

RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN KELEMBAPAN PADA SISTEM TANAM AEROPONIK MENGGUNAKAN KONTROLLER PID

Faishol Aziz

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

Bambang Suprianto

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

Abstrak

Aeroponik adalah cara bercocok tanam tanpa menggunakan tanah. Kelembapan ideal untuk metode penanaman aeroponik adalah sekitar 80% - 90% RH. Tujuan penelitian ini adalah menghasilkan dan mengetahui hasil pengujian sistem kontrol kelembapan pada miniatur aeroponik menggunakan kontroler PID sehingga dapat memperbaiki hasil respon kelembapan *plant* miniatur aeroponik agar tetap stabil sesuai nilai kelembapan *setpoint* yang dikehendaki. 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 yang sesuai karakteristik respon sistem. Perancangan *hardware* untuk miniatur aeroponik ini menggunakan Arduino 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 aeroponik berhasil dibuat. Implementasi kontroler pada sistem kontrol kelembapan pada miniatur aeroponik dengan nilai respon dinamik pada saat parameter PID dengan nilai $K_p = 121.4$, $K_i = 20$ dan $K_d = 5$ dapat memperbaiki respon sistem dengan $Ess = 0,046\%$.

Kata Kunci : Aeroponik, Kelembapan, PID, Ziegler-Nicols, Arduino.

Abstract

Aeroponik is the way to cultivate without using the soil. The ideal moisture for aeroponic cultivation method is about 80% - 90% RH. The purpose of this research is to produce and know the test result of humidity control test on aeroponic miniature using PID controller so that it can improve the result of humidity response of aeroponic miniature plant to remain stable according to desired setpoint humidity value. The PID control method is designed by identifying the plant using a system response characteristic with the first method of Ziegler-Nicols to obtain a mathematical model as well as the PID constant value corresponding to the system's response characteristics. The design of hardware for aeroponic miniature uses Arduino as a controller center by incorporating PID and PWM sources to maintain stability of plant moisture integrated with fan actuator and mist maker as well as DHT22 sensor as a moisture condition reader. The results showed that humidity control system in aeroponic miniature was successfully developed. Implementation of controller on humidity control system in aeroponic miniature with dynamic response value at PID parameter with value $K_p = 121.4$, $K_i = 20$ and $K_d = 5$ can improve system response with $Ess = 0,046\%$.

Keywords: *Aeroponics, Humidity, PID, Ziegler-Nicols, Arduino.*

PENDAHULUAN

Pangan merupakan salah satu kebutuhan primer yang dimiliki manusia. Bahan makanan ideal yang dibutuhkan manusia perlu mencukupi syarat 4 sehat 5 sempurna. Salah satu bagian dari syarat tersebut adalah sayuran. Untuk mencukupi kebutuhan tersebut maka diperlukan inovasi dalam mengembangkan sistem produksi sumber pangan tersebut. Salah satunya adalah dengan metode aeroponik.

Aeroponik merupakan satu cara penanaman tanaman yang menggunakan udara serta ekosistem air atau nutrisi tanpa menggunakan tanah. Kunci dari teknik

aeroponik adalah mengatur komposisi nutrisi dan waktu penyemprotan air secara tepat sesuai kebutuhan tanaman. Penerapan sistem aeroponik akan mengurangi ketergantungan ketersediaan tanah dan tidak dibutuhkan rotasi lahan. Selain itu petani dapat menanam setiap saat dan sepanjang musim, sehingga selalu ada sayuran yang dipanen setiap hari.

Dengan sistem aeroponik, ketersediaan nutrisi tanaman terjamin setiap saat dan pertumbuhan bisa optimal. Pada tanaman jenis tertentu bahkan bisa diperpendek umur panen dengan kualitas yang sama. Pertumbuhan optimal akan mempengaruhi kualitas

sayuran yang dipanen. Sistem aeroponik tidak terlalu membutuhkan tenaga kerja yang banyak, sehingga menjamin efisiensi tenaga kerja. Hasil sayuran yang diperoleh merupakan produk yang bersih karena tidak memerlukan proses pencucian. Selain itu, karena dipanen pada saat umur tanaman masih muda, daging sayur terasa lebih renyah daripada sayur hasil penanaman di tanah.

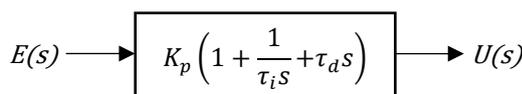
Untuk mendapatkan produk yang optimal, maka dibutuhkan kondisi lingkungan yang baik pada sistem penanaman dengan metode aeroponik ini. Beberapa unsur yang perlu dikondisikan yaitu ketersediaan nutrisi, kelembapan, suhu, dan pencahayaan. Suhu ideal untuk metode penanaman aeroponik adalah 23^o - 25^o C dan kelembapan sekitar 80% - 90% RH (Achmad, 2015).

Selama ini pada sistem aeroponik pemberian kabut nutrisi dilakukan dengan mengatur waktu penyemprotan menggunakan timer. Sehingga kelembapan yang terbentuk tidak maksimal sesuai dengan kebutuhan pada tanaman. Maka dari itu merancang dan menganalisis hasil suatu miniatur untuk mengatur kelembapan pada sistem tanam aeroponik menggunakan kontroler *Proportional-Integral-Derivative*.

KAJIAN PUSTAKA

PID

Dalam suatu sistem kendali otomatis dikenal adanya beberapa aksi pengendalian, diantaranya aksi kendali *On/Off*, aksi kendali proporsional (P), aksi kendali integral (I) dan aksi kendali differensial (D). Masing-masing aksi kendali tersebut mempunyai keunggulan tertentu. Aksi kendali *On/Off* mempunyai keunggulan waktu naik yang cepat, aksi kendali proporsional mempunyai keunggulan waktu naik yang cepat dan stabil, aksi kendali integral mempunyai keunggulan untuk memperkecil kesalahan, dan aksi kendali differensial memiliki keunggulan meredam kekurangan tanggapan atau kelebihan tanggapan. Untuk mendapatkan suatu sistem kendali dengan hasil pengendalian yang memiliki waktu naik yang cepat, kesalahan yang kecil dan kestabilan yang baik, dapat dilakukan dengan menggabungkan ketiga aksi kendali tersebut menjadi aksi kendali PID (Gunterus, 1994).



Gambar 1. Diagram Blok Kontrol PID
(Sumber : Ogata, 1985)

$$U(s) = Kp (1 + \frac{1}{\tau_{is}} + s) E(s) \tag{1}$$

$$K_p = \frac{\tau_i s}{Kx\tau^*} \tag{2}$$

$$K_i = K_p \times \frac{1}{\tau_{is}} \tag{3}$$

$$K_d = K_p \times \tau_{ds} \tag{4}$$

Keterangan :

K_p = Penguatan Proporsional

K_i = Penguatan Integral

K_d = Penguatan Derivatif

τ_{is} = Konstanta Waktu Integral

τ_{ds} = Konstanta Waktu Derivatif

U (s) = Sinyal Kendali

E (s) = Sinyal Error

Kontrol PID adalah gabungan dari tiga macam kontroler, yaitu pengontrol proporsional (*Proportional Controller*), pengontrol integral (*Integral Controller*) dan pengontrol turunan (*Derivative Controller*) (Doren V.V., 2009).

Analisis Orde Satu

Dari model matematis sebuah sistem, orde dari suatu sistem dapat dilihat dari besar pangkat variabel *s* (dalam transformasi Laplace). Suatu sistem dikatakan ber-orde satu jika fungsi alihnya mempunyai variabel *s* dengan pangkat tertinggi satu. Bentuk fisisnya bisa berupa rangkaian listrik *RC*, sistem termal, atau sistem lainnya.

Model sistem orde satu secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{K}{\tau s + 1} \tag{5}$$

Untuk menentukan parameter *K (Gain Overall)* jika sistem linier, maka hubungan *Y_{ss}* dengan *X_{ss}* dapat dituliskan sebagai berikut :

$$K = \frac{Y_{ss}}{X_{ss}} \tag{6}$$

Keterangan :

X_{ss} = Setpoint

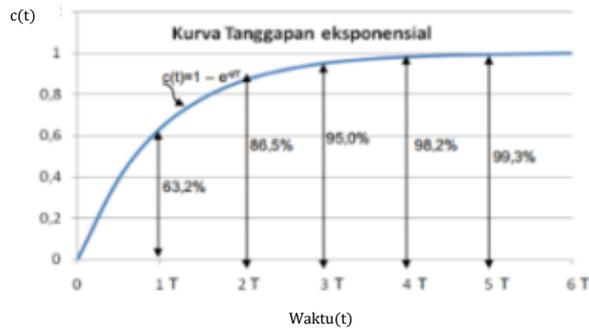
Y_{ss} = Hasil Respon

Untuk menentukan konstanta waktu (*τ*) dapat dihitung melalui respon keluaran sistem ketika mencapai 63,2% dari hasil akhirnya (*c(t)*) dimana *t = τ* dan dapat dihitung sebagai berikut.

$$C(\tau) = 0.632 \times Y_{ss} \tag{7}$$

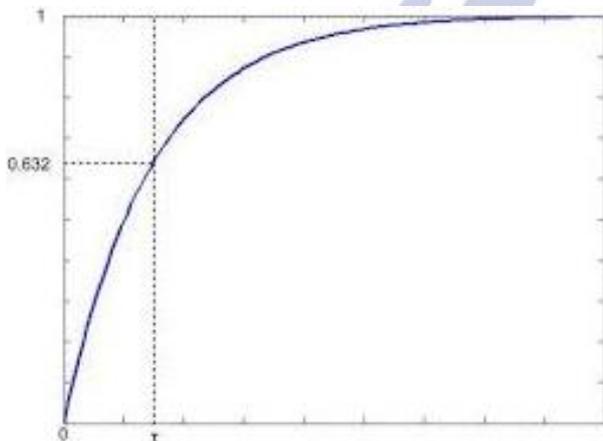
Keterangan :

C(τ) = Keluaran Sistem ketika 63,2% dari hasil akhir.



Gambar 2. Kurva Tanggapan Eksponensial Orde Satu
(Sumber : Ogata, 1985)

Berdasarkan respon sistem masukan step dibedakan menjadi 2 yaitu; 1) Karakteristik respon Transien, 2) Karakteristik respon keadaan tunak (*Steady State*).



Gambar. 3 Kurva Waktu Orde Satu
(Sumber : Ogata, 1985)

Karakteristik Respon Transien terdapat spesifikasi praktis pada respon ini sebagai berikut :

Waktu Tunak (*Settling Time*) = Ukuran waktu yang menyatakan respon sistem telah masuk pada daerah stabil.

$$ts(\pm 5\%) = 3 \cdot \tau \quad (8)$$

$$ts(\pm 2\%) = 4 \cdot \tau \quad (9)$$

$$ts(\pm 0.5\%) = 5 \cdot \tau \quad (10)$$

Waktu Naik (*Rise Time*) = Ukuran waktu yang menyatakan bahwa respon sistem telah naik dari 5% ke 95% atau 10% ke 90% dari respon keadaan waktu tunak.

$$tr(10-90\%) = \tau \ln 9 \quad (11)$$

$$tr(5-95\%) = \tau \ln 19 \quad (12)$$

Waktu Tunda (*Delay Time*) : Waktu yang dibutuhkan respon mulai $t = 0$ sampai respon mencapai 50 % dari respon *steady state*

$$td = \tau \ln 2 \quad (13)$$

Karakteristik Respon *Steady State* = Respon *steady state* diukur berdasarkan error relatif pada keadaan *steady state*

$$Ess\% = \frac{X_{ss} - Y_{ss}}{X_{ss}} 100\% \quad (14)$$

Keterangan :

Ess % = Persen Error Steady State.

Analisis Karakteristik Sistem Orde Dua

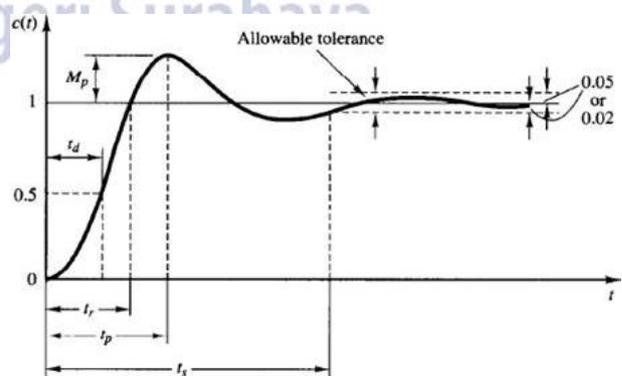
Sistem orde dua mempunyai fungsi alih dengan pangkat s tertinggi dua. Karakteristik respon waktu untuk sistem orde kedua didapatkan dengan mengamati respon sistem orde kedua terhadap sinyal uji step.

Karakteristik respon transien sistem orde kedua terdiri dari :

Spesifikasi teritis = frekuensi alami tak teredam (ω_n) dan rasio peredaman (ξ). Spesifikasi praktis = sistem pengendalian secara praktis selalu menunjukkan osilasi teredam sebelum mencapai keadaan tunaknya. Spesifikasi praktis terdiri dari : Waktu tunda (*Delay Time*) = Waktu yang dibutuhkan respon mulai $t = 0$ sampai respon mencapai 50 % dari respon *steady state*. Waktu naik (*Rise Time*): Ukuran waktu yang menyatakan bahwa respon sistem telah naik dari 5% ke 95% atau 10% ke 90% dari respon keadaan waktu tunak. Waktu puncak (*Peak Time*): Waktu yang diperlukan respon untuk mencapai puncak pertama *overshoot*. *Maximum Overshoot* : Nilai puncak (Y_p) kurva respon diukur dari satuan

$$MO\% = \frac{Y_p - Y_{ss}}{Y_{ss}} \times 100\% \quad (15)$$

Waktu Tunak (*Settling Time*) : Ukuran waktu yang menyatakan respon sistem telah masuk pada daerah stabil.



Gambar. 4 Kurva Waktu Orde Dua
(Sumber : Ogata, 1985)

DHT 22

DHT22 atau juga dikenal sebagai AM2302 adalah sensor yang dapat mengukur suhu dan kelembapan udara di sekitarnya. Sensor ini lebih akurat dan presisi dalam hal pengukuran di banding DHT11, kekurangan DHT22, harga lebih mahal di banding DHT11. Berikut ini Gambar 5 dari sensor DHT 22. (labelektronika.com, 2016)



Gambar 5. Sensor DHT 22
(Sumber : labelektronika.com, 2016)

Humidifier

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.

Alat ini dapat melembabkan ruangan dengan jangkauan 5 meter. Alat ini akan menaikkan kelembapan ruang aeroponik pada titik yang sudah ditetapkan. Gambar 6 di bawah adalah bentuk dari *mist maker*.



Gambar 6. *Mist maker* satu mata disc 20 mm
(Sumber : Data Primer, 2018)

Humidifier yang digunakan ini adalah *humidifier bottle caps* yang dijual di pasaran. *Humidifier* ini bekerja dengan tegangan 5 VDC, *humidifier* dipasang pada kepala botol air mineral yang sudah diisi air mineral sebelumnya. Alat ini menggunakan diafragma logam yang dapat bergetar pada frekuensi ultrasonik untuk menciptakan tetesan air yang keluar dari mesin *humidifier* dalam bentuk kabut dingin. Alat ini juga menggunakan *transduserpiezoelektrik* untuk membuat osilasi mekanik frekuensi tinggi dalam bentuk air, dan membentuk kabut yang sangat halus dan dengan cepat menguap ke dalam aliran udara. (Anwar, 2015)

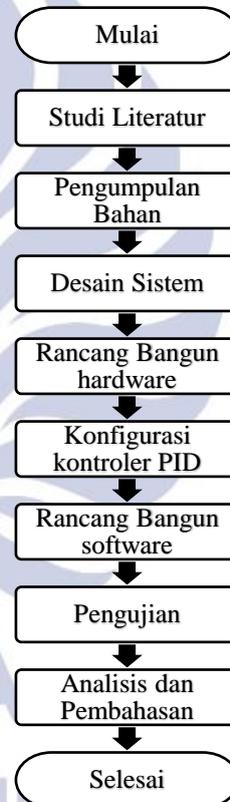
METODE PENELITIAN

Instrumen Pengumpulan Data

Instrumen adalah alat bantu yang digunakan untuk mempermudah pengumpulan data penelitian yang dilakukan secara sistematis. Instrumen pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah berupa komputer (PC) atau laptop dan perangkat lunak (*software*) Arduino IDE versi 1.6.2 yang digunakan untuk menganalisis data keluaran sensor. Pengumpulan data kuantitatif diperoleh dari serial monitor *software* Arduino IDE versi 1.6.12.

Prosedur Penelitian

Tahapan perancangan penelitian ini secara garis besar di jelaskan dalam Gambar 7.



Gambar 7. Diagram Alir Rancangan Penelitian

Studi Literatur

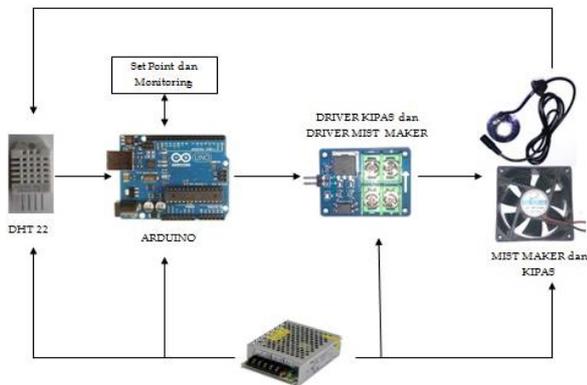
Pada tahap ini dilakukan pencarian dan pembelajaran referensi dan literatur yang dibutuhkan dalam penelitian. Referensi didapat melalui buku, jurnal, dan *website*.

Pengumpulan Bahan

Semua kebutuhan yang didapat pada tahap “Studi Literatur” dikumpulkan di tahap ini. Pembelian komponen dan peralatan yang dibutuhkan dilakukan setelah sistem selesai didesain.

Desain Sistem

Pada tahap ini dibuat desain bagaimana sistem akan beroperasi, mulai dari desain *hardware* hingga desain *software*.



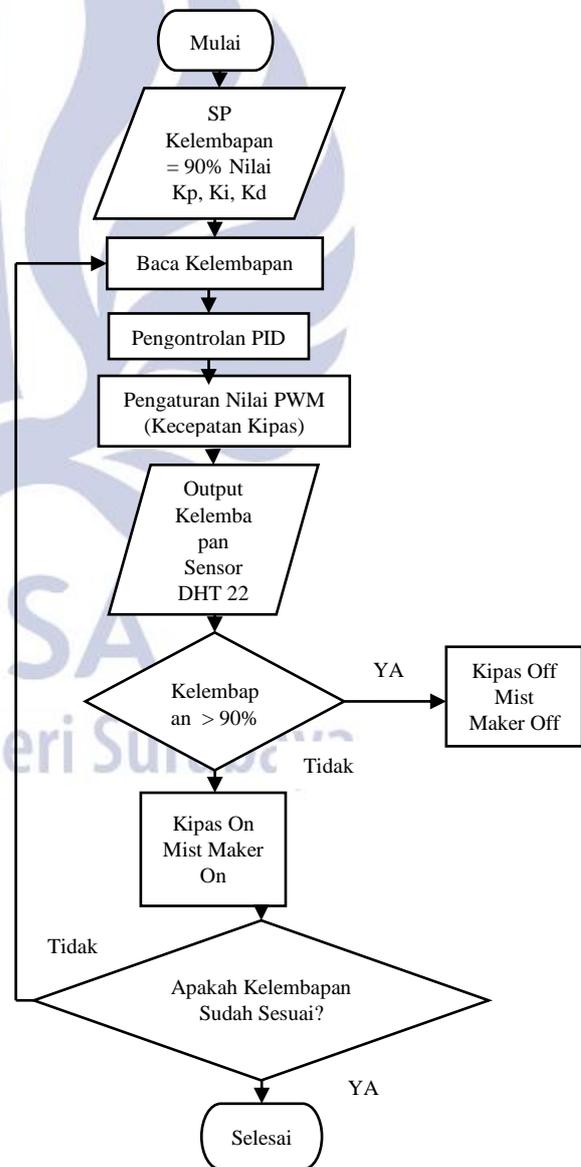
Gambar 8. Model desain sistem kontrol aeroponik

Pada Gambar 8 merupakan perancangan sistem monitoring dan pengontrolan kelembapan pada miniature aeroponik berbasis PID yang terdiri dari blok sistem yang terintegrasi menjadi satu system utuh. Pembagian blok system dibagi menjadi blok hardware dan blok pengolahan data. Pada blok hardware terdiri dari catu daya, sensor DHT 22, Arduino Uno R3, sensor kelembapan, serta driver Mist Maker, kipas dan sebagai aktuatornya adalah mist maker dan kipas. Catu daya digunakan untuk menyediakan tegangan listrik kesemua rangkaian dengan sumber listrik sebesar 220 VAC, 5VDC dan 12 VDC. DHT 22 adalah sensor temperature dan kelembapan yang akan menerima pembacaan data kondisi ruang penyemprotan akar. Hasil pembacaan sensor akan dikirim ke mikrokontroler Arduino. Arduino sebagai peranti akusisi data perantara antara computer dan aktuator pada proses pengendalian dengan tujuan membaca nilai input dan mengeset output pada digital atau analog. Driver digunakan untuk mengendalikan aktuator kipas dan mist maker. Mist maker adalah perangkat yang digunakan untuk menjalankan sistem dari driver supaya kelembapan di ruang penyemprotan akar bisa diatur.

Selanjutnya pada blok computer terdiri dari komputer, set poin, Labview dan tampilan monitoring. Komputer sebagai piranti pemroses data, penerima, pengirim program melalui kabel USB ke Arduino, menampilkan GUI (*Graphical User Interface*) dari Labview untuk pembacaan data dalam bentuk grafik. Software Labview yang digunakan adalah jenis Labview yang sudah terintegrasi dengan Arduino untuk membuat program pengendalian ruang penyemprotan akar berbasis PID. Tampilan monitoring berasal dari Labview dan layar LCD 16x2 yang didapat dari pembacaan sensor dengan beberapa data dalam bentuk grafik/nilai angka.

Perancangan Software

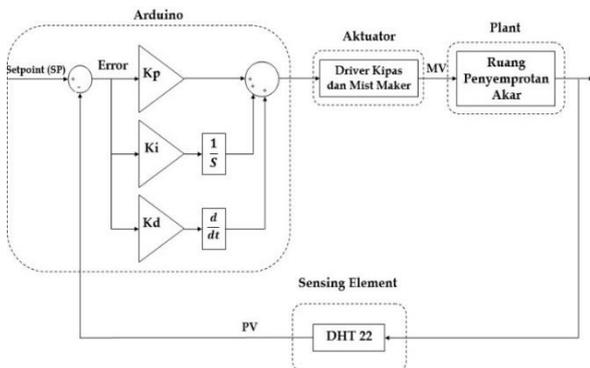
Gambaran umum jalannya program adalah membaca nilai suhu dan kelembapan (LCD 16X2) dari ruang miniatur Aeroponik. Dan membandingkannya dengan nilai referensi (*setpoint*) kelembapan 90% kemudian menentukan dan tingkat kecepatan perputaran kipas untuk penyemprotan *mist maker* yang digunakan untuk proses 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 < 90% maka secara otomatis kipas dan *mist maker* akan keadaan *On* dan akan *Off* apabila memenuhi nilai tersebut. Untuk garis besar proses jalannya program ditunjukkan melalui *flowchart* rancangan *software* pada Gambar 9.



Gambar 9. Flowchart Program

Konfigurasi Kontroler PID

Membangun kontroler PID yang sesuai dengan plant yang akan dibangun menggunakan aturan ziegler-niclos dengan cara mengambil data keluaran dari sensor DHT 22, jika error masih terlalu besar dari setpoint maka dilakukan perubahan pada kontroler Kp, Ki atau Kd sampai menghasilkan respon dengan error sekecil mungkin. Perancangan kontroler PID dilakukan menggunakan software Arduino IDE versi 1.6.12



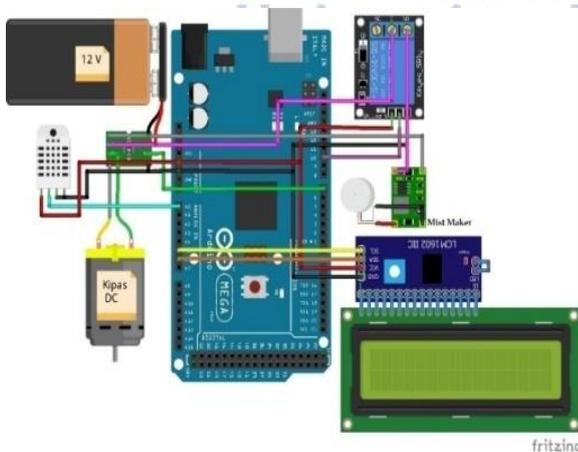
Gambar 10. Diagram blok sistem kontrol tanam aeroponik dengan PID

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

- Arduino berfungsi sebagai pusat kendali PID pada pengaturan kelembapan ruang penyemprotan akar.
- Driver kipas dan *mist maker* sebagai aktuator
- Ruang penyemprotan akar sebagai *plant* dalam sistem.
- Sensor DHT 22 digunakan sebagai *feedback* pembacaan nilai suhu dan kelembapan di dalam ruang penyemprotan akar.

Perancangan Hardware

Berikut adalah gambar desain hardware dan skema komponen yang digunakan :

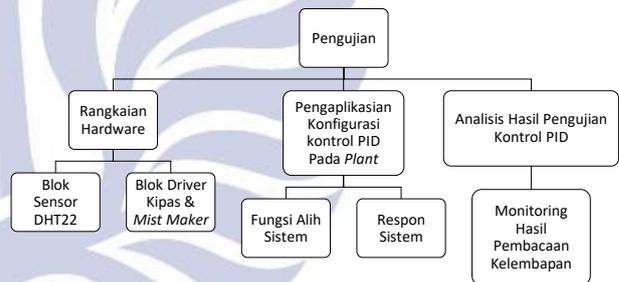


Gambar 11. Skema Rangkaian Keseluruhan Sistem

Cara kerja dari rangkaian ini ketika ada sinyal *input* berlogika 1 dari Arduino akan mengaktifkan *mist maker* kondisi *On* yang membuat *mist maker* dapat menghasilkan embun dan akan aktif sampai dengan batas kelembapan yang telah ditentukan. *Drivermist maker* ini akan *Off* apabila mendapat *input* berlogika 0 saat kelembapan terpenuhi. Disamping itu kipas akan aktif jika *mist maker* dalam kondisi *on* dan ketika menerima *input* PWM dengan kecepatan yang bervariasi tergantung pada *input* dan juga keadaan kelembapan

Pengujian Sistem

Pengujian bertujuan untuk Pada pengujian meliputi 3 tahapan yaitu 1) rancangan rangkaian *hardware*, 2) pengaplikasian konfigurasi kontrol PID pada *plant*, dan 3) analisa hasil pengujian kontrol PID. Pada rancangan rangkaian *hardware* terdiri dari blok sensor DHT22, blok *driver* kipas dan *mist maker*. Untuk pengaplikasian konfigurasi kontrol PID pada *plant* terdiri dari implementasi PID pada Arduino. Untuk analisa Hasil pengujian kontrol PID terdiri dari monitoring hasil pembacaan kelembapan. Berikut bagan pengujian sistem dijelaskan pada Gambar 12 di bawah ini.



Gambar 12. Bagan pengujian sistem

Analisis dan Perbaikan Sistem

Setelah melalui beberapa tahapan, baik perancangan *hardware*, *software*, dan melakukan pengujian, maka untuk mengetahui apakah respon dari sistem pengendalian kelembapan sudah sesuai dengan nilai *setpoint*. Dilakukan analisis data dari sensor DHT22 melalui *train monitor* pada *software* Matlab 2015. Analisis yang akan dibahas adalah cara perancangan dan cara pengaplikasian controller PID pada *plant* untuk mendapatkan hasil pengontrolan yang optimal.

Untuk mendapatkan nilai konstanta PID pada sistem dengan melakukan metode identifikasi *plant* dengan pendekatan model sistem orde satu atau orde dua. Untuk menerapkan kontrol PID maka diperlukan pengambilan data ketika pengujian sistem dengan kontrol *lup* terbuka. Model matematis yang berupa fungsi alih akan dihitung untuk mencari nilai konstanta PID yang tepat.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Perancangan Alat Miniatur Aeroponik

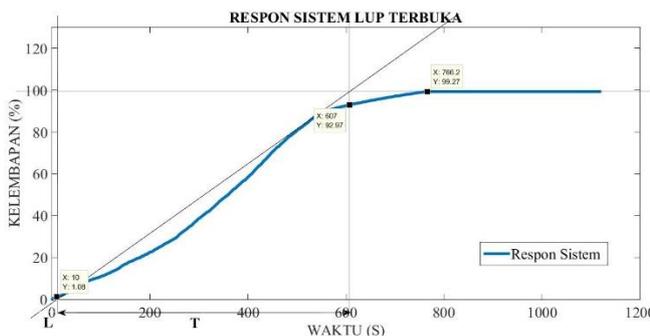
Hasil perancangan alat miniatur aeroponik dengan dimensi ukuran panjang 60cm, lebar 60cm, tinggi 120cm. Gambar dibawah ini adalah miniatur aeroponik Gambar 13



Gambar 13. hasil perancangan alat miniatur aeroponik

Pemodelan Sistem

Pemodelan sistem dilakukan menggunakan aturan Ziegler-Nicols metode pertama untuk menentukan nilai K_p , τ_i , τ_d , berdasarkan pada karakteristik respon transien dari *plant* yaitu miniatur aeroponik. Untuk mendapatkan model *plant*, sistem dikonfigurasi dengan respon *plant* terhadap masukan sinyal step dengan cara mikrokontroler yaitu arduino diprogram untuk memutar kipas 100% dan *mist maker* dalam keadaan *on*. Gambar 13 merupakan implementasi program *lup* terbuka menggunakan *software* Arduino IDE.



Gambar 14. Grafik respon sistem *plant* *lup* terbuka

Berdasarkan data grafik pada Gambar 14 dapat dihitung parameter dari respon *lup* terbuka dengan $Y_{ss} = 99,27$ nilai $\tau = 766,2$ detik, sehingga

Tabel 1. Parameter dari *lup* terbuka.

Parameter Respon	Rumus	Hasil
Time delay (τ_d)	$\tau \ln 2$	531,1 detik
Rise time ($\tau_r = 5\%-95\%$)	$\tau \ln 19$	2256 detik
Rise time ($\tau_r = 10\%-90\%$)	$\tau \ln 9$	1683 detik
Settling time ($\tau_s = 5\%$)	$3 \cdot \tau$	2298,6 detik
Settling time ($\tau_s = 2\%$)	$4 \cdot \tau$	3064,8 detik
Settling time ($\tau_s = 0.5\%$)	$5 \cdot \tau$	3831 detik

Gambar 14 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:

Tabel 2. Hasil data-data aturan Ziegler-Nicols

Y_{ss} (K)	Waktu Tunda (L)	Waktu Konstant (T)
99,27	10s	607s

Sehingga fungsi alih *plant* adalah

$$G(s) = \frac{Ke^{-Ls}}{Ts + 1}$$

$$G(s) = \frac{99,27e^{-10s}}{607s + 1}$$

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 3 sebagai berikut :

Tabel 3. Parameter hasil penalaan dengan aturan Ziegler-Nicols metode pertama.

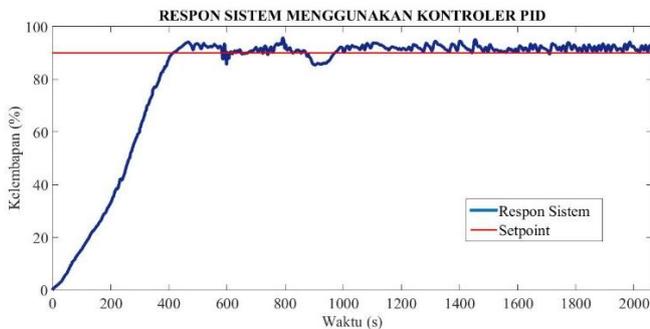
K_p	τ_i	τ_d
$1.2 \frac{T}{L}$	2L	0,5L
$1.2 \frac{607}{10}$	2×10	$0,5 \times 10$
121,4	20	5

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 dan memasukkan nilai-nilai parameter PID yang sudah didapatkan dari perhitungan Ziegler-Nicols metode pertama. Implementasi program pada arduino IDE.

Respon Sistem Menggunakan Kontroler PID



Gambar 15. Respon sistem dengan *set point* 90 menggunakan kontroler PID

Berdasarkan Gambar 15, dapat dihitung parameter respon τ_d (*Time Delay*), τ_r (*Rise Time*), τ_s (*Settling Time*), Ess (*Error Steady State*) dengan nilai $\tau = 261,2$ detik.

Tabel 4. Parameter respon PID.

Parameter Respon	Rumus	Hasil
(τ_d)	$\tau \ln 2$	181,05 detik
$(\tau_r = 5\%-95\%)$	$\tau \ln 19$	769,08 detik
$(\tau_r = 10\%-90\%)$	$\tau \ln 9$	573,1 detik
$(\tau_s = 5\%)$	$3 \cdot \tau$	783,6 detik
$(\tau_s = 2\%)$	$4 \cdot \tau$	1004,8 detik
$(\tau_s = 0.5\%)$	$5 \cdot \tau$	1306 detik
(Ess)	$4.3\% \text{ } Ess = \frac{Y_{ss} - X_{ss}}{X_{ss}} 100\%$	0,046 %
(MO)	$\frac{Y_p - Y_{ss}}{Y_{ss}} 100\%$	1,68 %

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan data hasil yang telah diperoleh dan analisa hasil percobaan yang dilakukan dapat diambil kesimpulan bahwa perancangan dan pembuatan sistem kontrol kelembaban pada miniatur aeroponik telah selesai dibuat dan sistem berkerja.

Implementasi kontroler pada sistem kontrol kelembaban pada miniatur aeroponik dengan nilai *Error Steady State* paling kecil di dapatkan oleh kontroler P yaitu $Ess = 0,006 \%$. Nilai respon dinamik pada saat parameter PID dengan nilai $K_p = 121.4$, $K_i = 20$ dan $K_d = 5$ dapat memperbaiki respon sistem yang bisa dilihat pada gambar 15.

Saran

Berdasarkan kesimpulan diatas ada beberapa saran yang dapat dilakukan untuk pengembangan sistem agar hasil lebih maksimal yaitu Menggunakan sensor selain dht 22 contoh, *soil moisture* dan *rain drop*. Serta menerapkan sistem kendali *MIMO* (*Multiple input-Multiple output*) dimana melibatkan dua variabel yang dikontrol yaitu suhu dan kelembaban. Selain itu pengontrolan kelembaban pada miniatur aeroponik masih bisa dikembangkan dengan mengubah kontroler jenis adaptif, *fuzzy logic* maupun Jaringan Saraf Tiruan (JST). Dan menambahkan sistem kendali suhu, kelembaban rumah kaca, PH, Nutrisi dan *grow light* agar bisa ditempatkan di dalam ruangan.

DAFTAR PUSTAKA

Anwar Mujadin. 2015. *Prototipe Chamber Pengaturan Suhu, Kelembaban dan Growing LED Tanaman Aeroponic*. Jakarta Selatan. AL-AZHAR INDONESIA.

Achmad. 2018. *Controlling Humidity of Nutrition Fog in Aeroponic System Using Proporsional – Integral Method*. Malang. Stt Atlas Nusantara Malang.

Doren, V.V.,. 2009. *Sorting Out PID Controller Differences*, 2, 42 – 43.

Gunterus, Frans.1994. *Falsafah Dasar: Sistem Pengendalian Proses*. Jakarta: PT. Elex Media Komputindo.

Ogata, Katsuhiko. 1985. *Teknik Kontrol Automatik jilid 1*. Terjemahan Edi Laksono. Jakarta: Erlangga.

Web:<http://www.labelektronika.com/2016/09/dht22-sensor-suhu-dan-kelembaban-arduino.html>.