

PENGEMBANGAN PERANGKAT PENGERING TEMBAKAU DENGAN KONTROL PID MENGGUNAKAN SENSOR SUHU BERBASIS IOT

Legowo Budi Prasodjo ¹

¹ Affiliation 1; fortunatuslegowobudi@student.ittelkom-sby.co.id

* Correspondence: fortunatuslegowobudi@student.ittelkom-sby.co.id

Abstrak: Penerapan teknologi dan digitalisasi di sektor pertanian saat ini semakin berkembang. Hal ini bertujuan untuk meningkatkan produktivitas pertanian seperti halnya pengolahan hasil pertanian tembakau. Salah satu tahapan pengolahan tembakau adalah proses pengeringan yang menggunakan metode flue curing yaitu menyalurkan hasil uap panas dari heater ke dalam oven dengan menggunakan pengaturan suhu secara manual. Pada penelitian ini dikembangkan prototipe pengering tembakau otomatis menggunakan konsep metode flue curing yang dikontrol oleh sistem kendali PID dan deteksi kematangan daun menggunakan sensor warna. Berdasarkan hasil identifikasi pemodelan PID diperoleh variabel $K_p = 0.3506$, $T_i = 0.002504$, $T_d = 11.14$ kemudian diujikan pada simulasi *simulink* dan penerapan langsung terhadap perangkat dengan parameter suhu yang berbeda yaitu 40°C, 50°C, 60°C, 70°C Tingkat pembacaan sensor warna TCS3200 didapatkan dari hasil langkah identifikasi mapping pembacaan jarak antara sensor ke daun berkisar 1 cm dengan keberhasilan pembacaan berbagai golongan warna daun dan pengiriman data pada perangkat ke server (firebase dan google spreadsheet) dengan menggunakan analisa *quality of service (QOS)* diperoleh hasil *throughput* 2774 kb, *packet loss* 1%, *latency* 473,82 ms, dan *jitter* 474,12 ms. Dalam pemrosesan PID perangkat memiliki sistem kerja yang sesuai dengan karakteristik diharapkan pada prosedur metode *flue curing*. Kemudian sensor warna TCS3200 dapat membedakan ketika daun tembakau telah matang dan tidak matang dengan pembacaan nilai rgb selama pemrosesan pengeringan berjalan secara yang bekerja secara otomatis. Sensor warna TCS3200 tidak hanya membaca warna daun, namun dapat membuat oven berhenti ketika ada indikasi daun sudah matang agar tidak terjadinya over heating selama pemanasan. Keseluruhan sistem ini dapat digunakan secara otomatis sehingga mempermudah operator dalam memonitoring pengolahan pada pengeringan tembakau.

Kata Kunci : *Flue curing*, PID, Tembakau, QOS

DEVELOPMENT OF TOBACCO DRYER DEVICE WITH PID CONTROL USING IOT-BASED TEMPERATURE SENSOR

Abstract: The application of technology and digitalization in the agricultural sector is currently growing. This aims to increase agricultural productivity as well as the processing of tobacco agricultural products. One of the stages of tobacco processing is the drying process which uses the flue curing method, namely flowing the hot steam from the heater into the oven using manual temperature settings. In this research, a prototype of an automatic tobacco dryer was developed using the concept of the flue curing method which is controlled by a PID control system and leaf maturity using a color sensor. Based on the results of the PID modeling, the variables $K_p = 0.3506$, $T_i = 0.002504$, $T_d = 11.14$ were then tested in simulink simulation and direct application to devices with different temperature parameters, namely 40°C, 50°C, 60°C, 70°C. Read rate of the TCS3200 color sensor obtained from the results of the mapping step assistance reading the distance between the sensor and the leaves around 1 cm with the successful reading of various leaf color groups and sending data on the device to the server (firebase and google spreadsheet) using quality of service (QOS) analysis obtained throughput results of 2774 kb, 1% packet loss, 473.82 ms latency, and 474.12 ms jitter. In processing the PID device has a working system that matches the expected characteristics of the flue curing method. Then the TCS3200 color sensor can distinguish when the tobacco leaves are ripe and not ripe by reading the rgb value during processing that runs automatically. The TCS3200 color sensor not only reads the color of the leaves, but can make the oven stop when there is an indication that the leaves are ripe to prevent over heating during heating. This entire system can be used automatically making it easier for operators to make arrangements for sanctions on reductions.

Keyword : Flue curing, PID, Tobacco, QOS

1. Pendahuluan

Minimnya petani di Indonesia akan literasi terutama pada literasi data dan digital serta penggunaan teknologi seperti internet sehingga pertanian di Indonesia sebagian

besar berfokus pada hasil produksi. Data dari BPS menyebutkan bahwa pada tahun 2018 masih terdapat 63.971 petani yang belum menggunakan internet dan kutai

kartanegara memiliki jumlah terbesar yaitu sekitar 22.815 petani yang belum menggunakan internet. Pertanian pada sektor tembakau juga memerlukan tenaga kerja hampir tiga kali lipat seperti kegiatan pertanian lainnya dengan tujuan untuk mendapatkan produksi tembakau berkualitas yang baik terutama faktor tanah, iklim, pemupukan dan teknik pengolahan khususnya pada teknik pengeringan. Di era industri sekarang, teknologi disektor pertanian memiliki berbagai macam keuntungan dan kemudahan bagi petani milenial. Salah satu bentuk teknologi dibidang digitalisasi yaitu internet sangat berkembang pesat, maka dilakukanlah pengembangan disektor pengeringan dengan pembuatan prototipe perangkat pengering tembakau berbasis IoT yang dikendalikan oleh mikrokontroler dengan sistem kontrol PID yang berfungsi untuk mengendalikan panas dari oven. Perangkat pengering yang dibuat terdapat fitur apabila perangkat pengering mati ketika sudah dinyalakan berarti menandakan sensor warna telah mendeteksi adanya perubahan warna coklat pada daun tembakau yang dapat dilihat dengan aplikasi android. Aplikasi android juga terdapat fitur datalogger dan data realtime yang terhubung dengan server sehingga dapat memudahkan petani untuk melakukan monitoring dan kendali.

2. Tinjauan Pustaka

Dalam penyusunan pada tugas akhir terdapat jurnal – jurnal dari penelitian yang berhubungan dengan penelitian sebelumnya. Maka dibuatlah tabel yang berisikan *state of art* dengan tujuan sebagai pembeda dari penelitian sebelumnya.

Tabel 1 Kajian penelitian terkait

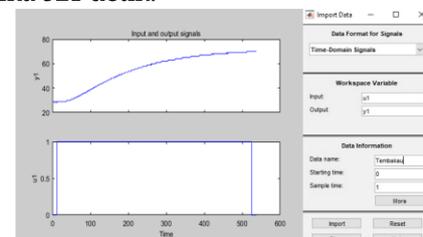
No	Judul	Tempat dan Tahun	Metode Dan Hasil
1	Rancang Bangun Alat Pengovenan Tembakau Otomatis Berbasis Metode Flue Curing	Universitas Stikom Surabaya Fakultas Teknologi Dan Informatika Jurusan Teknik Komputer 2019	<ul style="list-style-type: none"> • Metode menggunakan persamaan <i>long array</i> dalam pemrosesan pengovenan <i>flue curing</i> • Tolak ukur acuan berdasarkan suhu dan kelembapan menggunakan sensor DHT11 pada udara ruangan oven
5	Sistem Monitoring dan Controlling Pengering Tembakau Rajangan	Universitas Widyagama Malang, Indonesia Fakultas Teknik Jurusan	<ul style="list-style-type: none"> • Metode ini menggunakan <i>fuzzyfication, fuzzy rule base, dan defuzzycation</i> dalam mengendalikan output heater dan <i>input</i> sensor suhu

	dengan Metode Fuzzy	Teknik Elektro 2022	DS18B20 serta sensor load cell <ul style="list-style-type: none"> • Menganalisa nilai output error suhu, PWM volt, ,PWM heater, dan berat pada perangkat
6	Automatic Tobacco Dryer Refrigeration System Optimization Using PLC and SCADA	Politeknik Negeri Semarang Jurusan Teknik Elektro 2022	<ul style="list-style-type: none"> • Metode yang diterapkan menggunakan sistem refrigerasi pada pengolahan tembakau dengan komunikasi kendali SCADA • Analisa berdasarkan berat tembakau (sebelum/sesudah dikeringkan) dan kelembapan (sebelum/sesudah dikeringkan)

3. Metode dan Pemodelan

a) Identifikasi sistem

Proses pengambilan sampling data sensor suhu DS18B20 dari hasil output pada heater tanpa menggunakan sistem PID berdasarkan hasil lapangan kemudian menginputkan ke *matlab* berdasarkan *time domain data* sehingga membentuk sinyal diskrit rentang suhu 30°C - 70°C dengan waktu selama 521 detik.



Gambar 1 Hasil import data excel ke matlab berdasarkan time plot

Setelah menginputkan data ke *matlab* kemudian mencari pemodelan untuk plant identifikasi yang menggunakan sistem *polynomial model* dengan struktur OE (output error) didapatkan rumusan persamaan sistematis *transfer function model structure*

$$Y(s) = \frac{num(s)}{den(s)} u(s) + e(s)$$

$$Y(t) = [B(z) / F(z)] u(z) + e(z)$$

$$y = [B/F]u + e$$

Dengan polynomial order $n_b=1$, $n_f= 2$, dan $n_k=1$ memiliki persamaan yaitu,

$$n_b = B(q) = b_1 + b_2(q) - 1 + \dots + b_{n_b}(q) - n_b + 1$$

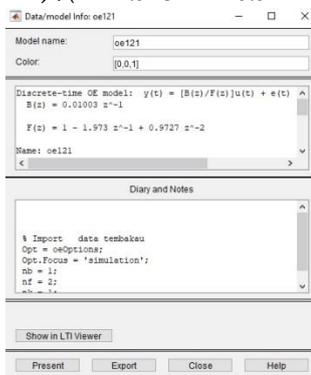
$$n_f = F(q) = 1 + f_1(q) - 1 + \dots + f_{n_f}(q) - n_f$$



Gambar 2 Bentuk model polinomial

Didapatkan parameter model dari *discrete time* dari *polynomial models* dengan struktur OE (ouput error) dengan persamaan diperoleh hasil polinomial,

$$Y(z) = [(0.01001 z^{-1}) / (1 - 1.973z^{-1} + 0.9727z^{-2})] u(z) + e(z)$$

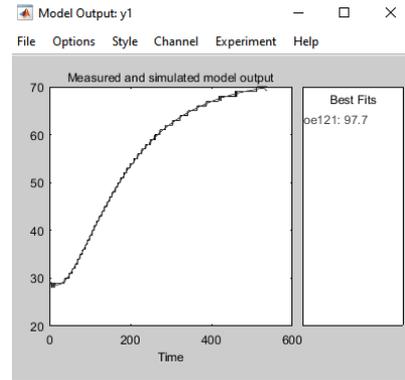


Gambar 3 Parameter model

Keterangan :

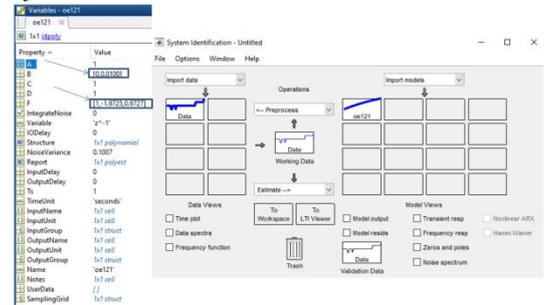
- n_b =Urutan polinomial $B(q)+ 1$, yang setara dengan panjang polinomial $B(q)$.
- n_f =Urutan polinomial F.
- n_k =Keterlambatan input, dinyatakan sebagai jumlah sampel n_u adalah matriks n_y oleh n_u . Penundaan muncul sebagai angka nol terdepan dari polinomial B.
- n_y = jumlah output
- n_u = jumlah input
- E(s)= nilai error
- U(s)= nilai input
- Y(s)= hasil output
- B(z)=numerator dari persamaan polinomial model
- F(z)=denominator dari persamaan polinomial model

Kemudian pada hasil *output polynomial models* diperlukan regresi linear dalam menganalisa garis lurus / garis regresi pada data berupa grafik sinyal yang telah diinputkan dengan tujuan meminimalisir kesalahan kuadrat pada garis dan titik – titik data dengan memanfaatkan nilai ketepatan (*best fits*) dari hasil *model output* pada *system identification* dengan diperoleh nilai 97,7 dari 100.



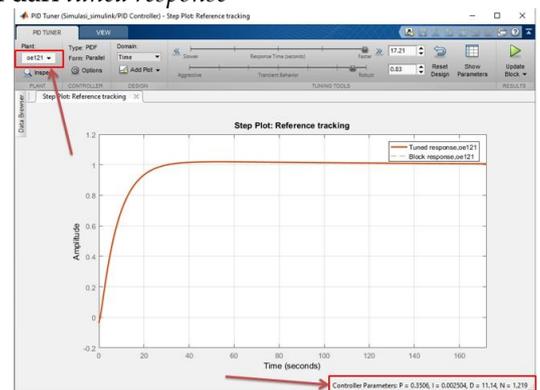
Gambar 4 Hasil model output polinomial

Hasil perhitungan matematis matlab dengan memasukan persamaan diatas ke *workspace* pada menu *system identification toolbox* didapatkan perhitungan *numerator* [0.01001] dan *denominator* [1 -1.9725 0.9727] dari hasil *polynomial models*



Gambar 5 Hasil dari sistem identifikasi numerator dan denominator

Dari hasil dari *workspace* kemudian memasukan plant dari pemodelan sistem sebelumnya yaitu OE *output error* dengan polinomial order $n_b=1$, $n_f= 2$, dan $n_k=1$ *PID tuner* pada matlab diperoleh $K_p = 0.3506$, $T_i = 0.002504$, $T_d = 11.14$ dari *tuned response*



Gambar 6 PID tuning simulink

- a) QOS (Quality of service)
- a) Analisa pengiriman data perangkat ke cloud server

Dalam menganalisa pengiriman data terdapat parameter *Quality of Service* berdasarkan TIPHON (*Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Network*) terdiri dari *throughput*, *packet loss*, *latency*

dan jitter yang setiap masing mempunyai tabel kategori seperti berikut

Tabel 2 Kategori throughput

Kategori	Range (bps)	Indeks
Sangat bagus	>2,1 mbps	4
Bagus	700 – 1200 kbps	3
Sedang	338 – 700 kbps	2
Jelek	0 – 338 kbps	1

Tabel 3 Kategori Packet loss

Kategori	Range (%)	Indeks
Sangat bagus	0 %	4
Bagus	3%	3
Sedang	15%	2
Jelek	25%	1

Tabel 4 Kategori Latency

Kategori	Range (ms)	Indeks
Sangat bagus	<150 ms	4
Bagus	150 – 300 ms	3
Sedang	300 – 450 ms	2
Jelek	>450 ms	1

Tabel 5 kategori jitter

Kategori	Range (ms)	Indeks
Sangat bagus	0 ms	4
Bagus	0 – 75 ms	3
Sedang	75 – 125 ms	2
Jelek	125 – 255 ms	1

Kemudian diperoleh pengiriman data perangkat ke firebase dan googlesheet dibantu dengan software wireshark untuk mencari nilai perolehan dari throughput (Kecepatan transfer data), delay, jitter (variasi panjang antrian delay), dan packet loss (paket yang gagal).

Measurement	Captured	Displayed	Marked
Packets	713	7 (1.0%)	—
Time span, s	333.072	131.848	—
Average pps	2.1	0.1	—
Average packet size, B	162	88	—
Bytes	115497	619 (0.5%)	0
Average bytes/s	346	4	—
Average bits/s	2774	37	—

Gambar 7 Hasil capture throughput dan packet loss

- $\text{Throughput} = \frac{\text{total byt}}{\text{time span}} \times 8\text{kb}$
 $= \frac{115497}{333,072} \times 8 \text{ Kb}$
 $= 2774\text{kb}$
- $\text{Packetloss} = \frac{\text{packet dikirim} - (\text{Packet dikirim} - \text{paket diterima})}{\text{packet dikirim}} \times 100$
 $= \frac{713(713-7)}{713} \times 100$
 $= 0,0098 \times 100$
 $= 0,98\% \sim 1\%$

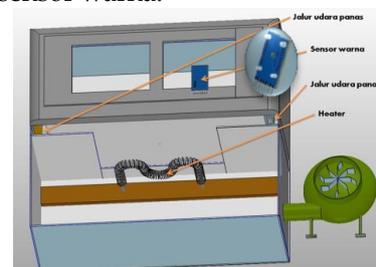
Gambar 8 Hasil export data latency dan jitter

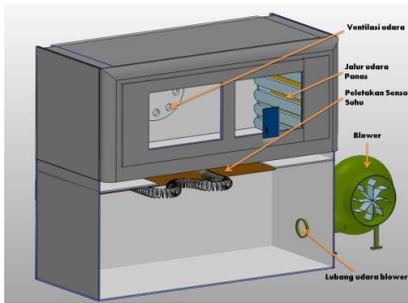
- $\text{Total variasi latency} = (\text{delay } 2 - \text{delay } 1) + (\text{delay } 3 - \text{delay } 2) + \dots + (\text{delay } n - \text{delay } (n - 1))$
 $= 337,8352668 \text{ s}$
- $\text{Rata rata latency} = \frac{\text{Total delay}}{\text{Total paket yang diterima}}$
 $= \frac{337,8352668}{713}$
 $= 0,473822254 \text{ s}$
 $= 473,82 \text{ ms}$
- $\text{Total variasi jitter} = (\text{jitter } 2 - \text{jitter } 1) + (\text{jitter } 3 - \text{jitter } 2) + \dots + (\text{jitter } n - \text{jitter } (n - 1))$
 $= 337,791974 \text{ s}$
- $\text{Rata rata jitter} = \frac{\text{Total Variasi Delay}}{\text{Total paket yang diterima} - 1}$
 $= \frac{337,791974}{712}$
 $= 0,474121769$
 $= 474,12 \text{ ms}$

3.2 Perancangan perangkat

a) Desain perangkat

Bentuk prototipe pada pengering tembakau menggunakan oven roti yang terbuat dari bahan besi tipis (seng) yang dimodifikasi kemudian dipasangkan sensor suhu DS18B20 dekat heater bertujuan untuk meningkatkan keakurasian pembacaan suhu lalu menyesuaikan peletakan daun agar memudahkan pembacaan sensor warna.

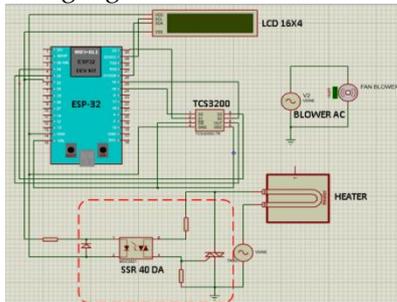




Gambar 9 Bentuk rancangan 3d perangkat pengering

b) Skema rangkaian

Berikut adalah skema rangkaian dari alat Pada skema rangkaian alat pengering terdapat ESP32 sebagai mikrokontroler yang menghubungkan heater melalui SSR, LCD, sensor warna TCS3200, dan sensor suhu DS18B20. Blower berfungsi sebagai membantu sirkulasi udara pada ruangan oven perangkat pengering tembakau yang menggunakan tegangan AC 220V



Gambar 10 Skema rangkaian alat pengeringan tembakau

4. Hasil dan analisa

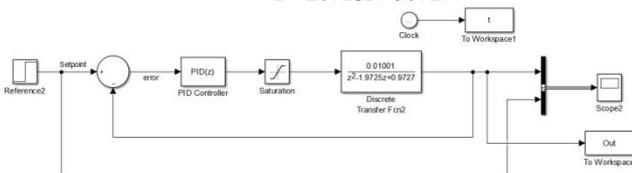
a) Uji coba parameter PID pada simulink

Dari perolehan parameter PID kemudian disimulasikan ke dalam simulink agar mengetahui hasil pemodelan berupa output sinyal *step response* pada sistem dari scope sebelum di terapkan pada perangkat pengering tembakau dengan dengan melihat *overshoot*, *settling time*, *risetime*, dan *steady state error*. Pada pemodelan sistem *plant* yang akan disimulasikan yaitu menggunakan format fungsi *discrete transfer function*

$$H(z) = \frac{num(z)}{den(z)} = \frac{num_0z^m + num_1z^{m-1} + \dots + num_m}{den_0z^n + den_1z^{n-1} + \dots + den_n}$$

Dimana m+1 dan n+1 adalah jumlah koefisien pembilang dan penyebut. Nilai awal keadaan fungsi transfer ditetapkan ke nol dengan *numerator* [0.01001] dan *denominator* [1 -1.9725 0.9727] maka didapatkan fungsi alihnya

$$H(z) = \frac{0.01001}{z^2 - 1.9725z + 0.9727}$$



Gambar 11 Model PID controller simulink

Dari hasil model PID controller close loop yang disimulasikan pada simulink *setpoint* 40°C, 50°C, 60°C, 70°C, dengan melihat acuan hasil parameter perhitungan *overshoot*,

$$OS\% = \frac{(M - Sp)}{Sp} \times 100\%$$

rise time,

$$Tr = Tr_{90\%} - Tr_{10\%}$$

Dan steady-state error.

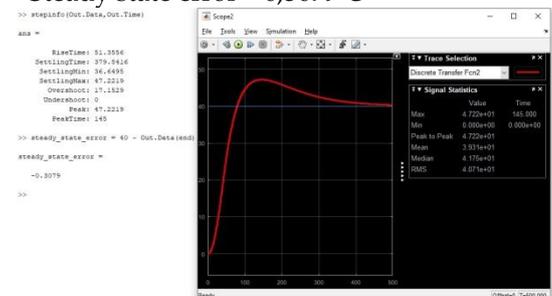
$$ESS = Sp - y(t)$$

Keterangan :

- M = nilai maksimum dari respon sistem (nilai puncak)
- SP = nilai set point (nilai target)
- T_{90%} = waktu di mana respon sistem mencapai 90% dari nilai set point
- T_{10%} = waktu di mana respon sistem mencapai 10% dari nilai set point.
- SP = nilai set point,
- y(t) = nilai output sistem pada keadaan mantap (steady-state) saat waktu t yang menuju tak terbatas.

Diperoleh grafik respon pemodelan close loop pada simulink dengan diperoleh *overshoot*, *risetime*, dan *steady-state error* pada matlab dengan perintah *command window stepinfo(output data, time)*. Pada percobaan pertama dengan *setpoint* 40°C didapatkan nilai dari respon sistem yaitu

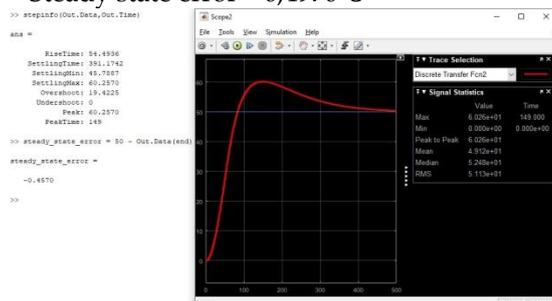
- *Overshoot* = 17,15%
- *Rise time* = 51,35s
- *Steady state error* = 0,3079°C



Gambar 12 Output scope pada simulink dengan setpoint 40°C

Pada percobaan kedua dengan *setpoint* 50°C didapatkan nilai dari respon sistem yaitu

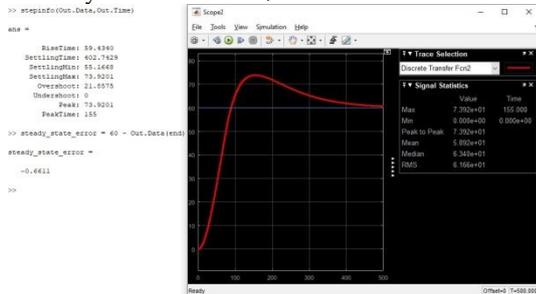
- *Overshoot* = 19,43%
- *Rise time* = 54,49s
- *Steady state error* = 0,4970°C



Gambar 13 Output scope pada simulink dengan setpoint 50°C

Pada percobaan ketiga dengan setpoint 60°C didapatkan nilai dari respon sistem yaitu

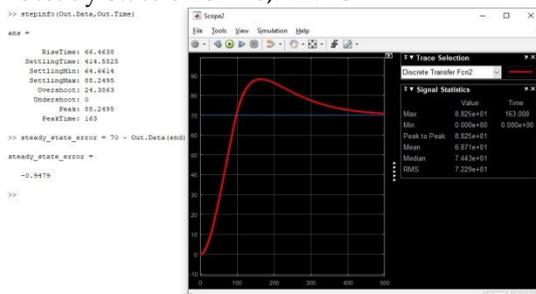
- Overshoot = 21,65%
- Rise time = 59,43s
- Steady state error = 0,4411°C



Gambar 14 Output scope pada simulink dengan setpoint 60°C

Pada percobaan keempat dengan setpoint 70°C didapatkan nilai dari respon sistem yaitu

- Overshoot = 24,34%
- Rise time = 46,46s
- Steady state error = 0,9479°C



Gambar 15 Output scope pada simulink dengan setpoint 70°C

b) Uji coba PID pada perangkat pengering

Untuk mengetahui tingkat kestabilan dari respon sistem pada parameter PID dengan cara membuat percobaan yang sama dengan setpoint 40°C, 50°C, 60°C, 70°C Hasil uji coba yang pertama menggunakan setpoint 40°C pada parameter overshoot, rise time, dan steady-state error.

- Overshoot,

$$OS\% = \frac{(M - Sp)}{Sp} \times 100\%$$

$$= \frac{(46.88 - 40)}{40} \times 100\%$$

$$= 18.36\%$$

- rise time,

$$Tr = Tr_{90\%} - Tr_{10\%}$$

$$= 42 - 20$$

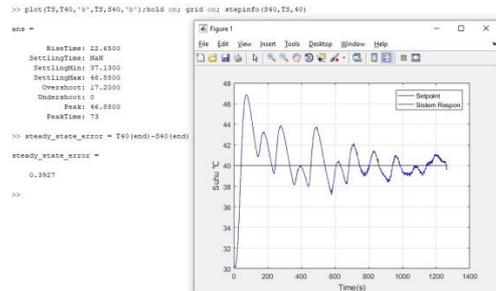
$$= 22s$$

- Error

$$ESS = Sp - y(t)$$

$$= 40 - 39.6073$$

$$= 0.3927\text{ °C}$$



Gambar 16 Grafik respon ketika 40°C

Hasil uji coba yang kedua menggunakan setpoint 40°C pada parameter overshoot, rise time, settling time, dan steady-state error.

$$OS\% = \frac{(M - Sp)}{Sp} \times 100\%$$

$$= \frac{(57.5 - 50)}{50} \times 100\%$$

$$= 15\%$$

- rise time,

$$Tr = Tr_{90\%} - Tr_{10\%}$$

$$= 59 - 24$$

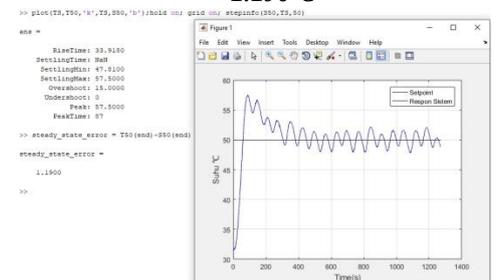
$$= 35s$$

- Error

$$ESS = Sp - y(t)$$

$$= 50 - 48.81$$

$$= 1.190\text{ °C}$$



Gambar 17 Grafik respon ketika 50°C

Hasil uji coba yang ketiga menggunakan setpoint 60°C pada parameter overshoot, rise time, dan steady-state error.

$$OS\% = \frac{(M - Sp)}{Sp} \times 100\%$$

$$= \frac{(71.87 - 60)}{60} \times 100\%$$

$$= 19.7\%$$

- rise time,

$$Tr = Tr_{90\%} - Tr_{10\%}$$

$$= 112 - 59$$

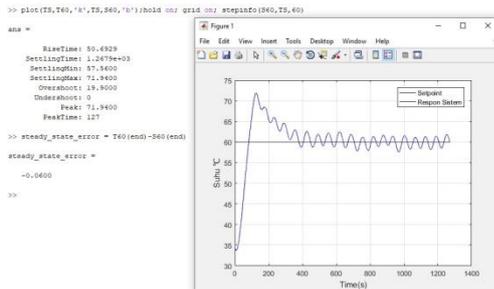
$$= 53s$$

- Error

$$ESS = Sp - y(t)$$

$$= 60 - 59.94$$

$$= 0.060$$



Gambar 18 Grafik respon ketika 60°C

Hasil uji coba yang keempat menggunakan *setpoint* 70°C pada parameter overshoot, rise time, dan steady-state error.

$$OS\% = \frac{(M - Sp)}{Sp} \times 100\%$$

$$= \frac{(86.5 - 70)}{70} \times 100\%$$

$$= 23.57\%$$

- rise time,

$$Tr = Tr_{90\%} - Tr_{10\%}$$

$$= 139 - 62$$

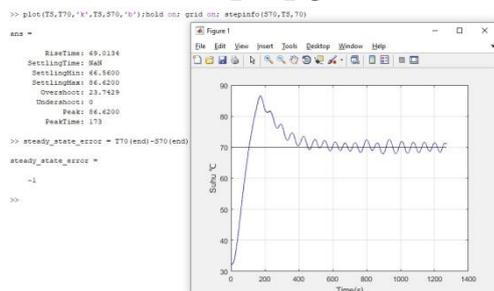
$$= 70s$$

- Error

$$ESS = Sp - y(t)$$

$$= 70 - 71$$

$$= -1 \approx 1^\circ C$$



Gambar 19 Grafik respon ketika 70°C

- c) Hasil Keluaran PID pada pengolahan tembakau

Proses pengeringan menerapkan pengolahan bertahap dari suhu awal 34°C hingga 72°C yang berlangsung selama 6 hari dengan cara kerja perangkat pengering menaikkan suhu 1°C setiap 5jam selama proses pengolahan berjalan.. Pada tahap pemanasan awal (*heating up*), suhu udara di dalam ruang curing dinaikkan secara bertahap dari suhu ruangan ke suhu sekitar 34°C sampai 41°C yang berlangsung selama 24 jam. Proses pertama dengan tujuan tembakau yang akan dikeringkan sampai daun 80% berwarna kuning.



Gambar 20 Bentuk daun tembakau hari ke 1

Hasil yang dikeluarkan pemanas pada perangkat dihari ke 2 pada daun tembakau memiliki karakteristik daun 80% berwarna kuning. Dengan menerapkan suhu sebelumnya yaitu 41°C sampai 53°C. Kemudian dilanjutkan ke Tahap pengeringan awal (*yellowing stage*). Pada tahap ini suhu udara di dalam ruang curing dinaikkan menjadi 43°C sampai 53°C selama 72 jam dengan harapan tembakau mulai berubah warna dari hijau ke kuning dan menurunkan kadar air didalam tembakau sampai tinggal 1 baris halus berwarna hijau.



Gambar 21 Bentuk daun tembakau hari ke 2

Pada hari ke 3 daun tembakau terdapat perubahan warna hijau ke kuning dengan suhu udara di dalam ruang curing sebesar 53°C hingga 49°C dengan pengolahan selama 72 jam yang kemudian dilanjutkan pada tahap ke pengeringan tengah (*coloring stage*) suhu udara di dalam ruang curing dinaikkan sekitar 53°C hingga 60°C 48 jam. Daun tembakau mulai berubah warna menjadi coklat keemasan.



Gambar 22 Bentuk daun tembakau hari ke 3

Pada hari ke 4 dengan menerapkan suhu udara di dalam ruang curing 53°C hingga 63°C daun tembakau terdapat perubahan warna menjadi coklat keemasan, namun warna coklat keemasan dari daun tembakau masih kurang merata. Maka tahap selanjutnya masih berada pada tahap pengeringan tengah (*coloring stage*) dengan waktu pengolahan yang berlangsung selama selama 48 jam.



Gambar 23 Bentuk daun tembakau hari ke 4

Pada hari ke 5 didapatkan hasil perubahan warna daun tembakau menjadi coklat keemasan yang cukup merata dari sebelumnya dan daun helai daun tembakau telah kering yang menerapkan suhu udara di dalam ruang curing 53°C hingga 63°C yang kemudian akan dilanjutkan

ke tahap berikutnya yaitu pengeringan akhir (*ripening stage*) dengan menaikkan suhu ruang curing sekitar 63°C hingga 72°C selama 24 jam



Gambar 24 Bentuk daun tembakau hari ke 5

Pada hari ke 6 daun tembakau memiliki karakteristik helai daun dan ibu tulang daun yang sangat kering yang menerapkan suhu sekitar 63°C hingga 72°C.



Gambar 25 Bentuk daun tembakau hari ke 6

4.2 Pembacaan sensor warna terhadap tembakau

Ketika hari pertama dilakukan pembacaan sensor TCS3200 ketika daun masih berwarna hijau. Dari serial monitor arduino IDE didapatkan nilai R =150 G =123 B=83.



Gambar 26 Nilai R - G - B pada objek daun hari ke 1

Pada hari kedua dilakukan pembacaan sensor TCS3200 ketika daun tembakau memiliki karakteristik daun 80% berwarna kuning didapatkan nilai R =145 G=147 B=25.



Gambar 27 Nilai R - G - B pada objek daun hari ke 2

Pada hari ketiga dilakukan pembacaan sensor TCS3200 ketika daun berwarna kuning keemasan didapatkan nilai R =211 G=206 B=98.



Gambar 28 Nilai R - G - B pada objek daun hari ke 3

Pada hari keempat dilakukan pembacaan sensor TCS3200 ketika daun berwarna kuning sedikit kecoklatan didapatkan nilai R =164 G=144 B=38.



Gambar 29 Nilai R - G - B pada objek daun hari ke 4

Pada hari kelima dilakukan pembacaan sensor TCS3200 ketika daun berwarna coklat didapatkan nilai R =206 G=158 B=57.



Gambar 30 Nilai R - G - B pada objek daun hari ke 5

Pada hari keenam dilakukan pembacaan sensor TCS3200 ketika daun berwarna coklat didapatkan nilai R =189 G=151 B=79.



Gambar 31 Nilai R - G - B pada objek daun hari ke 6

4.2 Analisa pengiriman daya dan implementasi aplikasi perangkat

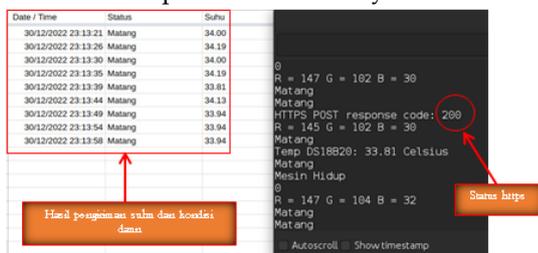
a) Hasil pengiriman data pada aplikasi perangkat

Pengiriman data pada ESP32 ke *firebase* didapatkan pada sensor suhu 33,43°C , Status pada mesin adalah "0" yang menandakan mesin pengering tembakau keadaan mati, dan warna daun telah matang pada serial monitor yang kemudian dikirimkan ke *firebase* kemudian *firebase* membaca data secara realtime.



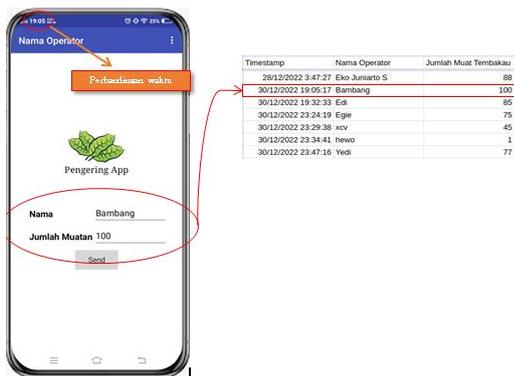
Gambar 32 Hasil pengiriman data dari ESP32 ke firebase

Hasil Pengiriman data pada ESP32 ke spreadsheet didapatkan pada sensor suhu 33,43°C, tanggal beserta jam, dan warna daun telah matang pada serial monitor yang kemudian dikirimkan ke googlesheet kemudian aplikasi dapat melihat data pada menu history record



Gambar 33 Hasil pengiriman data dari ESP32 ke googlesheet

Hasil pengiriman data dari aplikasi ke spreadsheet telah sesuai dengan waktu dan tanggal. Terdapat kolom dan tabel berisikan nama operator dan jumlah muat tembakau yang dipastikan pengiriman data nama operator dan data jumlah muat telah disesuaikan dengan aplikasi android, sehingga googlesheet menerima respon dengan baik.



Gambar 34 Menu Operator

Menu operator pada gambar(a) terdapat fitur nama operator dan jumlah muatan daun yang akan diovenkan ke dalam perangkat pengering. Pada gambar(b) tampilan menu utama dari aplikasi terdapat refrensi suhu real time yang berfungsi untuk memantau data suhu ketika oven telah berjalan. Daun tembakau dapat dilihat dari status daun dengan dinyatakan matang dan tidak matang sehingga memudahkan operator untuk melihat kondisi daun terkini. Terdapat tombol off/on dari

yang dimana berfungsi unuk menghidupkan pemanas dan mematikan ketika ada terjadinya trouble pada pemanas. Dari gambar(a) dari hasil pengolahan data dapat dilihat kembali pada menu history record yang berisikan reka jejak dari data suhu dan status daun seperti pada gambar gambar(b)



Gambar 35 (a) Menu utama



Gambar 36 (b) Menu rekam Jejak

Jika keadaan daun tembakau telah menunjukkan bewarna coklat, maka aplikasi akan mengirimkan notifikasi dan perangkat pengering akan otomatis menonaktifkan pemanas pada perangkat pengering.



Gambar 37Notifikasi ketika daun telah matang

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa,

1. PID yang diperoleh dari system identification pada matlab yang diperoleh menggunakan parameter $K_p = 0.3506$, $T_i = 0.002504$, $T_d = 11.14$. Diperoleh hasil kemudian data dibandingkan dari simulasi simulink dengan penerapan langsung pada perangkat

Tabel 6 Analisa step respon pada simulink

Set Point	40°C	50°C	60°C	70°C
-----------	------	------	------	------

Overshoot(Mp%)	17,15%	21.65%	21%	24.34%
Risetime(Tr)	51,35s	54.49s	59.43s	46.46s
error (°C)	0,307°C	0.497°C	0.49°C	0.947°C

Tabel 7 Analisa step respon pada perangkat

Set Point	40°C	50°C	60°C	70°C
Overshoot(Mp%)	18,36%	15%	19.70%	23.57%
Risetime(Tr)	22s	35s	58s	70s
error (°C)	0,3927°C	1.190°C	0.060°C	1°C

Perbedaan hasil analisa step respon dari simulasi simulink dengan hasil implementasi langsung dikarenakan adanya *blower* pada perangkat pengering tembakau, sehingga terjadinya sedikit lonjakan dan terjadinya osilasi sinyal step respon grafik pada sistem PID

2. telah matang yaitu dengan bantuan pembacaan sensor warna TCS3200. Pemrosesan dari hari pertama pengolahan hingga hari ke terakhir didapatkan hasil pemacaan dengan nilai rentang R = 186 - 193, G = 148 - 156, B = 74 - 84 ketika kondisi daun telah matang.
3. Suhu mengirim dan menampilkan data kemudian menampilkan ke android menggunakan platform pengembangan aplikasi Mit app inventor beserta bantuan penyimpanan *server cloud firebase* dan *googlespreadsheet*. Pengiriman data antara perangkat dengan *cloud server* diperoleh analisa *throughput* sebesar 2774kb dan *packet loss* sebesar 1% yang dimana tergolong kategori baik untuk *throughput* dan kategori sangat baik pada *packet loss*. Namun perolehan data *latency* dan *jitter* keduanya dalam kategori sangat jelek. diperoleh hasil nilai pengukuran 473,82 ms (*latency*) dan 474,12 ms (*jitter*) dikarenakan memang adanya kesengajaan pengaturan program delay pada *googlesheets* dengan mengirimkan data suhu dan status daun setiap 4 jam. Karena *googlesheet* berperan sebagai *datalogger*, sehingga *wireshark* mendeteksi adanya variasi-variasi panjang antrian dalam waktu pengolahan data dan waktu penghimpunan ulang paket-paket diakhir yang menunjukkan banyaknya variasi *delay* pada transmisi data jaringan, tetapi tidak mempengaruhi keterlambatan pengiriman data *realtime* pada *firebase* dan *input* data nama operator.

Referensi

1. M. Yaqub, "Rancang bangun alat pengovenan tembakau otomatis berbasis metode flue curing," STIKOM SURABAYA, Surabaya, 2019.
2. M. F. Ida, "29PENERAPAN WEB SERVICE DAN FIREBASE NOTIFICATION PADA PENGEMBANGAN SISTEM

INFORMASIPENDAFTARAN MAHASISWA BARU BERBASIS ANDROID," vol. 47, no. 4, 2021.

3. M. Rafli, S. Ardiansyah, A. M. Fikri, S. Bahri, M. N. Rozikin dan M. Kamaluddin, "Pengembangan Liniku.id Berbasis Digitalisasi Masyarakat di Sektor Pertanian dan Agrowisata," Prosiding 11th Industrial Research Workshop and National Seminar (IRWNS) / Articles, vol. 11, no. Vol 11 No 1 (2020): Prosiding 11th Industrial Research Workshop and National Seminar (IRWNS), p. 663, 2020.
4. M. Hasbi dan N. R. Saputra, "Analisi Quality Of Servis (QOS) Jaringan Internet kantor Pusat King Bukopin Dengan menggunakan Wireshark," jurnal UMJ, vol. 12, no. 2089-0256, pp. 17-23, 2021.
5. B. M. Susanto, E. S. J. Atmadji dan W. L. Brenkman, "IMPLEMENTASI MQTT PROTOCOL PADA SMART HOME SECURITY BERBASIS WEB," Jember, 2018.
6. R. B. A. P. T. O. B. M. F. CURING, "Muhamad Yaqub," Surabaya, 2019.
7. F. H. M. M. Bagus Budi Prayogo, "Journal of Electrical and Electronic Engineering-UMSIDA," Sistem Monitoring dan Controlling Pengering Tembakau Rajangan dengan Metode, vol. 6, no. SSN 2540-8658, pp. 1-19, 2022.
8. J. J. X. D. Y. L. Shunpeng Pang 1, "Intelligent Control in the Application of a Rotary Dryer for Reduction In The Over Drying Of Cut Tobacco," Journal Of Information Science and Engineering, pp. 1-15, 2021.
9. A. T. A. Y. A. P. Wahyu K Sugandi, "RANCANG BANGUN DAN UJI KINERJA ALAT PENGERING TEMBAKAU MOLE TIPE EFEK RUMAH KACA (ERK) KONSTRUKSI BAMBU," Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian dan Biosistem, vol. 7, no. e-ISSN 2443-1354, pp. 1-11, 2019.
10. M. M. B. B. V. A. J. Syahid, "Automatic Tobacco Dryer Refrigeration System," Jurnal Polimesin, vol. 21, no. e-ISSN : 2549-1999, pp. 1-7, 2022.
11. M. W. Indra Gunawan, "Implementation Internet of Things (IoTs) to Monitoring Temperature Oven Tobacco System Towards 4.0 Industry," Journal of Physics Conference Series, pp. 1-6, 2019.
12. F. W. M. H. Z. Y. F. L. W. J.-A. W. Fan He, "Performance of an Intelligent Biomass Fuel Burner as an Alternative to Coal-Fired Heating for Tobacco Curing," Pol. J. Environ. Stud., vol. 30, p. 10, 2020.
13. T. W. L. S. M. K. A. M. Zaw Lin Oo, "IoT based Weather Monitoring System Using Firebase Real Time Database with Mobile Application," International Symposium on Environmental-Life Science and Nanoscales Technology, pp. 1-6, 2019.
14. A. Kamarudin, "IoT-based Carbon Monoxide (CO) Real-Time Warning System Application in Vehicles," Journal of Physics: Conference Series, pp. 1-8, 2021.
15. P. D. S. B. T. Miss. Supriya P. Gawande, "Inventory Management System for Warehouse," Journal of International Research Journal of Engineering and Technology, vol. 06, no. e-ISSN: 2395-0056, pp. 1-5, 2019.

