

RANCANG BANGUN SISTEM KONTROL KELEMBAPAN PADA MINIATUR KUMBUNG JAMUR TIRAM MENGGUNAKAN KONTROLER PID

Rangga Arif Tri Surya

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail : ranggasurya@mhs.unesa.ac.id

Puput Wanarti Rusimanto

Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail : puputwanarti@unesa.ac.id

Abstrak

Penelitian ini fokus pada pengendalian kelembapan dari miniatur kumbung jamur tiram dengan kontroler PID yang digunakan untuk memperbaiki respon sistem agar diperoleh respon yang terbaik untuk aktuator kipas dan *mist maker*. Metode pengontrolan PID dirancang dengan mengidentifikasi *plant* menggunakan karakteristik respon sistem dengan aturan Ziegler-Nicols metode pertama untuk mendapatkan model matematis serta nilai konstanta PID. Perancangan *hardware* untuk miniatur kumbung jamur tiram ini menggunakan Arduino Mega sebagai pusat kontroler dengan memasukkan *source* PID dan PWM untuk menjaga kestabilan kelembapan *plant* yang terintegrasi dengan aktuator kipas dan *mist maker* serta sensor DHT22 sebagai pembaca kondisi kelembapan *plant*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem kontrol kelembapan pada miniatur kumbung jamur tiram berhasil dibuat. Implementasi kontroler PID pada sistem kontrol kelembapan pada miniatur kumbung jamur tiram dengan nilai respon dinamik terbaik pada saat parameter PID dengan nilai $K_p = 64.533$, $K_i = 18$ dan $K_d = 4.5$ dapat memperbaiki respon sistem dengan $E_{ss} = 0,112\%$ Maksimal *overshoot* = 4,757% $t_d = 29.18$ s, $t_r(5\% - 95\%) = 123.78$ s, $t_r(10\% - 90\%) = 92.371$ s dan $t_s(5\%) = 126,12$ s, $t_s(2\%) = 168,12$ s, $t_s(0,5\%) = 210,2$ s.

Kata Kunci: Kumbung jamur tiram, Kontrol Kelembapan, Kontroler PID, Ziegler-Nicols metode pertama, Arduino

Abstract

This study focuses on humidity control of the oyster mushroom farming house miniature with PID controller used to improve the system response to obtain the best response from the fan actuator and mist maker. The PID control method is designed by identifying the plant using system response characteristics with the Ziegler-Nicols law of the first method to obtain mathematical models and PID constants. The hardware design for this oyster mushroom farming house miniature uses Arduino Mega as a central controller by inputting PID and PWM sources to keep the plant's moisture stability that integrated with fan actuator and mist maker, also DHT22 sensor as a detector of moisture condition of the plant. The results showed that the humidity control system on the miniature of the farming house of oyster mushroom was successfully made. Implementation of PID controller on humidity control system on oyster mushroom farming house miniature shows the best dynamic response value when PID parameter indicate at the point $K_p = 64,533$ $K_i = 18$ and $K_d = 4.5$, able to improve system response with $E_{ss} = 0,112\%$ Maximum *overshoot* = 4,757% $t_d = 29.18$ s, $t_r(5\% - 95\%) = 123.78$ s, $t_r(10\% - 9\%) = 92.371$ s and $t_s(5\%) = 126.12$ s, $t_s(2\%) = 168,12$ s, $t_s(0.5\%) = 210.2$ s.

Keywords: Oyster mushroom farming house, Moist Control, PID Controller, Ziegler-Nicols' first method, Arduino

PENDAHULUAN

Jamur tiram atau dalam bahasa latin disebut *Pleurotus* sp, merupakan salah satu jamur konsumsi yang bernilai tinggi. Ditandai semakin banyaknya pelaku usaha yang membudidayakan jamur tiram untuk memenuhi permintaan pasar. Dalam proses pemebesaran jamur untuk menghasilkan tubuh buah pada kumbung sangat tergantung pada faktor fisik seperti suhu 26-18 °C dan kelembapan 80-90%, PH media tanam, aerasi (Susilawati & Budiraharjo, 2010).

Seiring berjalannya waktu petani jamur mengalami hambatan dalam melakukan pengendalian suhu dan kelembapan kumbung jamur sehingga hasil panen kurang maksimal. Ketika cuaca yang tak menentu dan terjadinya perubahan suhu dan kelembapan yang tidak menentu. Saat ini petani jamur contohnya di desa gembongan, kabupaten blitar untuk mengatasi perubahan suhu dan kelembapan hanya menggunakan cara yang manual dengan menyemprotkan air secara perlahan ke atas atau meyiram tanah yang digunakan sebagai alas kumbung. Petani hanya mengira-ngira suhu dan kelembapan dalam kumbung jamur dan belum terdapat alat ukur yang pasti.

Kondisi suhu dan kelembapan yang berfluktuasi sepanjang hari dengan cara tersebut maka kurang efektif karena memerlukan operator untuk menjaga suhu dan kelembapan secara terus menerus Higuitta, Mahendra (Higuitta dan Hendra Cordova. 2013).

Berdasarkan latar belakang masalah tersebut penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan pengendalian proporsional-integral-derivatif (PID) yang harapannya bisa menjaga kondisi kelembapan pada miniatur kumbang jamur sesuai dengan kebutuhan yang diinginkan.

KAJIAN PUSTAKA

Pengendali PID

Pengendali PID terdiri dari jumlah tiga aksi pengendalian, yaitu aksi proporsional, aksi integral dan aksi derivatif (Ogata, 2010). Persamaan output dari pengendali PID adalah,

$$u(t) = K_p \left(e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(t) dt + T_d \frac{d e(t)}{dt} \right) \quad (1)$$

dengan,

$e(t)$: Sinyal galat (*derajat, m*)

$u(t)$: Sinyal output (*V*)

T_i : Waktu integral (*s, menit*)

T_d : Waktu derivatif (*s, menit*)

K_p : Konstanta proporsional

$\frac{d e(t)}{dt}$: Turunan pertama T_d

Persamaan pengendali PID juga biasanya dinyatakan dalam bentuk paralel memiliki persamaan,

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(t) dt + K_d \frac{d e(t)}{dt} \quad (2)$$

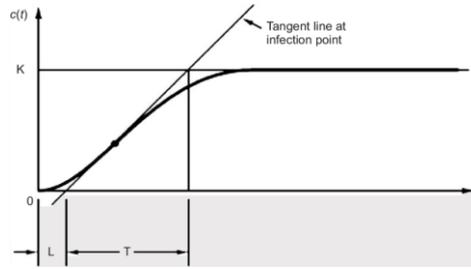
dengan,

$$K_i = \frac{K_p}{T_i}, \quad K_d = K_p T_d$$

di mana K_i adalah konstanta integral, dan K_d adalah konstanta derivatif.

Tuning Parameter Nilai PID Ziegler-Nichols Metode Pertama

Aturan Ziegler-Nichols bertujuan untuk menentukan nilai gain proporsional K_p , waktu integral T_i , dan waktu turunan T_d berdasarkan karakteristik respon transient pada *plant*. Ada dua metode pada aturan *tuning* Ziegler-Nichols yaitu metode pertama dan metode kedua (Ogata, 2010:578). Pada penelitian ini menggunakan metode pertama dengan menggunakan garis bantu untuk menentukan dua buah konstanta yaitu waktu tunda (L) dan waktu konstant (T). Berikut contoh grafik dalam menggunakan garis bantu dan tabel aturan *tuning* Ziegler-Nichols metode pertama (Karsid dan Rofan Aziz. 2015):



Gambar 1. Respon kurva step *tuning* (Sumber: Ogata, 2010)

Tabel 1. Tuning Ziegler-Nichols Berdasarkan Respon Step

Type 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

(Ogata, 2010)

Transfer fungsi $C(s)/U(s)$ dengan pendekatan sistem orde satu dengan *delay* waktu sebagai berikut :

$$\frac{C(s)}{U(s)} = \frac{K e^{-Ls}}{Ts + 1} \quad (3)$$

Sesuai dengan rumus Tabel 1 Ziegler dan Nicols untuk menentukan parameter K_p , T_i , T_d tuning kontrol PID dengan metode pertama dengan ketentuan sebagai berikut

$$G_c(s) = K_p \left(1 + \frac{1}{T_i s} + T_d s \right) \quad (4)$$

$$= 1.2 \frac{T}{L} \left(1 + \frac{1}{2Ls} + 0.5Ls \right) \quad (5)$$

$$= 0.6T \frac{(s + \frac{1}{L})^2}{s} \quad (6)$$

Arduino Mega

Arduino adalah pengendali mikro *single-board* yang bersifat *opensource*, diturunkan dari *wiring platform*, dirancang untuk memudahkan penggunaan elektronik dalam berbagai bidang. Arduino mega ini menggunakan chip ATmega 2560, memiliki Pin I/O digital, pin *input* Analog yang lebih banyak dan komunikasi serial lebih banyak dari pada Uno.



Gambar 2. Arduino Mega (Sumber : Arduino, 2018)

Sensor DHT22

Sensor DHT22 merupakan sensor yang dapat mendeteksi suhu dan kelembapan yang terdiri dari 2 bagian yaitu dari sensor kelembapan kapasitif dan thermistor. Dimana sensor ini tidak lagi memerlukan rangkaian pengendali sinyal dan ADC karena menggunakan cip mikro pengendali dengan keluaran sinyal digital (Aosong, 2012). Sensor DHT memiliki banyak variasi, salah satunya DHT22 (AM3202). DHT22 tampak seperti Gambar 3.



Gambar 3. Modul sensor DHT22
(Sumber : Aosong, 2012)

Humidifier dan Kipas DC

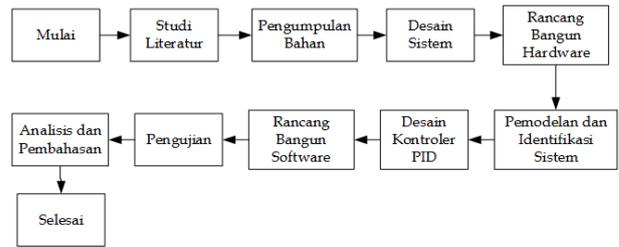
Humidifier merupakan alat pelembab ruangan yang mengubah air menjadi uap. Humidifier yang digunakan adalah *mist maker* satu mata disc 20 mm. Humidifier ini memerlukan catu daya sebesar 24VDC. *Mist maker* ini merupakan suatu alat yang bisa menghasilkan embun atau uap tidak menguap ke atas melainkan berputar-putar di sekitar mesin. Kipas DC berfungsi untuk menghembuskan embun ke kumbung untuk meningkatkan kelembapan.



Gambar 4. *Mist maker* satu mata disc 20 mm dan Kipas DC
(Sumber : Dokumen Pribadi, 2018)

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif. Pendekatan kuantitatif yaitu berpijak pada apa yang disebut dengan *funksionalisme structural, realisme, potivisme, behaviourisme* dan *empirisme* yang intinya menekankan pada hal-hal yang bersifat kongkrit, uji empiris dan fakta-fakta yang nyata (Sarwono, 2006)



Gambar 5. Diagram rancangan penelitian.
(Sumber: data primer, 2018)

Diagram alur rancangan penelitian ini terdapat pada Gambar 5. Penelitian akan dilakukan dengan studi literatur, dengan menggunakan teori-teori yang telah didapatkan penelitian akan dilanjutkan ke prosedur perancangan dan rekayasa teknik.

Perancangan Sistem

Perancangan sistem terdiri dari dua bagian awal, yaitu perancangan perangkat keras dan perancangan perangkat lunak. Rancangan perangkat keras terdiri dari bagian kerangka miniatur kumbung jamur dan bagian listrik lebih jelasnya di tunjukkan pada Gambar 6 dan Gambar 7.



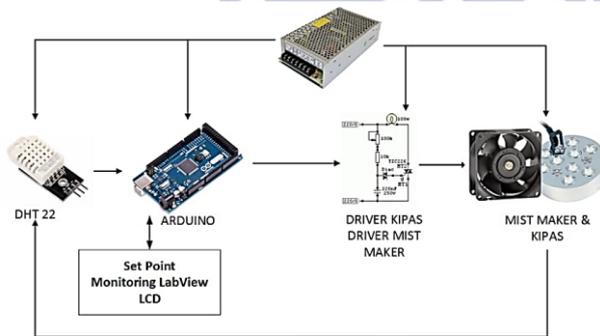
Gambar 6. Diagram arsitektur rancangan sistem
(Sumber: data primer, 2018)

Tabel 2. Spesifikasi miniatur kumbung jamur

Data Alat	Nilai	
Dinding	Panjang	1 m
	Lebar	0,7 m
	Tinggi	1,5 m
	Luas Permuakaan	6,5 m
Volume Ruang Miniatur Kumbung	10,5 m	

Data Alat	Nilai	
Kipas DC	Kecepatan Motor	4100 rpm
	Tegangan input	12 V
	Arus input	0,6 A
	Jari-jari baling	0,4 m
Humadifier	Tegangan input	24 V
	Ukuran Disc	20 mm
	Evaporasi Maksimum	0,5 L/jam

(Sumber : Dokumen Pribadi, 2018)

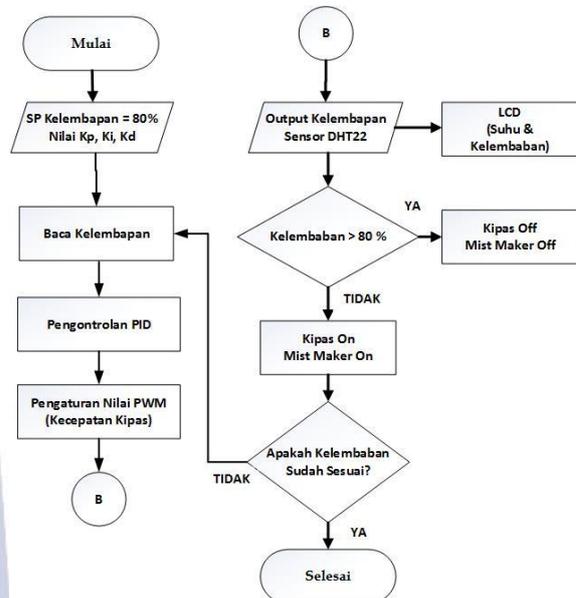


Gambar 7. Hubungan antar komponen elektrik
(Sumber: data primer, 2018)

Perancangan perangkat keras merupakan proses desain bagian-bagian penyusun dan desain mekanik serta perangkat elektronik. Dalam Dalam sistem ini menggunakan komponen penyusun dasar meliputi power supply, modul PWM kipas, mist maker dan arduino yang terhubung pada sensor DHT22 dan LCD.

Selanjutnya perancangan perangkat lunak terdiri dari komputer, set point, LabView dan tampilan monitoring. Komputer sebagai piranti pemroses data, penerima, pengirim program melalui kabel USB ke Arduino, menampilkan GUI (Graphical User Interface) dari LabView. Software LabView yang digunakan adalah jenis LabView 2014 yang sudah terintegrasi dengan Arduino untuk membuat program pengendalian suhu dan kelembapan pada miniatur kumbung jamur menggunakan kontroler PID. Tampilan monitoring berasal dari LabView yang didapat dari pembacaan sensor dengan beberapa data dalam bentuk grafik/nilai

angka serta layar LCD 16x2. di mana perancangannya mengacu pada diagram alur yang ditunjukkan pada Gambar 8



Gambar 8. Diagram alur program Arduino IDE
(Sumber: data primer, 2018)

Berdasarkan diagram alur tersebut, algoritma kerja perangkat lunak yang akan digunakan adalah pada saat pertama kali diaktifkan perangkat lunak akan melakukan inialisasi program yaitu berkaitan dengan proses internal Arduino Mega.

Gambaran umum jalannya program adalah membaca nilai suhu dan kelembapan (LCD 16X2) dari ruang miniatur kumbung jamur. Dan membandingkannya dengan nilai referensi (setpoint) kelembapan 80% kemudian menentukan dan tingkat kecepatan perputaran kipas untuk penyemprotan mist maker yang digunakan untuk proses pengabutan. Kontroler PID digunakan untuk mengendalikan tegangan yang mempengaruhi tingkat kecepatan perputaran kipas untuk penyemprotan mist maker melalui PWM berdasarkan perbandingan persentase RH set point dengan nilai yang terukur. Apabila nilai kelembapan < 80% maka secara otomatis kipas dan mist maker akan keadaan On dan akan Off apabila memenuhi nilai tersebut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Perancangan Alat Miniatur Kumbung Jamur

Hasil perancangan alat miniatur kumbung jamur terbuat dari aluminium dengan ukuran 1 m x 0,7 m x 1,5 m. Dibagian dalam miniatur kumbung jamur terdapat dua sensor DHT22 yang digunakan untuk mendeteksi kelembapan dan suhu serta sebagai umpan balik sistem.

Bagian elektrik diletakkan diluar kumbung dengan menambahkan box aluminium yang didalamnya terdapat

kontroler utama berupa arduino mega dan juga komponen-komponen pendukung lainnya antara lain *power supply*, *relay*, modul *step up* dan modul mosfet IRF53055S yang berfungsi mengatur kecepatan putar kipas yang mana membutuhkan tegangan 12 volt. Adapun hasil perancangan secara keseluruhan ditunjukkan pada Gambar 9



Gambar 9. Hasil perancangan miniatur kumbung jamur
(Sumber : Dokumen Pribadi, 2018)

Dibagian bawah kumbung terdapat *box* penghasil embun dari *mist maker* yang terdiri dari komponen-komponen yaitu satu buah *mist maker* satu mata dan kipas DC 12 volt. Fungsi kipas ini nanti yang akan menyebarkan embun yang dihasilkan *mist maker* melalui dua buah pipa yang terhubung kedalam ruang kumbung jamur yang nantinya dapat meningkatkan kelembapan kumbung jamur. Gambar 10 menunjukkan *box* penghasil embun *mist maker*.



Gambar 10. Box penghasil embun
(Sumber : Dokumen Pribadi, 2018)

Kalibrasi Sensor DHT22

Proses kalibrasi sensor dilakukan agar didapatkan nilai pembacaan nilai kelembapan yang lebih tepat setiap satuan persentase kelembapan yang terbaca dan juga mengetahui tingkat akurasi pada sensor DHT22. Kalibrasi sensor dilakukan dengan cara membandingkan data pembacaan sensor DHT22 dengan alat ukur kelembapan yaitu *hygrometer* dalam keadaan diam tanpa ada gangguan dari lingkungan sekitar. Perbandingan

antara sensor DHT22 dan *hygrometer* dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Hasil Pengujian pembacaan Sensor DHT22 dan *hygrometer*

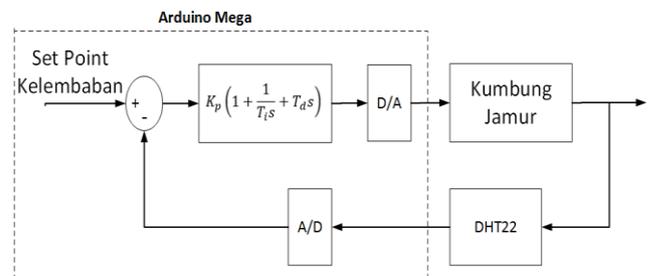
No	Sensor DHT22		Hygrometer		Selisih	
	%RH	°C	%RH	°C	%RH	°C
1.	56,2	26,25	56	26,2	0,2	0,05
2.	84,7	27,05	85	26,6	0,3	0,45
3.	75,7	31.1	76	31.3	0,3	0,2
4.	66,7	26,3	65	26.3	1,7	0
Rata-rata					0,625	0,175

(Sumber : Dokumen Pribadi, 2018)

Pemodelan, Validasi Model dan Perancangan Kontroler PID

Pada penelitian ini, fungsi alih didapatkan dengan metode *process reaction curve* atau berdasarkan karakteristik respon sistem dengan menggunakan aturan Ziegler-Nicols metode pertama. Untuk mendapatkan model *plant*, sistem dikonfigurasi dengan lup terbuka dan respon *plant* terhadap masukan sinyal step dengan cara mikrokontroler yaitu arduino mega diprogram untuk memutar kipas 100% dan *mist maker* dalam keadaan *on*.

Gambar 11 menunjukkan diagram blok kontrol kelembapan pada miniatur kumbung jamur menggunakan PID. Kelembapan di dalam miniatur kumbung jamur yang dikendalikan dengan kendali PID sehingga sinyal *error* selisih antara acuan dan *output* yang di proses diproses secara proposional, integral dan diferensial untuk menentukan sinyal kontrol yang akan diberikan ke *plant* miniatur kumbung jamur kembali. Karena sistem diproses dengan *microcontroler* maka diperlukan ADC (*analog to digital converter*) dan DAC (*digital to analog converter*) untuk mengubah sinyal analog ke sinyal digital dan sebaliknya.



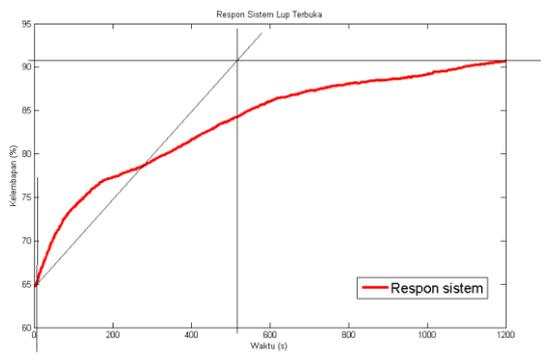
Gambar 11. Diagram blok kontrol kelembapan dengan ADC dan DAC

(Sumber : Dokumen pribadi, 2018)

Beberapa bagian dari diagram blok sistem diatas dapat dijelaskan sebagai berikut :

- a. Arduino berfungsi sebagai pusat kendali PID pada pengaturan kelembapan kumbung jamur.
- b. Kumbung jamur sebagai *plant* dalam sistem dan di dalam kumbung terdapat driver kipas dan *mist maker* sebagai aktuator
- c. Sensor DHT22 digunakan sebagai *feedback* pembacaan nilai suhu dan kelembapan di dalam kumbung jamur.

Selanjutnya didapatkan grafik respon sistem yang nantinya bisa didapatkan nilai-nilai parameter sesuai dengan aturan Ziegler-Nicols metode pertama menggunakan garis bantu untuk menentukan dua buah konstanta yaitu waktu tunda (L) dan waktu konstant (T) untuk mendesain kontroler PID pada penelitian ini adalah menemukan model matematika menentukan nilai K_p , τ_i , τ_d yang sesuai Tabel 1 dengan fungsi alih sesuai persamaan 3. Sehingga di dapat data grafik *plant* ditunjukkan pada Gambar 12



Gambar 12. Grafik respon sistem *plant* lup terbuka (Sumber : Dokumen Pribadi, 2018)

Berdasarkan data grafik pada Gambar 10 dapat dihitung parameter dari respon lup terbuka dengan $Y_{ss} = 90,67$ nilai $\tau = 484$ detik, sehingga

$$Time\ delay\ (td) = \tau \ln 2 \quad (7)$$

$$= 484 \ln 2 = 335,48\ s$$

$$Rise\ time\ (tr\ 5\% - 95\%) = \tau \ln 19 \quad (8)$$

$$= 484 \ln 19 = 1425,1\ s$$

$$Rise\ time\ (tr\ 10\% - 90\%) = \tau \ln 9 \quad (9)$$

$$= 484 \ln 9 = 1063,4\ s$$

$$Setling\ time\ (ts\ 5\%) = 3\tau \quad (10)$$

$$= 3(484) = 1452\ s$$

$$Setling\ time\ (ts\ 2\%) = 4\tau \quad (11)$$

$$= 4(484) = 1936\ s$$

$$Setling\ time\ (ts\ 0.5\%) = 5\tau \quad (12)$$

$$= 5(484) = 2420\ s$$

Gambar 12 menunjukkan bahwa *plant* model memiliki output proses (PV) berupa kelembapan yang

terus menerus membesar hingga mencapai keadaan tunak Sesuai dengan aturan Ziegler-Nicols metode pertama menggunakan garis bantu untuk menentukan dua buah konstanta yaitu waktu tunda (L) dan waktu konstant (T) sesuai sehingga didapatkan data-data sebagai berikut:

$$K = 90,67, \quad L=9, \quad T=484$$

Sehingga fungsi alih *plant* adalah

$$G(s) = \frac{90,67e^{-9s}}{484s+1} \quad (12)$$

Dari hasil data grafik respon sistem *plant* lup terbuka maka dapat dirancang kontroler PID yang sesuai dengan aturan tabel parameter Ziegler-Nicols metode pertama maka dihitung parameter K_p , τ_i , τ_d lebih jelasnya perhitungan untuk mendapatkan parameter kontroler PID pada Tabel 4 sebagai berikut :

Tabel 4. Parameter hasil penalaan dengan aturan Ziegler-Nicols metode pertama

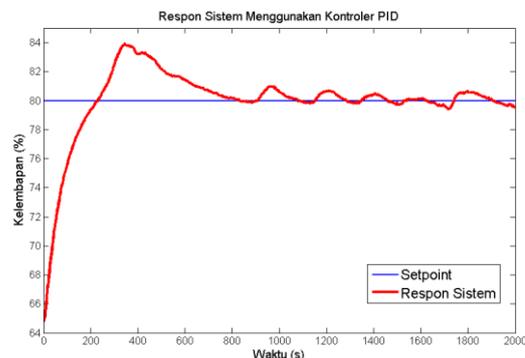
K_p	τ_i	τ_d
$1.2 \frac{T}{L}$	2L	0,5L
$1.2 \frac{484}{9}$	2 x 9	0,5 x L
64,533	18	4.5

(Sumber : Dokumen Pribadi, 2018)

Implementasi dan Pengujian Kontroler PID

Setelah mendapatkan nilai K_p , τ_i , τ_d selanjutnya adalah mengimplementasikan kontroler PID maka terlebih dahulu program di *upload* ke *microcontroller* arduino mega dan memasukkan nilai-nilai parameter PID yang sudah didapatkan dari perhitungan Ziegler-Nicols metode pertama. Pengujian pada respon sistem ril dengan beberapa metode yaitu menguji respon kontroler PID

- a. Respon Sistem Menggunakan Kontroler PID



Gambar 13. Respon sistem dengan *set point* 80 menggunakan kontroler PID (Sumber : Dokumen Pribadi, 2018)

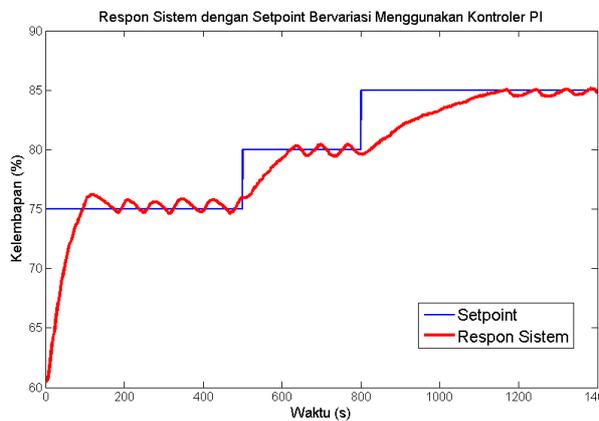
Berdasarkan Gambar 10, dapat dihitung parameter respon τ_d (Time Delay), τ_r (Rise Time), τ_s (Settling Time), Ess (Error Steady State) dengan nilai $\tau = 42,04$ detik.

Tabel 5. Parameter respon sistem menggunakan kontroler PID

Parameter Respon	Nilai
Waktu Tunda (t_d)	29,139 detik
Waktu Naik (t_r 5%-95%)	123,78 detik
Waktu Naik (t_r 10%-90%)	92,371 detik
Waktu Tunak (t_s 5%)	126,12 detik
Waktu Tunak (t_s 2%)	168,16 detik
Waktu Tunak (t_s 0,5%)	210,2 detik
Error SteadyState (Ess)	0,112 %
Maximum Overshoot	4,757 %

b. Pengujian Respon Sistem Menggunakan Kontroler PI dengan Set Point Bervariasi

Pengujian dengan *set point* bervariasi bervariasi dilakukan dengan memberikan *set point* yaitu 75, 80, 85 selama 1400 s. Respon sistem dengan *set point* bervariasi ditunjukkan pada Gambar 13.



Gambar 14. Respon sistem dengan *set point* bervariasi menggunakan kontroler PI (Sumber : Dokumen Pribadi, 2018)

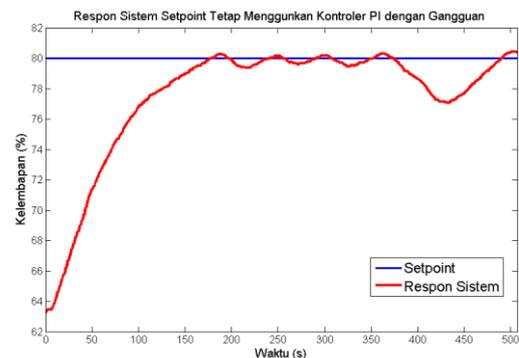
Dari Gambar 14 menunjukkan bahwa respon sistem terhadap *set point* bervariasi dengan menggunakan kontroler PI dapat mengikuti dengan adanya perubahan *set point*. Analisis respon sistem dengan *set point* bervariasi ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Analisis data hasil percobaan respon sistem dengan *set point* bervariasi

X _{ss}	Y _{ss}	Ess
75	75,323	0,430667
80	79,911	0,11125
85	84,867	0,156471

c. Pengujian Respon Sistem Menggunakan Kontroler PI dengan Gangguan

Pengujian tahap ini bertujuan untuk menguji ketahanan sistem dengan adanya gangguan. Gangguan *plant* miniatur kumbung jamur ini berupa pintu dibuka selama 20 detik. Respon sistem menunjukkan dapat kembali lagi mengikuti *set point*. Gambar 15 merupakan hasil respon pengujian sistem menggunakan kontroler PI.



Gambar 15. Respon sistem *set point* tetap menggunakan kontroler pi dengan gangguan (Sumber : Dokumen Pribadi, 2018)

Hasil Budidaya Jamur Tiram

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan bahwa kontrol kelembapan pada miniatur kumbung jamur dengan *set point* 80 % RH berhasil dilakukan terbukti dengan tumbuh dan kembangnya jamur tiram. Meskipun hasil panen jamur tiram tidak sama atau tidak merata hal tersebut dikarenakan bibit yang didapat umurnya berbeda. Gambar 16 menunjukkan baglog tumbuh jamur tiram.



Gambar 16. Baglog yang tumbuh badan buah jamur tiram (Sumber : Dokumen Pribadi, 2018)

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan data hasil yang telah diperoleh dan analisa hasil percobaan yang dilakukan dapat diambil kesimpulan bahwa perancangan dan pembuatan sistem kontrol kelembapan pada miniatur kumbung jamur tiram menggunakan kontroler PID berhasil dibuat dan sistem dapat mengikuti *set point* yang telah ditentukan.

Implementasi kontroler PID pada sistem kontrol kelembapan pada miniatur kumbung jamur tiram dengan nilai respon dinamik terbaik pada saat parameter PID mengacu pada Tabel 4 dengan nilai $K_p = 64.533$, $K_i = 18$ dan $K_d = 4.5$ dapat memperbaiki respon sistem mengacu pada Tabel 5 yaitu $E_{ss} = 0,112\%$ Maksimal $overshoot = 4,757\%$ $t_d = 29.18 s$, $t_r(5\% - 95\%) = 123.78 s$, $t_r(10\% - 9\%) = 92.371 s$ dan $t_s(5\%) = 126,12 s$, $t_s(2\%) = 168,12 s$, $t_s(0,5\%) = 210,2 s$.

Saran

Berdasarkan simpulan diatas ada beberapa saran yang dapat dilakukan untuk pengembangan sistem agar hasil lebih maksimal yaitu Menggunakan sensor yang lebih akurat dan presisi contohnya SHT11. Menerapkan sistem kendali MIMO (*Multiple input-Multiple output*) dimana melibatkan dua variabel yang dikontrol yaitu suhu dan kelembapan, Mengembangkan sistem monitoring dengan menerapkan sistem monitoring secara online atau Internet of Thing (IoT). Pengontrolan kelembapan pada miniatur kumbung jamur masih bisa dikembangkan dengan mengubah kontroler jenis adaptif, *fuzzy logic* maupun Jaringan Saraf Tiruan (JST).

DAFTAR PUSTAKA

Arduino. 2018. "Tech Specs Arduino UNO R3".(Online), (<https://store.arduino.cc/arduino-uno-rev3>, diunduh 29 April 2018).

Aosong, 2012. "Digital-output Relative Humadity & Temperature Sensor/module DHT22 (DHT22 also nmaed as AM2302). Aosong Electronic CO.,Ltd

Higuitta, Mahendra Ega dan Hendra Cordova. 2013. "Perancangan Sistem Pengendalian Suhu Kumbung Jamur dengan Logika *Fuzzy*". Jurnal Teknik POMITS. Vol 2 (2) : 2337-3539.

Karsid dan Rofan Aziz. 2015. "Perancanagan Kendali PID dengan model *Prosess Reaction Curve* pada *Showcase* Jamur Merang". Jurnal Neutrino Vol 8, No. 1.

Ogata, Katsuhiko. 2010. "Modern Control Engineering Fifth edition". New Jersey : Pearson.

Susilawati dan Budi Raharjo. 2010. "Petunjuk Teknis – Budidaya Jamur Tiram (*Pleorotus ostreatus var florida*) yang ramah lingkungan. Palembang. BPTP Sumatra Selatan.

Sarwono, Jonathan. 2006. "Metode Penelitian Kuantitatif dan Kualitatif". Yogyakarta : Graha Ilmu.

