

Sistem Kontrol Otomatis Pemberian Nutrisi pada Teknik Budidaya Hidroponik untuk Aplikasi di Dalam Ruangan

Kurniawan Khaeruddin Nur, Rachmad Setiawan, ST., MT., Ir. Tasripan, MT.
Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya
E-mail: kurniawan_kn@yahoo.com

Abstrak-Penerapan teknik budidaya tanaman dengan sistem hidroponik sudah banyak dikembangkan di Indonesia. Tetapi sebagian besar budidaya hidroponik tersebut masih dilakukan secara konvensional. Pada prototype ini dibuat sebuah sistem kontrol otomatis pemberian nutrisi pada teknik budidaya hidroponik untuk aplikasi di dalam ruangan (indoor). Variabel yang dikontrol secara otomatis adalah pemberian dosis nutrisi yang dibutuhkan oleh masing-masing tanaman sesuai dengan database nutrisi pada fase pertumbuhan yang berbeda-beda. Dosis nutrisi yang dimaksud adalah nilai EC (Electrical Conductivity) pada air sebagai media tanam hidroponik, serta pemberian intensitas cahaya yang tepat.

Ada beberapa teknik hidroponik yang umum digunakan. Prototype ini menggunakan teknik hidroponik NFT (Nutrient Film Technique), yaitu menggunakan aliran air (nutrient) sebagai medianya. Nilai EC dari nutrient reservoir dikontrol secara otomatis sesuai dengan nilai set point yang diberikan. Grow Light tipe LED digunakan untuk menjaga intensitas cahaya sistem pada nilai tertentu karena akan berpengaruh pada proses fotosintesis dan pembentukan klorofil pada tumbuhan. Pada nutrient reservoir dipasang sensor EC dan sensor suhu. Data hasil bacaan dari sensor EC tersebut selanjutnya diolah secara software untuk mendapatkan respon kerja kontroler PID dari 2 buah servo valve pupuk A dan pupuk B. Pupuk A dan pupuk B merupakan nutrisi yang bisa diukur secara besaran listrik menjadi nilai EC dari reservoir nutrisi.

Dari proses pengujian terhadap kontroler PID servo valve nutrisi pada sistem, didapatkan nilai $K_p = 18$, $K_d = 18$, dan $K_i = 4.5$.

Kata kunci : *Electrical conductivity, Nutrient Film Technique, Grow Light*

1. PENDAHULUAN

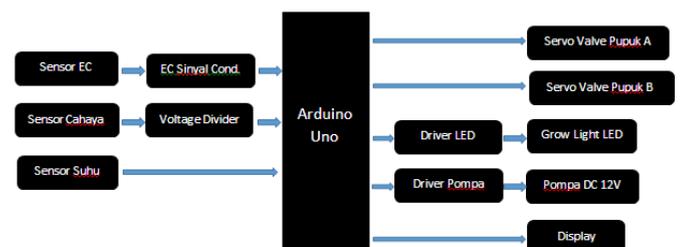
Dengan bertambahnya populasi jumlah penduduk di bumi, maka kebutuhan akan bangunan untuk tempat tinggal dan infrastruktur yang lainnya secara otomatis juga meningkat. Hal ini berdampak langsung terhadap berkurangnya luas lahan yang bisa digunakan sebagai lahan pertanian. Teknik bertanam hidroponik merupakan solusi yang tepat untuk mengatasi masalah tidak adanya lahan untuk bercocok tanam. Hidroponik merupakan teknik budidaya tanaman dengan memanfaatkan air dan tanpa menggunakan tanah sebagai media tanam. Untuk skala kecil, teknik hidroponik sangat cocok untuk dikembangkan di perumahan di daerah perkotaan yang padat penduduk. Hal ini

dikarenakan hidroponik juga bisa membantu dalam menyediakan suplai oksigen yang masih kurang apabila suplai hanya mengandalkan dari tanaman paru-paru kota. Untuk skala industri, bercocok tanam dengan teknik hidroponik memiliki beberapa kelebihan, lahan yang dibutuhkan lebih efisien, kualitas dan kuantitas produksi lebih tinggi dan lebih bersih, penggunaan pupuk dan air lebih efisien, dan pengendalian hama dan penyakit lebih mudah. Agar mendapatkan hasil tanaman yang maksimal, pemenuhan kebutuhan nutrisi pada teknik hidroponik merupakan variabel yang sangat menentukan. Setiap tanaman membutuhkan nutrisi yang berbeda-beda pada setiap fase pertumbuhan tanaman tersebut. Pembuatan *hardware prototype* ini bisa menjamin pemenuhan kebutuhan nutrisi tanaman secara tepat sesuai dengan nilai set point yang diberikan. Dengan pemberian nutrisi secara efektif pada teknik bercocok tanam hidroponik ini diharapkan dapat menghasilkan tanaman siap panen yang paling berkualitas dengan kebutuhan waktu tumbuh yang paling efisien.

2. METODE PENELITIAN

a. Perancangan Sistem

Diagram blok sistem secara keseluruhan ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Diagram blok sistem keseluruhan

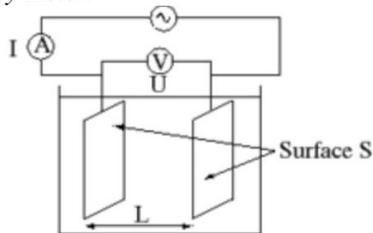
Pada sistem ini ada 3 buah sensor. Sensor EC, sensor cahaya dan sensor suhu. Sensor cahaya ditempatkan di lajur tanam hidroponik, sedangkan sensor suhu dan sensor EC diletakkan di bucket cairan nutrisi. Hasil bacaan sensor EC diolah ke rangkaian pengkondisi sinyal sebelum masuk ke program di Arduino. Keluaran Arduino digunakan sebagai perintah untuk kerja dari servo valve EC, seberapa besar servo valve EC harus membuka untuk mencapai nilai set point. Sensor cahaya menggunakan LDR untuk mengukur intensitas cahaya dari grow light LED. LDR dilewatkan ke rangkaian pembagi tegangan untuk kemudian dibaca di Arduino. Hasil dari bacaan sensor cahaya tersebut kemudian di tampilkan ke displai. Sensor suhu digunakan sebagai

rangkaian kompensasi bacaan sensor terhadap perubahan temperatur yang terjadi di sistem ini.

Driver LED digunakan untuk mengatur seberapa besar intensitas cahaya dari grow light LED sesuai dengan yang kita tentukan. Sedangkan driver pompa digunakan untuk menentukan berapa besar debit air yang akan dialirkan ke sistem.

b. Sensor EC

Electrical Conductivity (EC) meter digunakan untuk mengukur konduktivitas listrik dalam larutan, dinyatakan dalam micro siemens per centimeter (uS/cm). Pada sistem hidroponik, nilai dari EC air yang digunakan sebagai media nutrisi tanaman sangat berpengaruh terhadap kesuburan tanaman. Karena setiap tanaman pada fase pertumbuhannya memiliki karakteristik nilai EC yang ideal yang berbeda-beda, oleh karena itu nilai EC harus dijaga pada suatu nilai tertentu. Konsentrasi ion di dalam larutan berbanding lurus dengan daya hantar listriknya. Semakin banyak ion mineral yang terlarut, maka akan semakin besar kemampuan larutan tersebut untuk menghantarkan listrik. Sifat kimia inilah yang digunakan sebagai prinsip kerja *electrical conductivity* meter.



Gambar 2 Prinsip Kerja Sensor EC

Pengukuran electrical conductivity pada sistem ini menggunakan sensor konduktivitas/TDS/kadar garam yang dikeluarkan oleh depoinovasi.com, yaitu supplier robotic dan sistem otomasi dari kota Malang.

Spesifikasi sensor tersebut :

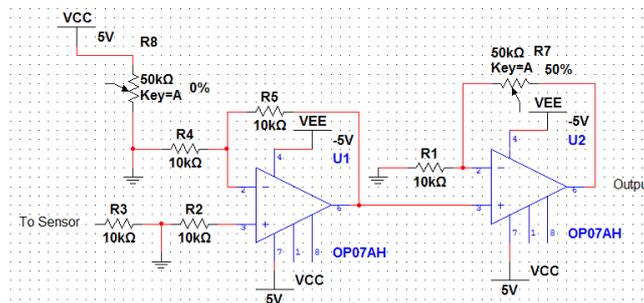
- Power supply : 5VDC
- Menggunakan elektroda stainless steel
- Output analog : 0-5 VDC
- Sensor berada dalam pipa PVC 1/2"
- Dimensi : panjang pipa 18 cm x dia 1/2"
- Berat : 150 gram



Gambar 3 Sensor EC

Pada proses pemakaiannya ke modul Arduino, sensor ini membutuhkan rangkaian amplifiier untuk menguatkan sinyalnya. Nilai range data yang akan diukur dalam sistem ini adalah antara (600 – 3000)uS. Range data tersebut merupakan data nilai EC nutrisi yang dibutuhkan oleh tanaman sayur hidroponik.

Data (600-3000) uS bila diukur menggunakan sensor ini, maka tegangan yang dihasilkan antara (2.6-3.3)V selisih tegangan 0.7V perlu diperlebar range tegangannya menjadi (0-3.3)V dengan menambahkan rangkaian berikut.

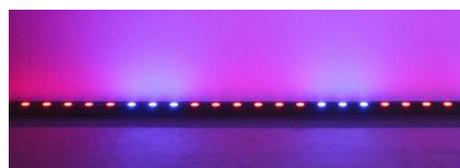


Gambar 4 Rangkaian penguatan sensor EC

c. Grow Light LED

Cahaya merupakan salah satu faktor yang diperlukan tanaman untuk tumbuh dan melakukan proses fotosintesis, sehingga penting untuk memperhatikan kebutuhannya dalam bercocok tanam, baik secara hidroponik ataupun secara konvensional. Sumber pencahayaan diperoleh dari sinar matahari, namun jika kondisi cuaca tidak memungkinkan atau ingin bercocok tanam di dalam ruangan, penggunaan grow light bisa menjadi solusinya.

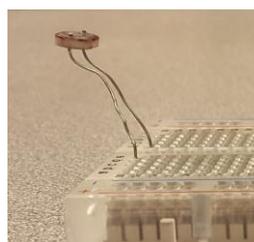
Spektrum warna yang dipancarkan oleh grow light, yang dominan dengan warna merah dan biru ternyata cocok untuk proses pertumbuhan tanaman. Tanaman lebih banyak menyerap sinar berwarna biru dengan panjang gelombang antara 440-470 nm dan sinar berwarna merah antara 640-660 nm. Spektrum warna inilah yang paling efektif bagi chlorophyl untuk melakukan fotosintesis.



Gambar 5 LED Grow Light

d. LDR

Sensor intensitas cahaya yang ada pada sistem ini menggunakan LDR yang dirangkai dengan dengan prinsip pembagi tegangan. Nilai tegangan yang di dapat pada setiap nilai-nilai intensitas matahari dikalibrasi dulu dengan Lux meter (alat mengukur intensitas cahaya).



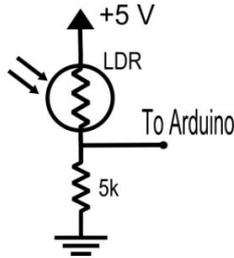
(a)



(b)

Gambar 6 (a) LDR, (b) Lux Meter

Rangkaiannya sebagai berikut :



Gambar 7 Rangkaian LDR dengan Arduino

e. Servo Valve Nutrisi

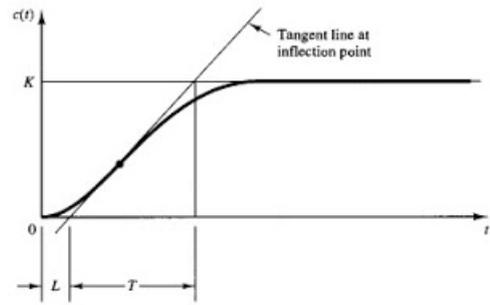
Motor servo merupakan sebuah motor dc kecil yang diberi sistim gear dan potensiometer sehingga dapat menempatkan servo pada posisi yang dikehendaki. Karena motor ini menggunakan sistim close loop sehingga posisi yang dikehendaki bisa dipertahankan. Bucket penampung nutrisi di sistem ini ada 2 buah, untuk pupuk A dan pupuk B. Perancangan hardware servo valve untuk 2 bucket nutrisi tersebut menggunakan valve manual yang dimodifikasi dengan cara dikombinasikan dengan motor servo sehingga menghasilkan servo valve.



Gambar 8 Servo Valve Nutrisi

f. Tuning PID Metode Ziegler Nichols

Hal yang sangat penting dalam desain kontroler PID ialah penentuan parameter kontroler PID supaya sistem *close loop* memenuhi kriteria performansi sistem yang diinginkan. Hal ini disebut juga dengan *tuning* kontroler. Metoda ini merupakan metoda untuk menentukan nilai proportional gain K_p , integral time T_i , dan derivative time T_d berdasarkan karakteristik respon transient dari sebuah plant atau sistem. Nilai konstanta PID diperoleh dari hasil percobaan dengan masukan unit-step, hasilnya akan terbentuk kurva berbentuk huruf S. Jika kurva ini tidak terbentuk maka metoda ini tidak bisa diterapkan. Kurva bentuk S memiliki karakteristik dengan 2 buah konstanta, yaitu waktu tunda L dan time constant T . Kedua parameter tersebut diperoleh dengan menggambar garis tangensial pada titik infleksi kurva S.



Gambar 9 Penentuan parameter L dan T

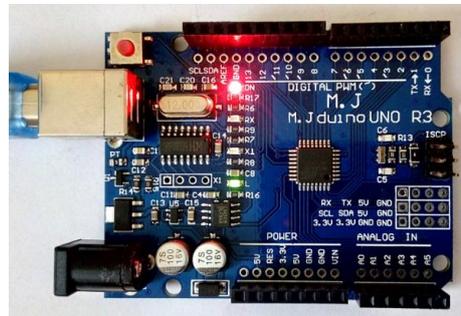
Rumus tuning PID Ziegler Nichols untuk menentukan nilai K_p , T_i dan T_d :

Type of Controller	K_p	T_i	T_d
P	$\frac{T}{L}$	∞	0
PI	$0.9 \frac{T}{L}$	$\frac{L}{0.3}$	0
PID	$1.2 \frac{T}{L}$	$2L$	$0.5L$

Gambar 10 Formula Ziegler Nichols

g. Mikrokontroler Arduino Uno

Arduino Uno adalah board sirkuit berbasis mikrokontroler ATmega328. IC (integrated circuit) ini memiliki 14 input/output digital (6 output untuk PWM), 6 analog input, resonator kristal keramik 16 MHz, koneksi USB, socket adaptor, pin header ICSP, dan tombol reset. Hal inilah yang dibutuhkan untuk mendukung mikrokontroler secara mudah terhubung dengan kabel power USB, kabel power supply adaptor AC ke DC, dan juga battery.



Gambar 21 Arduino UNO R3 ATmega328

Spesifikasi Arduino uno :

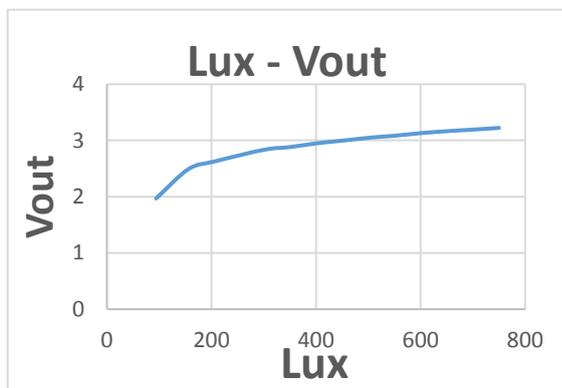
Microcontroller	ATmega328P
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limit)	6-20V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
PWM Digital I/O Pins	6
Analog Input Pins	6
DC Current per I/O Pin	20 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	32 KB (ATmega328P) of which 0.5 KB used by bootloader
SRAM	2 KB (ATmega328P)
EEPROM	1 KB (ATmega328P)
Clock Speed	16 MHz
Length	68.6 mm
Width	53.4 mm
Weight	25 g

Gambar 32 Spesifikasi Arduino uno

3 PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengujian dan Analisa Sensor Cahaya

Dari percobaan yang dilakukan menggunakan sensor intensitas cahaya (LDR) yang dibandingkan dengan lux meter yang sudah dikalibrasi terhadap beberapa kondisi dengan nilai intensitas cahaya yang dihasilkan oleh grow light LED, didapatkan grafik sebagai berikut :



Gambar 13 Grafik Nilai Lumens terhadap Tegangan Output LDR

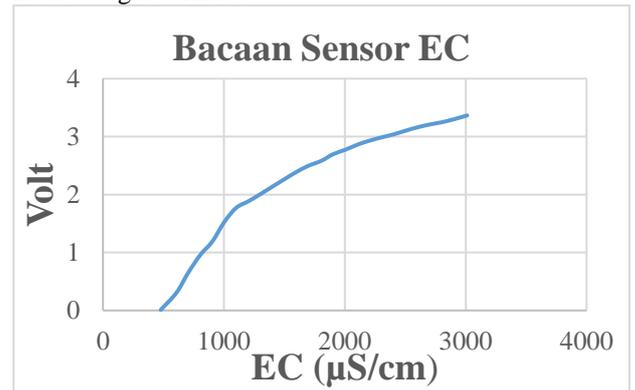
Dengan menggunakan metode polynomial regression untuk grafik di atas, maka rumus dapat diturunkan sebagai berikut :

$$F(x) = 1.351537906872881 + 0.008834045081287916x - 0.00001587092293816755x^2 + 9.98353108909e-9x^3$$

3.2 Pengujian dan Analisa Sensor EC

Pengujian dilakukan dengan memasukkan sensor EC ke dalam cairan dengan nilai EC dari 600 $\mu\text{S/cm}$ sampai dengan nilai EC 3000 $\mu\text{S/cm}$. EC cairan pengujian diukur menggunakan EC meter yang sudah dikalibrasi. Nilai output tegangan dari instrumentasi sensor EC dicatat untuk masing-masing point dengan kenaikan 100

$\mu\text{S/cm}$. Dari percobaan yang dilakukan maka didapatkan hasil sebagai berikut :



Gambar 44 Grafik Nilai EC terhadap Tegangan Output

Dengan menggunakan metode polynomial regression untuk grafik di atas, maka rumus dapat diturunkan sebagai berikut :

$$F(x) = -2.253531229102439 + 0.005385991892109253x - 0.00000196483547571226x^2 + 2.6530904495e-10x^3$$

4 KESIMPULAN

Beberapa kesimpulan yang dapat diambil setelah melakukan pengujian dari keseluruhan sistem, dan berdasarkan data yang telah didapat adalah sensor-sensor yang ada tidak semuanya memberikan respon yang linier. Grafik antara perubahan nilai EC terhadap tegangan output sensor EC tidak linier. Grafik antara perubahan nilai intensitas cahaya dengan perubahan nilai hambatan pada LDR juga tidak linier. Sedangkan grafik hasil pembacaan sensor suhu memberikan nilai perubahan output yang linier.

Pada sistem indoor hidroponik NFT ini, kemiringan lajur tanam dibuat sebesar 2% dari panjang maksimal lajur tanam, dan jarak net pot dengan grow light LED adalah 40 cm. Sensor EC dan sensor suhu ditempatkan di bucket larutan nutrisi, sedangkan sensor intensitas cahaya ditempatkan sejajar dengan lajur tanam. Debit pompa DC untuk mengalirkan larutan nutrisi bisa diatur sampai debit maksimal 3 Liter/menit. Sedangkan untuk intensitas cahaya grow light LED bisa diatur sampai intensitas cahaya maksimal sebesar 800 lumens. Servo valve nutrisi pupuk A dan pupuk B bekerja berdasarkan prinsip kontroler PID dan ditempatkan tepat di atas bucket larutan nutrisi.

Percobaan pada sistem indoor hidroponik NFT ini dilakukan terhadap tanaman bayam merah, intensitas cahaya grow light diseting pada nilai 600 lumens, nilai nutrisi diseting sesuai dengan tabel kebutuhan nutrisi, untuk minggu pertama di seting di nilai EC 850. Pada saat memasuki minggu kedua, nilai EC di seting ke nilai 1300 sesuai dengan tabel, respon servo valve bekerja dengan benar sesuai dengan logika kontroler PID nya. Begitu seterusnya sampai proses panen.

Nilai K_p , K_i dan K_d pada kontroler PID untuk kerja dari servo valve didapatkan dengan tuning menggunakan metode Ziegler Nichols.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] <http://majalahasri.com/macam-macam-teknik-hidroponik/>
- [2] <http://kaltim.litbang.pertanian.go.id/ind/index.php>
- [3] <http://gizmodo.com/the-worlds-largest-led-hydroponic-farm-used>
- [4] <http://artikel-teknologi.com/prinsip-kerja-conductivity-meter/>
- [5] <https://akbarulhuda.wordpress.com/2010/04/01/mengenal-motor-servo/>
- [6] <http://griyahidroponikjogjakarta.blogspot.co.id/2015/11/yang-perlu-anda-tahu-tentang-hidroponik.html>
- [7] https://en.wikipedia.org/wiki/PID_controller
- [8] <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>
- [9] <http://www.arduino.web.id/2016/04/cara-menampilkan-suhu-dengan-arduino.html>
- [10] <http://www.instructables.com/id/How-to-use-the-L298-Motor-Driver-Module-Arduino-Tu/>
- [11] <http://www.hessmer.org/blog/2013/12/28/ibt-2-bridge-with-arduino/>
- [12] <http://petanitop.blogspot.co.id/2016/01/tutorial-lengkap-prinsip-pembuatan.html>
- [13] <https://ikkholis27.wordpress.com/2013/02/01/ziegler-nichols/>
- [14] Sutyoso, Yos. 2009. *Hidroponik Ala Yos*. Jakarta. Penebar Swadaya

BIOGRAFI PENULIS



Penulis memiliki nama lengkap Kurniawan Khaeruddin Nur. Lahir di Kebumen pada tanggal 10 Januari 1988. Penulis memulai pendidikan formal di SDN Salaman 04 pada tahun 1994 - 2000. Melanjutkan pendidikan ke SMP Negeri 1 Salaman hingga tahun 2003, dan melanjutkan pendidikan ke SMA N 1 Purworejo hingga tahun 2006. Lulus SMA penulis melanjutkan jenjang pendidikannya di Akademi Teknik Mesin Industri Surakarta, Program Studi Mekatronika. Setelah lulus Diploma III Teknik Mekatronika Akademi Teknik Mesin Industri Surakarta pada tahun 2009, penulis bekerja di perusahaan minyak dan gas asal Amerika yaitu PT. Halliburton. Pada tahun 2012 penulis melanjutkan pendidikan untuk meraih Strata-1 di jurusan Teknik Elektro Institut Teknologi Sepuluh Nopember program Lintas Jalur, Bidang Studi Elektronika.