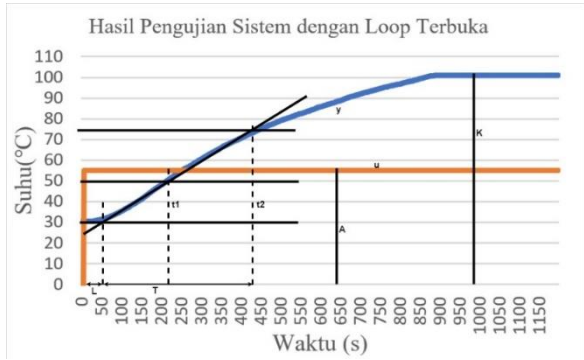
Tabel 6. Hasil pengujian Dimmer AC

No	Tegangan Input (AC)	Persentase (%)	PWM	Tegangan Output (AC)
1.	220V	5	12.75	31.6
2.	220V	10	25.5	46.3
3.	220V	15	38.25	61.9
4.	220V	20	51	79.9
5.	220V	25	63.75	96.9
6.	220V	30	76.5	112.7
7.	220V	35	89.25	129.7
8.	220V	40	102	142.2
9.	220V	45	114.25	155.1
10.	220V	50	127.5	165.2
11.	220V	55	140.25	175.4
12.	220V	60	153	184.2
13.	220V	65	165.75	191.6
14.	220V	70	178.5	197.1
15.	220V	75	191.25	202
16.	220V	80	204	205
17.	220V	85	216.75	206
18.	220V	90	229.5	207
19.	220V	95	242.25	208
20.	220V	100	255	Floating Voltage

Berdasarkan pada tabel diatas, ketika presentase PWM yang diinputkan pada serial monitor sebesar 60% untuk PWM nya di dapatkan dari perhitungan sebesar 153 dan output tegangan AC yang dihasilkan sebesar 184.2 VAC. Pada presentase 95% output yang dihasilkan sebesar 208VAC dengan perhitungan PWM sebesar 242.25,selanjutnya jika presentase yang diinputkan lebih dari 95% output yang dihasilkan mengalami floating voltage atau tegangan outputnya berubah - rubah sehingga menyebabkan lampu AC 220V nya berkedip - kedip dan kasus ini dapat

dilihat pada percobaan yang terakhir yaitu ketika presentase PWM yang diinputkan sebesar 100%. Dapat dilihat pada grafik untuk hasil pengujian dari PWM, grafik yang dihasilkan linear, sedangkan untuk hasil pengujian dari tegangan outputnya tidak linear bahkan diatas 208V tegangan yang dihasilkan floating.

E. Pengujian Sistem dengan Loop Terbuka (Open – Loop)



Gambar 14. Grafik hasil pengujian sistem dengan loop terbuka

Pada analisa respon tersebut terdapat penggunaan metode smith untuk memperoleh garis tangen, yang mana perhitungannya adalah sebagai berikut :

$$t1 = (28.3\% \times (101 - 30)) + 30$$

$$= 50.1$$

$$= 215s \text{ (langsung lihat data hasil pengujian)}$$

$$t2 = (62.3\% \times (101 - 30)) + 30$$

$$= 74.872$$

$$= 430s \text{ (langsung lihat data hasil pengujian)}$$

Langkah selanjutnya adalah mencari nilai L dan T hasil dari perhitungan diatas, sehingga didapatkan :

• Time Delay Sistem

$$= L \times ts \text{ (waktu sampling)}$$

$$= 53 \times 1s$$

$$= 53s$$

• Time Constant dari Sistem (T)

$$T = 63,2\% \times \text{Respon Stabil}$$

$$= (0.632 \times (101 - 30)) + 30$$

$$= 74.872$$

$$= 430s \times ts \text{ (Langsung lihat data excel)}$$

$$= 430s - 53s$$

$$= 377s$$

F. Pengujian Sistem dengan Trial-Error

Tabel 7. Hasil pengujian sistem dengan trial-error

Kp	Ki	Kd	%OS	Rise Time(s)	Settling Time(s)	S-S Error(%)
1	0.1	1	5.35	84	482	1.25
1.5	0.1	3	6.93	73	475	0.67
2	0.05	5	7.05	77	492	0.45
2	0.1	10	6.82	77	447	1.36
3	0.05	20	6.82	77	429	1.07

3	0.05	40	4.55	102	417	0.91
3	0.05	100	0.69	76	390	4.55
5	0.05	100	3.53	102	457	0.23
5	0.05	150	1.36	85	398	0.28
6	0.05	150	2.47	74	387	0.35
6	0.1	200	0.69	76	354	0.17
7	0.1	200	2.73	79	407	0.27
8	0.1	250	2.38	71	402	0.681
8	0.1	300	1.71	76	381	0.57

Berdasarkan dari tabel diatas, dapat diketahui bahwa nilai respon PID yang terbaik hasil dari percobaan trial-error adalah Kp = 6, Ki = 0.1, dan Kd = 200 dikarenakan memiliki error steady state sebesar 0.17% saja. Berikut merupakan grafik hasil pengujian sistem dengan metode Trial-Error.

G. Pengujian Sistem dengan Metode Ziegler-Nichols 1

Berdasarkan hasil pengujian respon suhu dengan loop terbuka tersebut, didapatkan nilai L = 53 dan T = 377. Sedikit berbeda dengan penerapan PID analog, untuk penerapan PID digital, nilai delay time total yaitu nilai L ditambah dengan setengah dari periode sampling (Ts). Penambahan ini disebabkan oleh adanya data holder circuit (zero-order hold) dalam sistem kontrol digital. Pada pengujian ini, nilai dari sampling time (Ts) nya yaitu 1 detik, sehingga delay time (L) total untuk pengujian ini adalah 53.5.

Berikut merupakan perhitungan PID menggunakan rumus Ziegler – Nichols 1.

Tabel 7. Perhitungan Kp, Ti, dan Td dengan rumus Ziegler – Nichols 1

Kp	Ti	Td
$= 1.2 \frac{T}{L}$	$= 2L$	$= 0.5L$
$= 1.2 \frac{377}{53.5}$	$= 2 \times 53.5$	$= 0.5 \times 53.5$
$= 8.45$	$= 107$	$= 26.75$

$$Ki = \frac{Kp}{Ti}$$

$$= \frac{8.45}{107}$$

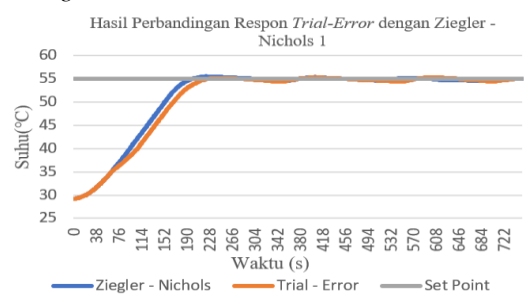
$$= 0.079$$

$$Kd = Kp \times Td$$

$$= 8.45 \times 26.75$$

$$= 226.04$$

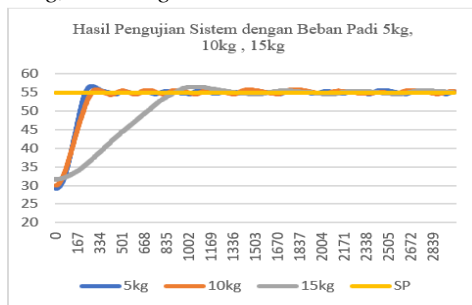
H. Perbandingan hasil respon dengan pengujian trial-error dan ziegler-nichols 1



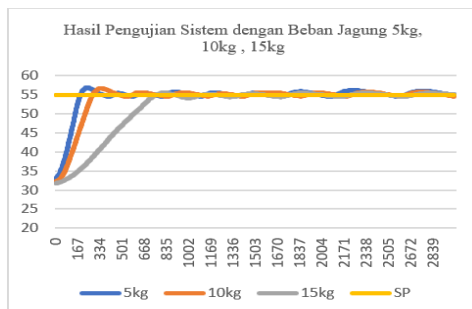
Gambar 14. Perbandingan respon trial-error dan ziegler-nichols1

Berdasarkan gambar grafik diatas dapat dilihat bahwa hasil respon suhu dari Ziegler – Nichols 1 lebih baik dari pada percobaan *trial – error*, meskipun dari segi %*overshoot* lebih tinggi hasil dari Ziegler – Nichols 1 yaitu lebih tinggi 0.31%, tetapi jika dilihat dari *rise time*, Ziegler – Nichols 1 lebih cepat 5 detik dari percobaan *Trial-Error*, dan juga kondisi *settling time* nya Ziegler – Nichols 1 lebih cepat 16 detik dari percobaan *Trial-Error*. Selain itu, yang paling penting adalah *error steady state* dari Ziegler – Nichols 1 ini nilainya lebih kecil dari percobaan *Trial-Error* yang mana memiliki nilai sebesar 0.12% saja.

I. Pengujian sistem PID dengan beban padi dan jagung 5kg, 10kg, dan 15kg



Gambar 15. Pengujian sistem dengan beban padi 5kg, 10kg, 15kg



Gambar 16. Pengujian sistem dengan beban jagung 5kg,10kg, 15kg

V. KESIMPULAN

Berdasarkan dari pengujian yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa :

- Prototipe alat pengering padi dan jagung tipe putar ini telah berhasil dirancang dan diuji baik yang mana mampu untuk mengeringkan padi dengan *set point* 12% sedangkan jagung 14%.
- Mode *IoT* pada prototipe alat pengering ini dapat mempermudah petani dalam melakukan monitoring ketika proses pengeringan sedang berjalan.
- Proses pengeringan pada prototipe alat pengering ini sudah bagus dikarenakan akurasi dari pembacaan sensor – sensornya rata – rata diatas 90%, serta memiliki respon suhu pengeringan yang stabil dikarenakan *error steady state* suhu nya kurang dari 2%.

DAFTAR ACUAN

- [1] A. Rouw, “Analisis Dampak Keragaman Curah Hujan Terhadap Kinerja Produksi Padi Sawah (Studi Kasus di Kabupaten Merauke, Papua),” *J. Pengkaj. dan Pengemb. Teknol. Pertan.* 11, pp. 146–155.
- [2] S. Umar, “Pembersihan dan pengeringan padi,” *Mek. Pertan.*, vol. 11, no. Oktober, pp. 107–118, 2016.
- [3] M. Arsyad, “EFFECTS OF DRYING ON DECREASING OF MOISTURE CONTENT AND MAIZE WEIGHT (Zea mays L.) FOR VARIETY OF BISI 2 AND NK22,” *J. Agropolitan*, vol. 5, pp. 44–52, 2018.
- [4] S. Abdussamad, S. A. Hulukati, and A. Husain, “Otomatisasi Pengering Padi Berbasis Arduino Uno,” *J. Electr.*, vol. 11, no. 01, pp. 13–19, 2022, doi: 10.37195/electrichsan.v11i01.84.
- [5] A. Mustofa, “Analisis Pengaruh Variasi Putaran Dan Temperatur Drum Terhadap Hasil Pengeringan Gabah Pada Mesin Pengering Biji-Bijian Tipe Rotary Dryer,” pp. 1–13, 2021.
- [6] Rais, P. S. Yulianti, A. M. Ahsan, Y. Elvirrita, and E. Hidayat, “RANCANG BANGUN PROTOTIPE OVEN PENERING GABAH BERBASIS IOT,” *J. MAPLE*, vol. 4, no. 2, pp. 37–41, 2022.
- [7] M. Ikhsan, “RANCANG BANGUN ALAT PENERING GABAH OTOMATIS MENGGUNAKAN SENSOR BERAT BERBASIS ARDUINO UNO,” *Elektrikal*, pp. 1–57, 2019.
- [8] V. Tarina, “RANCANG BANGUN ALAT PENERING KERUPUK BAWANG BERSKALA USAHA RUMAH TANGGA BERBASIS INTERNET OF THINGS,” *Tugas Akhir D4 Jur. Tek. Elektron.*, 2022.
- [9] H. Maghfiroh, “Optimasi Sistem Kendali PID dengan Double Tuning Dalam Implementasi Pengendalian Kecepatan Motor DC Berbasis PLC,” *Skripsi S-1 Fak. Tek. Jur. Tek. Elektro dan Teknol. Inf.*, no. May, 2013.
- [10] E. H. Wintresnanto, I. M. Suyanto, S. Kristiyana, and J. T. Elektro, “Aplikasi Sistem Kendali Pid Pada Tangki Pemanas Air Sebagai Teknologi Pemanas Berbasis Mikrokontroler Atmega32,” *J. Electr.*, vol. 1, no. 1, pp. 25–36, 2014.
- [11] D. S. Santoso, *INSTRUMENTASI PENERING DAUN SIRSAK UNTUK OBAT HERBAL MENGGUNAKAN SENSOR LOAD CELL DAN KONTROL PID PADA SUHU RUANGAN*. 2019.
- [12] M. T. Rahman, “ANALISA SISTEM PENERING PADI OTOMATIS BERBASIS SENSOR SUHU DS1B20,” *Semin. Nas. Fortei Reg.* 7, vol. 4, no. 1, pp. 171–174, 2022.
- [13] I. Syukhron, “Penggunaan Aplikasi Blynk untuk Sistem Monitoring dan Kontrol Jarak Jauh pada Sistem Kompos Pintar berbasis IoT,” *Electrician*, vol. 15, no. 1, pp. 1–11, 2021, doi: 10.23960/elc.v15n1.2158.
- [14] R. I. Jodiyanto, “PROTOTYPE PENERING GABAH OTOMATIS BERBASIS MIKROKONTROLER ATMEGA16,” *Skripsi S-1 Fak. Tek. Jur. Tek. Elektro*, 2017.
- [15] T. M. R. Aldiza, A. Mufti, and R. Roslidar, “Sistem Pengontrolan Suhu dan Kelembapan pada Alat Pengering Buah Pinang Menggunakan Pengendali Logika Fuzzy,” *J. Komputer, Inf. ...*, vol. 6, no. 3, pp. 16–22, 2021, [Online]. Available: <http://www.jurnal.unsyiah.ac.id/kitekro/article/view/22225%0Ahttp://www.jurnal.unsyiah.ac.id/kitekro/article/viewFile/22225/15343>