

Otomasi Sistem Hidroponik *Wick* Terintegrasi pada Pembibitan Tomat Ceri

Ira Puspasari¹, Yosefine Triwidayastuti², Harianto³

Abstract—Process of maintaining hydroponic wick system manually requires extra energy, especially during the cherry tomato plant breeding season. Parameters, including pH value, Electrical Conductivity (EC) nutrient solution, room temperature, and humidity are needed to be considered to produce superior seeds. In this study, room temperature and humidity, pH value, and EC content in nutrient solution were controlled. The PID and on/off controller were employed in the examination plant. The PID was applied to control room temperature. On the other hand, the on/off was applied to control room humidity, pH, and EC value. PID parameters were set to $K_p = 3$, $K_i = 2$, and $K_d = 10$. As a result, the system produced rise time of 60 minutes, overshoot of 1.17%, and settling time of 57.5 minutes. At the same time, the on/off controller was able to settle the humidity from 61% to 80% within 150 seconds. Moreover, reduction of the pH value from 6.9 to 5.34 can be reached within 12.8 minutes. The study of the EC showed that the longer for the water valve to open, the longer it takes to reach the set point. The study also showed that the rate of cherry tomato plant height is 2.675 cm/week utilizing both of the PID and the on/off controller, while it can only reach 0.2 cm/week without controller. Furthermore, examination on the leaf numbers per week showed that the leaf grew 2 sheets per week when both controllers were applied, while it grew no sheet without controller.

Intisari—Proses pemeliharaan sistem hidroponik *wick* secara manual membutuhkan tenaga ekstra, terutama pada masa pembibitan tanaman tomat ceri. Untuk menghasilkan bibit yang unggul, faktor yang harus dipenuhi antara lain nilai pH, Electrical Conductivity (EC) larutan nutrisi, temperatur, dan kelembaban udara. Makalah ini mengendalikan temperatur dan kelembaban ruangan, serta kandungan pH dan EC pada larutan nutrisi. Sistem pengendalian pada makalah ini menggunakan metode PID dan on/off. Metode PID diterapkan pada pengendalian temperatur, sedangkan metode on/off diterapkan pada pengendalian kelembaban, pH, dan EC. Metode PID pada pengendalian temperatur menggunakan parameter K_p , K_i , dan K_d sebesar berturut-turut 3, 2, dan 10 yang menghasilkan *rise time* sebesar 60 menit, *overshoot* sebesar 1,17%, serta *settling time* sebesar 57,5 menit. Hasil pengaturan kelembaban dengan metode on/off dapat mencapai nilai *set point* 80% selama 150 detik, sedangkan hasil pengujian pH menunjukkan respons waktu dari nilai awal pH 6,9 menjadi nilai pH 5,34 adalah selama 12,8 menit. Hasil pengujian EC menunjukkan bahwa semakin lama katup air membuka, semakin lama waktu yang dibutuhkan untuk mencapai *set point*. Data hasil pertumbuhan tanaman menunjukkan bahwa laju ketinggian tanaman tomat ceri dengan pengendalian sebesar 2,675 cm/minggu, sedangkan

tanpa pengendalian adalah 0,2 cm/minggu. Pada hasil pencatatan jumlah daun per minggu, jumlah daun dengan pengendalian sebanyak dua lembar, sedangkan tanpa pengendalian sebanyak 0 lembar.

Kata Kunci— hidroponik, sistem *wick*, pembibitan tomat ceri, EC, pH, temperatur, kelembaban.

I. PENDAHULUAN

Budidaya hidroponik menjadi pilihan saat ini terutama di daerah perkotaan. Teknologi hidroponik memiliki beberapa keuntungan, antara lain terdapat kemudahan pengelolaan, efisiensi jumlah nutrisi atau pupuk, jumlah air, dan juga dapat dikembangkan secara komputerisasi [1].

Beberapa jenis hidroponik, yaitu *Wick*, *Deep Water Culture* (DWC), EBB dan *Flow (Flood & Drain)*, *Drip (recovery* atau *non-recovery)*, *Nutrient Film Technique* (NFT), dan *Aeroponik*. Ada ratusan variasi pada sistem hidroponik, tetapi semua metode hidroponik adalah variasi dan kombinasi dari enam jenis dasar [2]. Makalah ini menggunakan jenis teknologi hidroponik sistem sumbu (*wick*), yang merupakan pengembangan dari sistem *water culture*.

Salah satu tanaman yang cocok untuk diterapkan pada sistem hidroponik adalah tomat ceri. Penelitian yang telah ada melakukan percobaan di dataran tinggi dengan penanaman tomat ceri di lapangan serta melakukan pemantauan dan pemeliharaan yang cukup baik, menghasilkan produksi sebesar 1,5 kg sampai 2 kg setiap pohon, sedangkan pada sistem hidroponik menghasilkan 5,1 kg sampai 5,8 kg per pohon [3].

Hasil budidaya tomat ceri mengalami nilai fluktuasi pada pasar. Dari tahun 2002--2006 hasil laporan Direktorat Pengembangan Usaha Hortikultura menyebutkan bahwa nilai panen mengalami perubahan yang bervariasi, yaitu 573-517 ton, 657-459 ton, 626-872 ton, 647-020 ton, 678-526 ton. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain pengendalian hama yang kurang baik, perawatan yang kurang intensif, varietas tanaman yang kurang sesuai, dan media tanam yang tidak sesuai. Untuk meningkatkan hasil serta mendapatkan hasil yang maksimal pada tanaman tomat ceri, maka diperlukan kestabilan dengan nilai temperatur 17°C--28°C. Keadaan temperatur dan kelembaban yang tidak sesuai akan berpengaruh kurang baik terhadap pertumbuhan, produksi, dan kualitas buah tomat ceri. Kelembaban relatif yang diperlukan untuk tanaman tomat ceri adalah 80% [4].

Tanaman tomat ceri memerlukan intensitas cahaya matahari sekurang-kurangnya 10--12 jam setiap hari [5]. Selain faktor temperatur dan kelembaban, faktor lain yang memengaruhi kualitas tanaman tomat ceri adalah *Electrical Conductivity* (EC) dan potensi ion hidrogen (pH). Perubahan

^{1,2,3}Dosen, Program Studi Sistem Komputer, Fakultas Teknologi dan Informatika, Institut Bisnis dan Informatika Stikom Surabaya, Jl. Raya Kedung Baruk no. 98 Surabaya 60298 INDONESIA (telp: 031 - 8721731; fax: 031 - 8710218; e-mail: ira@stikom.edu).

tingkat pH akan berpengaruh terhadap aktivitas fotosintesis tanaman, karena CO_2 mudah larut dalam air dan menurunkan pH. Pertumbuhan maksimal tanaman dapat dicapai dengan meningkatkan kapasitas CO_2 . Karena nilai pH dapat memberikan pengaruh terhadap aktivitas fotosintesis tanaman, maka tingkat pH dalam larutan air harus dikontrol untuk menghindari rusaknya tanaman [6].

Berdasarkan penelitian tentang larutan nutrisi untuk budidaya hidroponik, nilai EC memengaruhi kondisi tanaman. Nilai EC yang tidak sesuai akan mengakibatkan hal-hal yang tidak diinginkan. Nilai EC yang terlalu tinggi menyebabkan lambatnya pertumbuhan tanaman. Larutan nutrisi yang terlalu tinggi mengakibatkan tanaman tumbuh lambat dan tingginya biaya produksi. Sebaliknya, nutrisi yang terlalu rendah akan menyebabkan produktivitas tanaman menurun [7]. Oleh sebab itu, pada makalah ini dibuat rancang bangun hidroponik dengan metode *wick* untuk pembibitan tanaman tomat ceri yang bekerja secara otomatis yang dipantau oleh sensor.

Beberapa sensor yang digunakan dalam sistem ini adalah sensor temperatur dan kelembaban SHT 11, sensor pH, dan sensor EC. Sistem ini memiliki tingkat integrasi yang lebih luas dari sistem *monitoring greenhouse* dikarenakan pertumbuhan tanaman pada sistem hidroponik juga tergantung pada pengaturan pembuatan, pengaliran, dan pembuangan larutan nutrisi, sehingga sistem ini juga menambahkan pengaturan nilai pH dan EC [8]. Hasil seluruh sensor diolah oleh mikrokontroler dan aktuator untuk menjaga kondisi tanaman. Pencampur larutan hara bekerja saat nilai pH dan EC tidak sesuai dengan *set point*. *Humidifier* akan bekerja ketika kelembaban udara rendah, sedangkan pengkondisi temperatur akan dijalankan saat temperatur yang terukur di atas 24°C . Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan sistem pengendali otomatis nilai pH, EC, temperatur, dan kelembaban pada pembibitan tanaman tomat ceri dengan sistem tanam hidroponik *wick*.

II. PERANCANGAN SISTEM

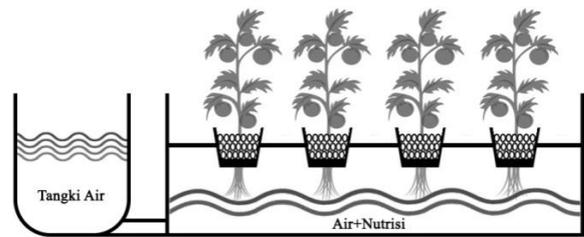
Bagian ini membahas tentang perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan dalam sistem.

A. Teknik Hidroponik Sistem Sumbu (Wick)

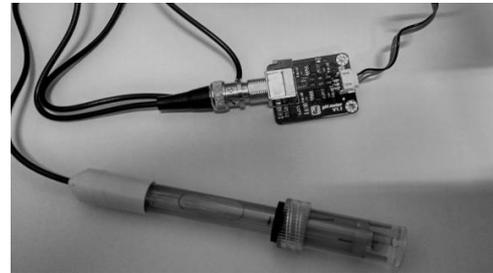
Teknik hidroponik sistem *wick* merupakan salah satu sistem hidroponik yang paling sederhana dan digunakan oleh kalangan pemula. Sistem ini menggunakan tangki yang berisi larutan nutrisi yang besar. Nutrisi mengalir ke dalam media pertumbuhan dari dalam wadah menggunakan sejenis sumbu yang biasanya adalah kain flanel. Prinsip yang diterapkan pada sistem ini adalah kapilaritas. Keuntungan dari tipe ini adalah semua tanaman mampu menyerap nutrisi yang sama dengan kualitas nutrisi yang sama karena tanaman berada pada wadah hidroponik yang sama [9]. Gbr. 1 menunjukkan sistem hidroponik *wick*.

B. Sensor pH

Dalam makalah ini digunakan sensor *Analog pH Kit DF Robot*. Sensor pH kit Arduino pada penelitian ini memiliki fitur *range* pengukuran pH 0–14 dan *range* temperatur operasi $0\text{--}80^\circ\text{C}$, dengan nilai nol pH sebesar $7\pm 0,25$, *Alkali error* kurang dari 15 mV, dan besarnya *noise* 0,5 mV [10]. Bentuk fisik sensor ditunjukkan pada Gbr. 2.



Gbr. 1 Sistem hidroponik wick.



Gbr. 2 Sensor Analog pH Kit.



Gbr. 3 Sensor EC.

C. Sensor EC

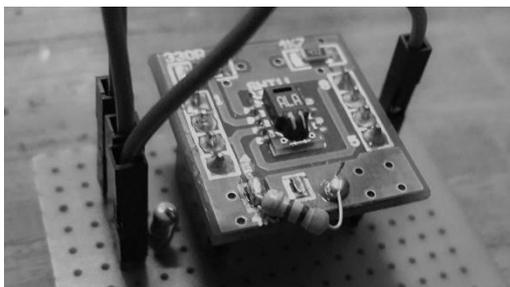
Sensor *probe K 1.0* ini dapat mengukur konduktivitas listrik mulai dari $5\ \mu\text{S}/\text{cm}$ hingga $200\ \text{mS}/\text{cm}$. Sensor ini dapat bekerja pada temperatur $0\text{--}70^\circ\text{C}$ dengan tekanan 1.379 kPa atau 200 psi [11]. Sensor yang digunakan ditunjukkan pada Gbr. 3.

D. DT-Sense Temperature & Humidity Sensor

Modul sensor cerdas berbasis sensor SHT11 ini dapat digunakan untuk mendeteksi besarnya temperatur udara dan kelembaban nisbi (*relative humidity*/RH) di sekitar sensor. Keluaran sensor ini berupa data digital yang sudah terkalibrasi penuh sehingga dapat digunakan langsung tanpa perhitungan tambahan [12]. Rentang nilai sensor temperatur adalah $-40\text{--}123,8^\circ\text{C}$, sedangkan sensor kelembaban memiliki *range* $0\text{--}100\%$ RH. Sensor yang digunakan ditunjukkan pada Gbr. 4.

E. Electric Solenoid Valve

Katup listrik yang digunakan adalah *electric solenoid valve* dengan diameter eksternal $3/4"$ (19 mm). Katup ini dipasang pada tandon air dan pupuk cair untuk membatasi jumlah air dan pupuk cair yang akan dicampur menjadi larutan hara. Katup bekerja pada tegangan 24 VDC dengan arus maksimum 450 mA [13]. Katup listrik yang digunakan ditunjukkan pada Gbr. 5.



Gbr. 4 Sensor SHT 11.



Gbr. 5 Electric solenoid valve.

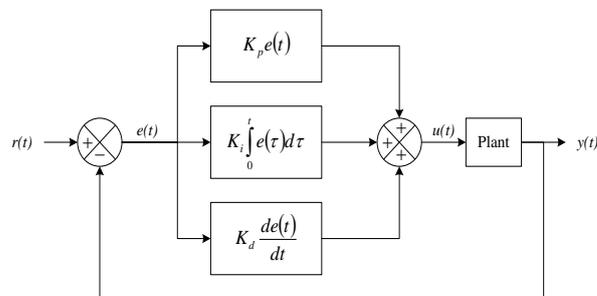
F. Metode Proportional Integral Derivative (PID)

Proportional Integral Derivative (PID) Controller merupakan pengendali untuk menentukan ketepatan suatu sistem instrumentasi dengan karakteristik adanya umpan balik (*feedback*) pada sistem tersebut. Komponen PID terdiri atas tiga jenis, yaitu Proporsional, Integral, dan Derivatif dengan masing-masing memiliki kelebihan dan kekurangan. Dalam implementasinya, masing-masing cara dapat bekerja sendiri maupun gabungan di antaranya. Perancangan sistem kontrol PID dilakukan dengan mengatur parameter P, I, atau D agar tanggapan isyarat keluaran sistem terhadap masukan tertentu sebagaimana yang diinginkan. Makalah ini menerapkan metode PID untuk mengendalikan kestabilan temperatur ruang hidroponik. Secara sistem, kendali PID ditunjukkan pada Gbr. 6.

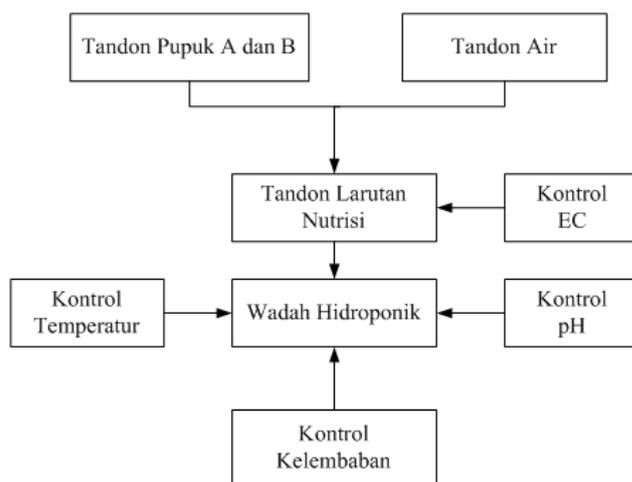
Pada pengendali PID, seluruh bagian dari proporsional P, I, dan D membentuk sebuah isyarat untuk kendali. Keseluruhan bagian proporsional, integral, dan derivatif pada pengendali PID akan membentuk isyarat kendali, $u(t)$. Isyarat ini merupakan hasil penjumlahan dari ketiga bagian. Nilai $e(t)$ merupakan nilai kesalahan, yaitu besarnya selisih antara keluaran, $y(t)$, dan *set point*, $r(t)$. Persamaan kendali pada penelitian ini mengacu pada (1).

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(\tau) d\tau + K_d \frac{de(t)}{dt} \tag{1}$$

Makalah ini merancang sistem kendali dengan mengatur nilai konstanta proporsional (K_p), integral (K_i), dan Derivatif (K_d). Hal ini dilakukan agar nilai isyarat keluaran sistem dapat seperti yang diinginkan. Nilai isyarat kendali selanjutnya masuk ke aktuator untuk melakukan pengendalian. Isyarat keluaran dihitung kembali dengan menggunakan sensor, selanjutnya dibandingkan dengan *set point* dari penelitian ini [9].



Gbr. 6 Sistem Kendali PID.



Gbr. 7 Diagram blok penelitian.

III. METODOLOGI

Makalah ini membuat sistem hidroponik dengan mengintegrasikan beberapa kontrol, dengan mengabaikan faktor histeris pada perangkat keras. Terdapat empat kontrol pada sistem ini, yaitu kontrol temperatur, kontrol kelembaban, kontrol EC dan kontrol pH. Masing-masing kontrol memiliki fungsi untuk mengatur bagian dari sistem ini. Diagram blok penelitian ini ditunjukkan pada Gbr. 7.

Ruang tanam hidroponik dikontrol temperatur dan kelembabannya karena tanaman tomat ceri harus berada dalam *range* temperatur 17--28°C, dan pada sistem ini temperatur ruang tanam dikondisikan stabil dengan temperatur 24°C. Pengendalian temperatur ini dilakukan dan diterapkan dengan uji coba menggunakan sistem nonPID dan sistem PID untuk mengontrol pengkondisi udara. Pengaturan kelembaban pada sistem ini menggunakan *humidifier*, dengan nilai *set point* kelembaban sebesar 80%. Selain mengondisikan ruang tanam hidroponik, pencampuran nutrisi juga dibuat secara otomatis. Tandon nutrisi berisi campuran dari tandon pupuk A, tandon pupuk B, serta tandon larutan yang berisi air. Terdapat katup otomatis untuk mengalirkan tandon pupuk A, B, dan larutan. Setelah katup membuka, langkah berikutnya pada sistem ini adalah proses pengadukan campuran pada tandon nutrisi. Pengadukan ini menggunakan motor DC 24 V. Tandon nutrisi dilengkapi dengan sensor EC yang berfungsi untuk mendeteksi nilai EC dari campuran. Air hasil nutrisi dengan nilai EC yang sesuai dialirkan ke wadah hidroponik.

Sensor pH dipasang pada wadah hidroponik untuk memastikan pH pada wadah masih sesuai dengan *set point*.

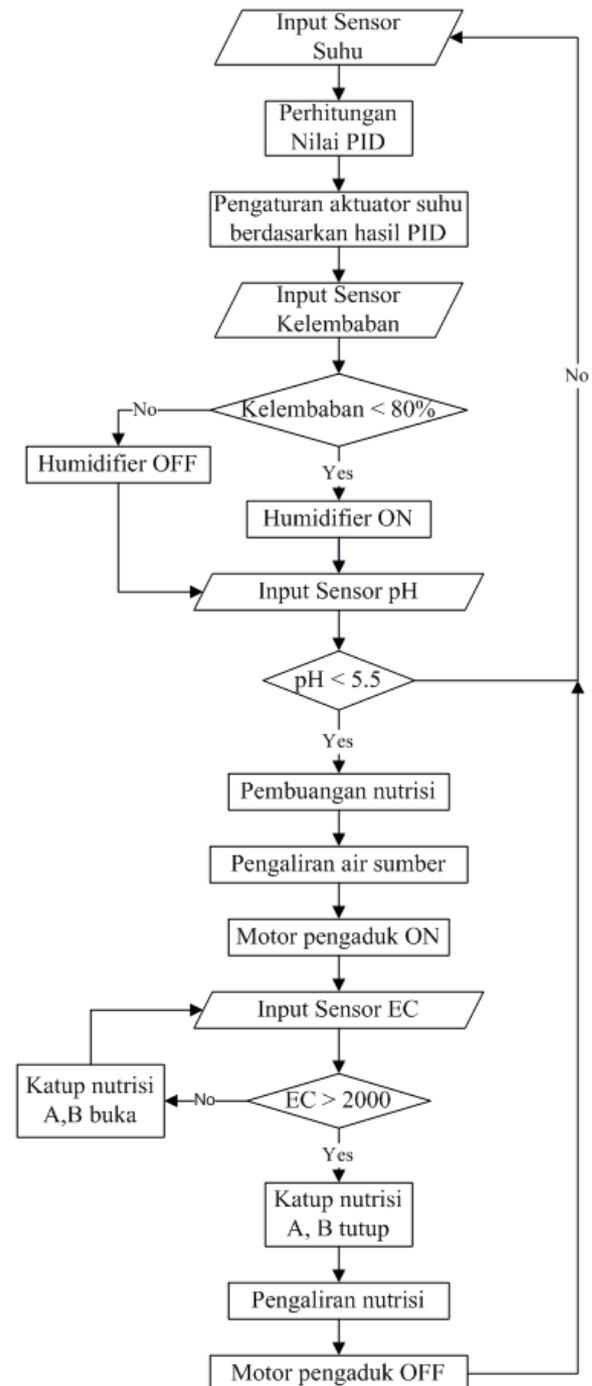
Seluruh proses dalam sistem, mulai dari masukan sampai dengan keluaran, ditunjukkan pada diagram alir Gbr. 8. Sensor temperatur menerima masukan berupa data temperatur ruang tanam hidroponik. Sistem kontrol temperatur pada penelitian ini menggunakan metode PID. Metode ini dipilih karena dapat menjaga temperatur ruang stabil pada temperatur tanam tomat ceri, yaitu 24°C. Proses perhitungan PID memerlukan pengaturan nilai K_p , K_i dan K_d . Nilai K_p , K_i , dan K_d digunakan untuk mengatur aktuator temperatur yang berupa pengkondisi udara (AC) sehingga temperatur stabil. Setelah proses pengaturan temperatur, sensor kelembaban menerima masukan berupa kondisi kelembaban ruang tanam. Jika nilai kelembaban ruangan kurang dari 80%, maka *humidifier* akan menyala sampai kondisi *set point* kelembaban tercapai.

Proses selanjutnya adalah pengecekan nilai pH nutrisi pada wadah hidroponik. Sistem ini melakukan pengecekan secara berkala pada wadah hidroponik, karena tanaman tomat ceri tumbuh dengan baik pada nutrisi yang memiliki rentang pH 5,5--6,5. Jika nilai pH terdeteksi kurang dari 5,5, maka tandon wadah hidroponik akan menguras secara otomatis. Jika terjadi pembuangan nutrisi pada wadah hidroponik, maka secara otomatis terdapat pengaliran pupuk A, pupuk B, dan larutan air menuju wadah nutrisi. Proses berikutnya adalah pengadukan larutan pada wadah nutrisi. Proses pencampuran ini dikontrol oleh sensor EC. Sensor ini mengirim data perubahan nilai EC setiap detik. Jika nilai EC kurang dari 2.000 $\mu S/cm$, maka katup nutrisi A dan nutrisi B membuka dan mengalir ke tandon nutrisi. Jika nilai EC lebih dari 2.000 $\mu S/cm$, maka katup nutrisi menutup dan nutrisi siap dialirkan ke wadah hidroponik. Rancang bangun mekanik pada makalah terdiri atas dua bagian, yaitu rancangan mekanik untuk tempat otomatis pencampuran nutrisi dan wadah hidroponik. Berikut ini adalah rincian ukuran rancang bangun sistem hidroponik.

- Dimensi mekanik = p: 62,5 cm, l: 46 cm, t: 99 cm.
- Dimensi tandon larutan A dan B = p: 18 cm, l: 11 cm, t: 10 cm.
- Dimensi tandon air = p: 38 cm, l = 24 cm, t = 22 cm.
- Dimensi tandon pencampur = p: 36 cm, l : 24 cm , t: 17,5 cm.
- Jumlah motor DC 24 V = 1 buah.
- Jumlah katup 6 mm = 2 buah.
- Jumlah katup 2 cm = 3 buah.
- Kontrol pencampuran nutrisi = 1 buah mikrokontroler Arduino Mega.
- Pengkondisi udara yang telah dirakit berdasarkan komponen elektronika pendukung (kondensator, kompresor, modul *indoor*, kipas *indoor* dan *outdoor*, freon, *body outline*, pipa *in* dan *out*, serta kabel *in* dan *out*).
- Lampu pijar.
- *Humidifier* sebanyak 1 buah.
- Pot *rectangular*.

- Timba dan tangki air.
- Sensor modul SHT11.
- Sensor EC.
- Sensor pH.
- Benih tanaman tomat ceri.
- Kontrol wadah hidroponik = 1 buah mikrokontroler Arduino Mega.
- Rangka mekanik menggunakan bahan aluminium.

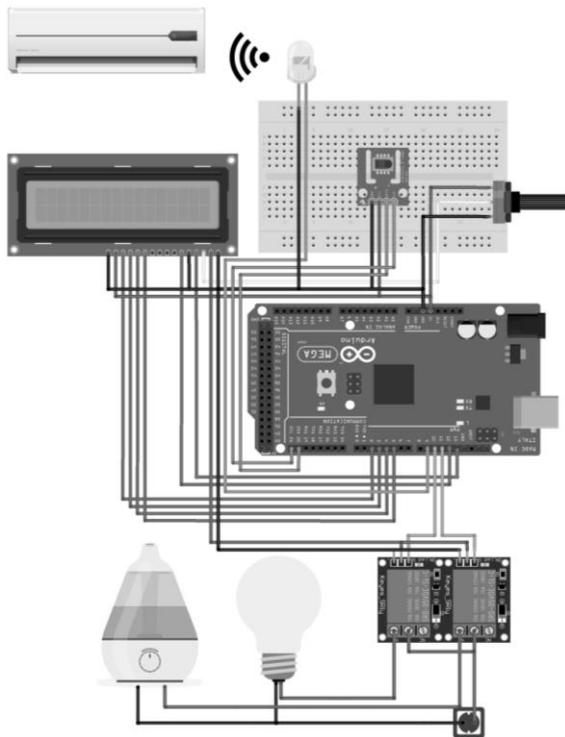
Gbr. 9 merupakan dokumentasi mekanik penelitian ini.



Gbr. 8 Diagram alir keseluruhan sistem.

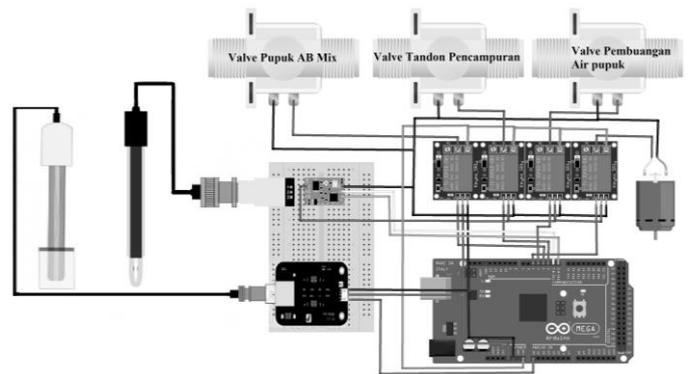


Gbr. 9 Sistem otomasi budidaya tanaman tomat ceri.

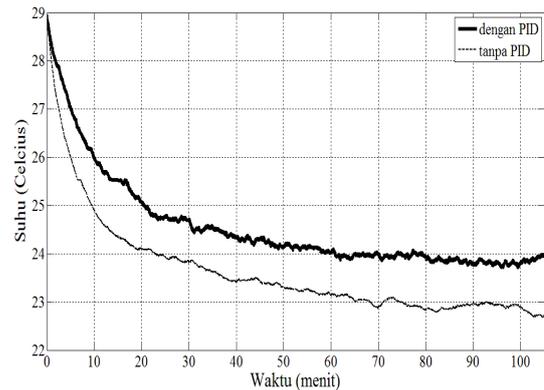


Gbr. 10 Rangkaian mikrokontroler untuk mengatur temperatur dan kelembaban.

Rangkaian sistem mikrokontroler pada makalah ini dibagi menjadi dua bagian, yaitu mikrokontroler untuk pengaturan temperatur dan kelembaban seperti yang ditunjukkan pada Gbr. 10, sedangkan rangkaian mikrokontroler pada sistem pengaturan EC dan pH ditunjukkan pada Gbr. 11.



Gbr. 11 Rangkaian mikrokontroler untuk mengatur EC dan pH.



Gbr. 12 Grafik pengendalian temperatur pada pengkondisi udara dengan menggunakan sistem PID dan tanpa PID.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Beberapa hal yang menjadi hasil dari penelitian ini antara lain pengendalian temperatur, kelembaban, pH, dan EC. Masing-masing pengendalian memiliki fungsi khusus pada sistem. Seluruh kendali ini diintegrasikan menjadi sistem hidroponik *wick* otomatis untuk budidaya pembibitan tomat ceri dari biji tomat menjadi bibit tanaman yang siap untuk dikembangkan lebih lanjut.

A. Pengujian Kendali Temperatur

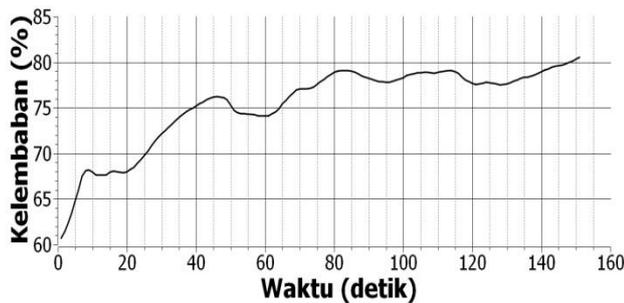
Pengujian sistem terhadap respons kendali temperatur dilakukan dengan *set point* 24°C selama 100 menit. Pemilihan *set point* ini karena temperatur *set point* merupakan temperatur budidaya tomat ceri [9]. Pengujian ini dilakukan dengan membandingkan antara kinerja pengkondisi udara tanpa sistem dan dengan sistem. Hasil yang didapatkan adalah jika pengkondisi udara dikendalikan dengan sistem PID maka kestabilannya terjaga, dibandingkan jika pengendali temperatur tanpa PID. Hal ini ditunjukkan pada Gbr. 12.

Hasil analisis sistem menunjukkan bahwa sistem dengan kendali PID memiliki *settling time* 57 menit, sedangkan pada sistem nonPID tidak memiliki *settling time*, meskipun sistem nonPID memiliki *rise time* yang cepat, sebesar 23 menit, jika dibandingkan dengan sistem PID yang dapat mencapai temperatur 24°C dalam waktu 60 menit. Kelebihan sistem PID adalah nilai *overshoot* hanya sebesar 1,17%, jauh lebih baik jika dibandingkan dengan sistem nonPID sebesar 5,5%. Nilai

overshoot sistem PID termasuk dalam *range* temperatur tanaman tomat ceri. Pengaturan ini dilakukan dengan menerapkan parameter K_p , K_i , dan K_d sebesar 3, 2, dan 10, berdasarkan data empiris pada penelitian sebelumnya [9].

B. Pengujian Kendali Kelembaban

Pengujian kelembaban dilakukan untuk mengetahui respons *humidifier* yang diterapkan pada penelitian ini. Jika kelembaban tidak dikendalikan, nilai kelembaban akan tidak sesuai dengan kelembaban untuk tanaman tomat ceri. Kelembaban normal pada ruang tanam tanpa menggunakan sistem ini adalah sebesar 61% dan hal ini tidak sesuai dengan kelembaban untuk budidaya tomat ceri, karena kelembaban yang dibutuhkan untuk budidaya tomat ceri sebesar 80% [5]. Pengujian pengaturan kelembaban dilakukan dengan nilai kelembaban awal sebesar 61%. Hasilnya, *humidifier* pada mampu mencapai kelembaban 80% dalam waktu 150 detik. Setelah kelembaban tercapai, *relay* akan mati. Gbr. 13 merupakan hasil uji coba respons *humidifier* dalam merespons perubahan kelembaban menuju *set point*.



Gbr. 13 Grafik hasil uji coba kelembaban.

C. Pengujian Kendali pH

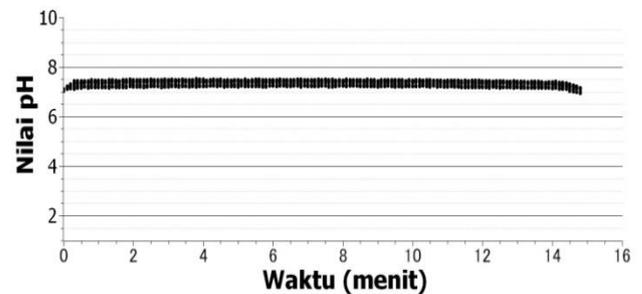
Kendali pH dilakukan setelah kondisi kelembaban sistem tercapai. Kendali pH ini dilakukan untuk mengontrol kondisi nutrisi pada wadah hidroponik. Nutrisi yang dibutuhkan pada tomat ceri memiliki pH sebesar 5,5--6,5 [6]. Nilai pH kurang dari 5,5 atau lebih dari 6,5 menyebabkan kualitas tanaman menurun, bahkan kematian, karena tanaman bisa membusuk. Sebelum digunakan untuk mengontrol kondisi wadah hidroponik, sensor pH dikalibrasi terlebih dahulu, supaya memiliki ketepatan antara kondisi real dan hasil pembacaan sensor. Pengujian kalibrasi dilakukan dengan menggunakan larutan *buffer* pH 7. Pengamatan nilai pH dilakukan dengan membandingkan nilai yang terdapat pada pH meter dengan nilai yang dibaca sensor pH. Pengambilan beberapa nilai awal pH dengan mempertimbangkan kestabilan nilai tegangan dilakukan untuk membuat persamaan linier. Penelitian ini menggunakan persamaan yang mengacu pada (2), yaitu persamaan linier untuk pembacaan sensor pH.

$$pH = (6,0465 * teg) - 5,4139 \quad (2)$$

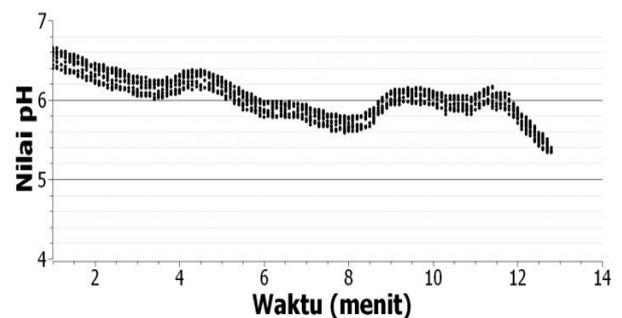
dengan variabel *teg* merupakan nilai tegangan masukan. Nilai tegangan masukan ini dikalikan dengan konstanta 6,0465, setelah itu dikurangi dengan 5,4139. Nilai-nilai konstanta ini diperoleh dari hasil uji coba sensor. Hasil uji coba sensor untuk nilai pH 7 ditunjukkan pada Gbr. 14. Pembacaan nilai

sensor diuji selama 15 menit, dan hasil pembacaan nilai sensor pH stabil pada *range* 6,92--7,52. Besarnya rata-rata kesalahan pembacaan sensor sebesar 34,22%. Hal ini disebabkan ketidakstabilan nilai tegangan dan sensor pH yang digunakan, yaitu *Analog pH meter Kit DF Robot* memiliki karakteristik nilai nol pH meter sebesar 6,25--7,25.

Pengujian sensor pH selanjutnya digunakan untuk melihat respons sensor. Uji coba ini dilakukan pada nutrisi yang terdapat pada wadah hidroponik untuk melihat respons sensor pH. Jika sensor pH membaca nilai pH kurang dari 5,5, maka *relay* menyala dan membuka katup wadah hidroponik untuk melakukan pengurasan wadah dan mengganti nutrisi baru secara otomatis. Perlakuan untuk menguji respons sensor pH dilakukan dengan cara sebagai berikut. Pada wadah hidroponik diberi larutan asam dengan pH 3,4 untuk melihat perubahan pembacaan sensor. Larutan asam ini ditambahkan ke wadah hidroponik secara terus-menerus dengan menggunakan sistem infus yang memiliki debit aliran 0,04 ml/detik. Respons waktu sensor pH dalam membaca perubahan nilai pH dari nilai awal pH 6,9 menjadi nilai pH 5,34 adalah selama 12,8 menit. Sensor pH membaca nilai pH kurang dari 5,5. Grafik hasil uji respons sensor pH ditunjukkan pada Gbr. 15.



Gbr. 14 Grafik uji coba sensor dengan nilai pH = 7.

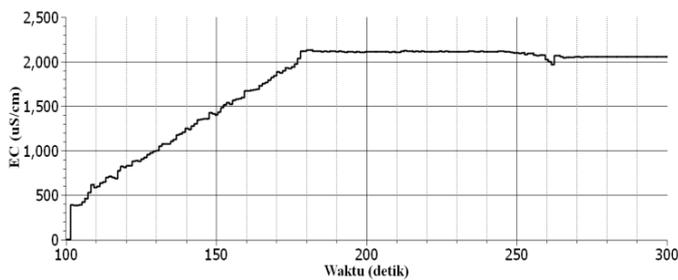


Gbr. 15 Grafik uji coba sensor dengan perlakuan penambahan larutan asam untuk mencapai pH kurang dari 5,5.

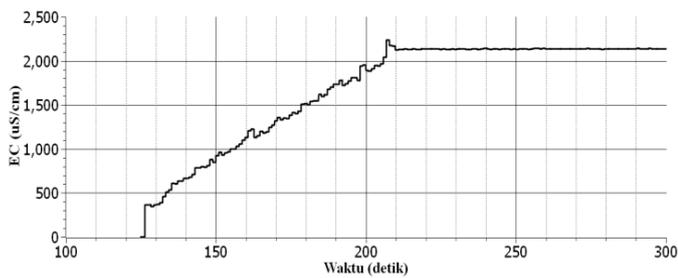
D. Pengujian Kendali EC

Makalah ini juga mengendalikan nilai EC pada wadah pencampuran nutrisi, karena nilai nutrisi harus lebih dari 2.000 $\mu S/cm$. Proses pencampuran larutan akan berulang jika proses pengurasan pada wadah hidroponik telah dilakukan, karena pH pada wadah hidroponik semakin lama semakin asam. Proses pencampuran pada tandon nutrisi dilakukan secara otomatis, karena tandon air dan tandon pupuk memiliki katup yang bisa membuka dan menutup

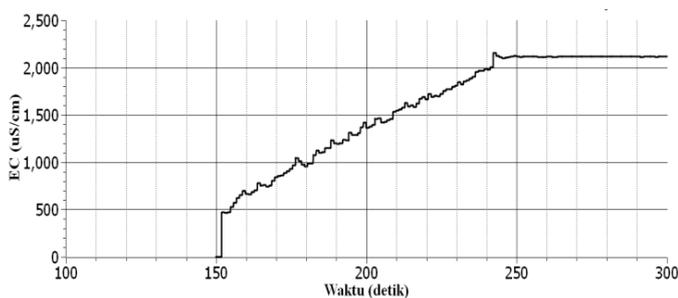
secara otomatis. Dilakukan tiga kali percobaan untuk menguji respons sensor, yaitu dengan perlakuan pertama katup air membuka selama 100 detik. Berdasarkan pembacaan sensor EC, nilai *set point* tercapai dalam waktu 77 detik. Grafik pengujian ditunjukkan pada Gbr. 16. Pada perlakuan kedua, katup air membuka selama 125 detik. Hasilnya nilai pencampuran nutrisi berhasil mencapai *set point* dalam waktu 80 detik. Grafik pengujian ditunjukkan pada Gbr. 17. Perlakuan ketiga dilakukan dengan membuka katup air selama 150 detik, dengan hasil nilai pencampuran nutrisi berhasil mencapai *set point* dalam waktu 91 detik. Grafik pengujian ditunjukkan pada Gbr. 18. Berdasarkan variasi waktu, semakin lama katup air membuka, semakin lama waktu yang dibutuhkan untuk proses pencampuran menjadi nutrisi dengan nilai EC 2.000 $\mu\text{S/cm}$. Setelah nilai *set point* tercapai, proses pengadukan berhenti dan nutrisi dialirkan ke wadah hidroponik.



Gbr. 16 Grafik uji coba sensor EC dengan perlakuan pertama dengan katup air membuka selama 100 detik.



Gbr. 17 Grafik uji coba sensor EC dengan perlakuan kedua dengan katup air membuka selama 125 detik.



Gbr. 18 Grafik uji coba sensor EC dengan perlakuan ketiga dengan katup air membuka selama 150 detik.

E. Pengujian Perkembangan Tanaman

Selanjutnya dilakukan pengujian terhadap perkembangan tanaman tomat ceri. Perkembangan ini dipantau sejak proses peletakan biji benih tomat ceri ke tiap wadah. Pengamatan

dilakukan dengan membandingkan dua kondisi, dengan sistem otomatis dan tanpa sistem otomatis. Pembibitan tanaman tomat ceri dengan sistem terjaga mulai dari temperatur, kelembaban, pH nutrisi pada wadah hidroponik, dan nilai EC nutrisi yang diberikan, serta tambahan *grow light* sebagai pengganti cahaya matahari. Akan tetapi, *grow light* bukan merupakan fokus penelitian. Sedangkan pada pembibitan tanaman tomat ceri nonsistem diberikan perlakuan dengan media tanam tanah, tanpa pengaturan temperatur dan kelembaban, serta diletakkan di luar ruangan dan langsung terkena sinar matahari. Hasil pengamatan ketinggian tanaman tomat ceri ditunjukkan pada Tabel I. Sedangkan pengamatan jumlah daun tanaman tomat ceri ditunjukkan pada Tabel II.

TABEL I
HASIL PENGAMATAN KETINGGIAN TANAMAN TOMAT CERI

Minggu ke-	Ketinggian (cm)							
	Sistem				Nonsistem			
	Pot-1	Pot-2	Pot-3	Pot-4	Pot-1	Pot-2	Pot-3	Pot-4
1	2	4	3	3,5	6	7,5	7	8
2	4,5	6	7,5	6,5	6	8	7,3	8
3	6	9,9	9,5	8,5	0	0	0	0

TABEL II
HASIL PENGAMATAN JUMLAH DAUN TANAMAN TOMAT CERI

Minggu ke-	Jumlah daun (lembar)							
	Sistem				Nonsistem			
	Pot-1	Pot-2	Pot-3	Pot-4	Pot-1	Pot-2	Pot-3	Pot-4
1	1	1	1	1	2	2	2	2
2	2	2	2	2	2	2	2	2
3	5	5	7	10	0	0	0	0

Jika diamati tinggi pertumbuhan biji tanaman tomat ceri selama seminggu pertama, pada tanaman dengan sistem terukur 3,12 cm, dan pada tanaman tanpa sistem terukur 7,12 cm. Pada minggu pertama, tanaman yang ditanam di luar dan manual memiliki pertumbuhan yang lebih cepat dibandingkan tanaman hidroponik dengan sistem terintegrasi. Jika diamati secara keseluruhan, selama tiga minggu diperoleh hasil yang kurang baik untuk tanaman tanpa sistem. Hal ini dipengaruhi oleh banyak faktor, antara lain temperatur udara luar yang panas, berkisar hingga 34°C, kelembaban yang kurang dari 80%, dan hujan.

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa rata-rata pertumbuhan tanaman berdasarkan ketinggiannya adalah sebesar 2,675 cm/minggu untuk tanaman dengan sistem hidroponik terintegrasi, dan rata-rata pertumbuhan tanaman berdasarkan ketinggiannya sebesar 0,2 cm/minggu untuk tanaman tanpa sistem, dan tanaman ini hanya bertahan selama dua minggu saja. Berdasarkan pengamatan jumlah daun tanaman tomat ceri, terdapat perbedaan jumlah daun dalam pengamatan selama tiga minggu. Pada sistem terintegrasi rata-rata penambahan jumlah daun sebanyak dua lembar/minggu, sedangkan pada tanaman tanpa sistem rata-rata penambahan jumlah daun sebanyak 0 lembar/ minggu.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian sistem hidroponik *wick*, diperoleh beberapa hasil. Hasil pengujian kendali temperatur dengan

menerapkan parameter K_p , K_i , dan K_d sebesar 3, 2, dan 10, memiliki nilai *overshoot* 1,17%. Pada hasil pengujian kendali kelembaban, waktu yang dibutuhkan untuk mencapai nilai *set point* 80% adalah selama 150 detik. Hasil pengujian kendali pH menunjukkan respons waktu sensor pH dalam membaca perubahan nilai pH dari nilai awal pH 6,9 menjadi nilai pH 5,34 adalah selama 12,8 menit. Sensor pH membaca nilai pH kurang dari 5,5, dan mampu mengubah kondisi *relay* untuk melakukan pengurasan wadah hidroponik. Hasil kendali EC menunjukkan bahwa berdasarkan variasi waktu, semakin lama katup air membuka, semakin lama waktu yang dibutuhkan untuk proses pencampuran menjadi nutrisi dengan nilai EC 2.000 $\mu S/cm$. Dari hasil pengujian perkembangan tanaman, diketahui bahwa laju ketinggian tanaman tomat ceri dengan menggunakan sistem sebesar 2,675 cm/minggu, sedangkan pada tanaman tanpa sistem sebesar 0,2 cm/minggu. Berdasarkan pengamatan jumlah daun, tanaman tomat ceri dengan sistem memiliki perkembangan jumlah daun per minggu sebanyak dua lembar, sedangkan pada tanaman tomat ceri tanpa sistem sebanyak 0 lembar.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih dihaturkan atas pendanaan Hibah Penelitian Dosen Pemula tahun 2017 dari DRPM Ditjen Penguatan Risbang, Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia.

REFERENSI

- [1] Resh, H. M, *Hydroponic Food Production*, Santa Barbara: Woodbridge Press Pbl., 1998.
- [2] D. S. Domingues, H. W. Takahashi, C. A. P. Camara, dan S. L. Nixdorf, "Automated System Developed to Control pH and Concentration of Nutrient Solution Evaluated in Hydroponic Lettuce Production," *Computers and Electronics in Agriculture*, Vol. 84, hal. 53-61, 2012.
- [3] A. Dinurrohman, S. Suarni, H. Pramono, dan O. Aksari, "Aplikasi Zat Pengatur Tumbuh pada Budidaya Tomat Cherry (*Lycopersicon Esculentum* Var. Cerasifone) Secara Hidroponik," *Prosiding Seminar Nasional PERHORTI*, 2011, hal. 393.
- [4] Sastrahidayat, *Bertanam Tomat*, Jakarta: Penebar Swadaya, 1992.
- [5] B. T. W. Wiryanta, *Bertanam Tomat*, Jakarta: Agromedia Pustaka, 2002.
- [6] M. F. Saaid, A. Sanuddin, M. S. A. Megat Ali, dan I. M. Yassin, 2015. "Automated pH Controller System for Hydroponic Cultivation," *IEEE Symposium on Computer Applications & Industrial Electronics (ISCAIE)*, 2015, hal. 186-190.
- [7] M. N. Ibrahim, "Desain Sistem Kontrol Otomatik Larutan Nutrisi Berbasis Electrical Conductivity untuk Budidaya Hidroponik Menggunakan Logika Fuzzy," Skripsi, Institut Pertanian Bogor, Bogor, Indonesia, 2015.
- [8] S. Sawidin, O. E. Melo, dan T. Marsela, "Monitoring Kontrol Greenhouse untuk Budidaya Tanaman Bunga Krisan dengan LabView". *JNTETI*, Vol. 4, No. 4, hal .236-242, 2015.
- [9] Y. Triwidyastuti, I. Puspasari, dan Harianto, "Kendali PID untuk Pengaturan Suhu pada Budidaya Tomat Ceri," *SNTEK PAN V*, 2017, hal. C97-C102.
- [10] Robot, D. (2017) PH meter (SKU: SEN0161) DF Robot Electronic. [Online], [https://www.dfrobot.com/wiki/index.php/PH_meter\(SKU:_SEN0161\)](https://www.dfrobot.com/wiki/index.php/PH_meter(SKU:_SEN0161)), tanggal akses: 21 Juli 2017.
- [11] Atlas Scientific LLC. (2016) Conductivity K 1.0 Kit, [Online], http://www.atlascientific.com/product_pages/kits/ec_k1_0_kit.html, tanggal akses: 22 Juli 2017.
- [12] Innovative Electronics. (2009) Manual DT-Sense Temperature & Humidity Sensor, [Online], http://innovativeelectronics.com/innovative_electronics/download_files/manual/Manual_DT-Sense_Temperature_Humidity_Sensor_rev.pdf, tanggal akses: 8 Mei 2017.
- [13] Islandia, H. L. (2017) Electric Solenoid Valve. [Online], <https://www.electricsolenoidvalves.com/>, tanggal akses: 21 Juni 2017.