

Desain Sensor Suhu dan Kelengasan Tanah untuk Sistem Kendali Budidaya Tanaman Cabai (*Capsicum annuum* L.)

Desain of soil temperature and Moisture Sensors for Chili Pepper (*Capsicum annuum* L.) Cultivation Controlling System

**Sugeng Triyono¹, Mareli Telaumbanua^{1*}, Yessi Mulyani², Titin Yulianti²,
Muhammad Amin¹, Agus Haryanto¹**

¹ Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, Jl. Soemantri Brojonegoro, No 1, Bandar Lampung 35141, Indonesia

² Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Lampung, Jl. Soemantri Brojonegoro, No 1, Bandar Lampung 35141, Indonesia

*Email: mareli.telaumbanua@fp.unila.ac.id; marelitelambanua@gmail.com

Tanggal submisi: 19 Oktober 2017; Tanggal penerimaan: 31 Juli 2018

ABSTRAK

Pertumbuhan tanaman dipengaruhi oleh tanah, iklim, air, dan sifat tanaman. Suhu udara merupakan salah satu parameter iklim yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman. Kelengasan tanah merupakan hubungan tanah dan air yang memiliki peranan penting untuk budidaya tanaman. Tanaman membutuhkan kelengasan tanah dan suhu udara yang ideal untuk pertumbuhan yang optimal. Sistem kontrol berfungsi untuk mengendalikan suhu udara dan kelengasan tanah yang optimal untuk mendukung pertumbuhan tanaman. Tujuan penelitian ini adalah merancang alat ukur presisi suatu sistem kontrol yang mampu mengendalikan iklim mikro (suhu udara dan kelengasan tanah) untuk pertumbuhan optimal tanaman cabai (*Capsicum annuum* L.). Rancangan Sistem kendali diaplikasikan menggunakan sensor untuk suhu udara dan kelengasan tanah. Mikrokontroler menghubungkan sensor dengan aktuator pompa air, dan pompa irigasi melalui modul relay dan transistor TIP122. Keakuratan sensor suhu DHT22 dan sensor kelengasan tanah dihitung berdasarkan pendekatan nilai koefisien determinasi dan total eror masing-masing sensor. Kinerja aktuator dalam perancangan ini, meliputi kecepatan respon dan durasi waktu kerja. Uji kinerja dilakukan sebanyak 3 kali percobaan tanpa menggunakan tanaman cabai. Koefisien determinasi (R^2) sensor suhu 1, sensor suhu 2 dan sensor suhu 3 berturut-turut adalah 0,999, 0,999, dan 0,999. Total eror dari ketiga sensor tersebut berturut-turut adalah -0,071 °C, -0,085 °C, dan 0,014 °C. Koefisien determinasi (R^2) sensor kelengasan 1, sensor kelengasan 2, dan sensor kelengasan 3 adalah 0,888, 0,8401, dan 0,8963. Total rerata eror untuk ketiga jenis sensor kelengasan ini adalah -0,2204 % , -0,0952 % dan -2,8049 %.

Kata kunci: Budidaya cabai; mikrokontroler; sensor kelengasan tanah; sensor suhu

ABSTRACT

Cultivation crop is influenced by soil, water, climate, and crop properties. Air temperature is one of climate parameters which is considered for plant growing. Soil moisture represents soil and water factors and it generally plays an important role in crop cultivation. A crop requires soil moisture and air temperature for an optimum growth. a control system is proposed to create an optimum air temperature and soil moisture to support plant growth. The aim of this study was to design a precision measurement instrument, a control system that is able to control microclimate (air temperature and soil moisture) for optimal growth of chili (*Capsicum annuum* L.) crops. A design of environmental control was applied by using sensors for air temperature and soil moisture. Microcontrollers were connected to sensors with the water pump actuator and the irrigation pump through a relay module and a TIP122 transistor. The accuracy of DHT 22 temperature sensors and soil moisture sensors were

DOI: <http://doi.org/10.22146/agritech.34499>

ISSN 0216-0455 (Print), ISSN 2527-3825 (Online)

calculated based on the approximate coefficient of determination, and the total errors of each sensor. The actuator performance in this design included the response rates and the duration of the working time. The performance tests were conducted 3 times without using chili plants. The coefficient of determination (R^2) of temperature sensor 1, temperature sensor 2 and temperature sensor 3 were 0.999, 0.999, and 0.999, respectively. The total errors of the three sensors were $-0.071\text{ }^\circ\text{C}$, $-0.085\text{ }^\circ\text{C}$, and $0.014\text{ }^\circ\text{C}$, respectively. The coefficient of determination (R^2) of the soil moisture sensor 1, the soil moisture sensor 2, and the soil moisture sensor were 0.888, 0.8401, and 0.8963, respectively. The mean total errors for these three types of ranging sensors were -0.2204% , -0.0952% and -2.8049% , respectively.

Keywords: Actuators; chili; microcontroller; soil moisture sensors; temperature sensors

PENDAHULUAN

Pada budidaya cabai merah (*Capsicum annuum* L.), unsur hara (nutrisi) dan kelengasan tanah sangat mempengaruhi pertumbuhan tanaman. Unsur hara yang tersedia di dalam tanah akan mudah diserap tanaman untuk pertumbuhannya saat kelengasan tanah sesuai dengan kebutuhan tanaman cabai. Penelitian yang dilakukan Dewangga dkk. (2015), Harwati (2008) dan Telaumbanua dkk. (2016) menunjukkan bahwa pertumbuhan tanaman dipengaruhi oleh kelengasan tanah, suhu lingkungan, suhu tanah, sinar matahari, air, dan nutrisi. Tanaman menunjukkan karakteristik fisik daun tanaman cabai yang lebih luas, batang lebih tinggi, akar yang lebih panjang, warna daun yang lebih cerah, dan buah yang lebih banyak, saat dibudidayakan sesuai dengan syarat tumbuh tanaman dibandingkan dengan pengelolaan secara manual tanpa kontrol (Dwidjoseputro, 1984 ; Crafte dkk. 1949 ; Wien, 1997 ; Telaumbanua dkk. 2014).

Pemahaman syarat tumbuh tanaman yang terkait dengan kelembaban dan suhu udara, intensitas sinar, kelengasan dan suhu pada tanah adalah kunci utama, agar tanaman yang dibudidayakan tumbuh dan berkembang secara optimal. Cabai dapat tumbuh pada kisaran suhu $25\text{--}35\text{ }^\circ\text{C}$, intensitas matahari $\pm 5000 - 10000\text{ lux}$, suhu tanah pada kisaran $26\text{ }^\circ\text{C} - 30\text{ }^\circ\text{C}$, kelembaban udara $\pm 65\%$ dan kelengasan tanah berkisar $50\% - 80\%$ (Kusandriani dan Sumarna, 1993). Tanaman yang dibudidayakan pada kondisi kelengasan tanah, unsur hara yang memadai, dan iklim mikro yang sesuai kebutuhan pertumbuhan tanaman, mampu memberi pertumbuhan optimal pada batang, daun, dan akar. Hal ini tentu dapat membuat bibit yang dibudidayakan tumbuh lebih cepat (Sumarni dan Rosliani, 2002; Suhardyanto, 2009).

Badan Pusat Statistik dan Direktorat Jenderal Hortikultura (2016) melaporkan adanya penurunan produksi cabai pada tahun 2014-2015. Produksi cabai pada tahun 2014 sejumlah 1.003.481 ton, sedangkan pada tahun 2015 sejumlah 937.925 ton. Penurunan

produksi sebagian besar disebabkan oleh kegagalan panen di daerah penghasil cabai di Jawa akibat kekeringan dan serangan hama.

Oleh karena itu, diperlukan sistem kontrol yang mampu mengendalikan suhu udara dan kadar air (lengas) dalam tanah. Beberapa penelitian pernah dilakukan seperti Jackson dkk. (2008) tentang pengukuran suhu dan kelengasan tanah menggunakan sensor *wireless*. Daniel dkk. (2010) melakukan penelitian tentang monitoring suhu dan ketersediaan air. Sistem kendali sebaiknya mampu melakukan pengendalian suhu, irigasi tanaman, pemupukan, pengendalian hama secara otomatis sehingga budidaya tanaman cabai dapat lebih aman dari pengaruh ketidaksesuaian iklim. Penggunaan sistem kendali ini mampu menekan biaya perawatan menjadi lebih murah. Perancangan sistem kendali ini diharapkan dapat bekerja selama masa budidaya tanaman cabai. Keberhasilan sistem kendali bekerja, ditentukan oleh keakuratan sensor mendeteksi perubahan yang diterimanya dan aksi yang dilakukan oleh aktuator.

Sensor-sensor yang digunakan untuk sistem kendali budidaya tanaman cabai sangat menentukan keberhasilan perancangan. Sensor yang digunakan sebaiknya memiliki akurasi yang tinggi dan memiliki respon yang cepat. Dalam kegiatan perancangan sistem kendali untuk budidaya tanaman cabai secara otomatis ini, penelitian terbagi dalam dua tahapan. Tahap pertama, perancangan sensor-sensor yang terlibat dalam aplikasi budidaya tanaman cabai. Pada penelitian ini terfokus pada kalibrasi dan validasi sensor suhu dan sensor kelengasan tanah yang akan digunakan pada penelitian selanjutnya. Kinerja aktuator juga diamati tanpa menggunakan tanaman cabai. Kinerja tersebut meliputi kecepatan respon terhadap pengaktifan aktuator dan durasi waktu kerja aktuator setiap siklus. Tahap lanjutan pada penelitian berikutnya adalah pengujian kinerja aktuator pada tanaman cabai di *greenhouse* dan di luar *greenhouse*.

Tujuan dari penelitian ini adalah merancang sensor suhu udara dan sensor kelengasan tanah

untuk mendukung otomasi budidaya tanaman cabai. Kesuksesan perancangan sensor dilihat dari nilai koefisien determinasi dan total error untuk setiap jenis sensor yang akan digunakan pada sistem kendali budidaya tanaman cabai. Analisis aktuator yang dihitung meliputi kecepatan respon aktuator pompa air dan pompa irigasi.

Penelitian ini diharapkan mampu membantu petani cabai dalam pengendalian suhu, kelembapan tanah, pemupukan yang presisi melalui sensor suhu dan kelembapan yang akurat. Ketersediaan sistem kendali pada lahan pertanian, mampu meningkatkan produktifitas pertanian cabai. Sistem kendali ini juga diharapkan mampu membantu minimnya tenaga kerja pada sektor pertanian di beberapa daerah di Indonesia. Penelitian pernah dilakukan oleh Martin dkk. (2015) tentang perakitan sensor pH dan kelembapan tanah menggunakan logika fuzzy. Selain itu, Devaraju dkk. (2016) melakukan penelitian tentang perancangan stasiun pengukuran iklim berbasis wireless. Penelitian terdahulu, dijadikan rujukan untuk perakitan rangkaian sensor suhu dan kelembapan untuk perancangan sistem kendali untuk tanaman cabai.

METODE PENELITIAN

Kegiatan penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi, Laboratorium Alat dan Mesin Pertanian, Laboratorium Sumber Daya Alam, Teknik Pertanian Universitas Lampung, Bandar Lampung, Indonesia.

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah LM35DZ dan DHT 22 sebagai sensor suhu dengan daya <0,1 watt, 2 buah elektroda terbuat dari baja 0,3 mm, *liquid crystal display* (LCD) dengan daya $\pm 0,5$ watt, mikrokontroler ATmega2560 AVR dengan power <0,1 watt, *printed circuit board* (PCB), 3 Op-Amp, 300 g bubuk *feridchloride*, komponen elektronik aktif dan pasif seperti resistor, kapasitor, dioda, *black housing* 10 pin, besi *spacer* 30 *pieces*, 3 lembar kertas *glossy*, kabel warna (kabel jumper), 3 boks untuk sensor, 1 kotak akrilik untuk modul, pompa akuarium, relay 5V DC dan 12 V, transistor TIP122, pompa air 220 v 220 watt, pompa aquarium 220 v 20 watt.

Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah seperangkat alat teknis seperti tang, obeng, solder, gergaji, multimeter, timbangan, dan laptop. Perangkat lunak yang dibutuhkan untuk mendukung perancangan

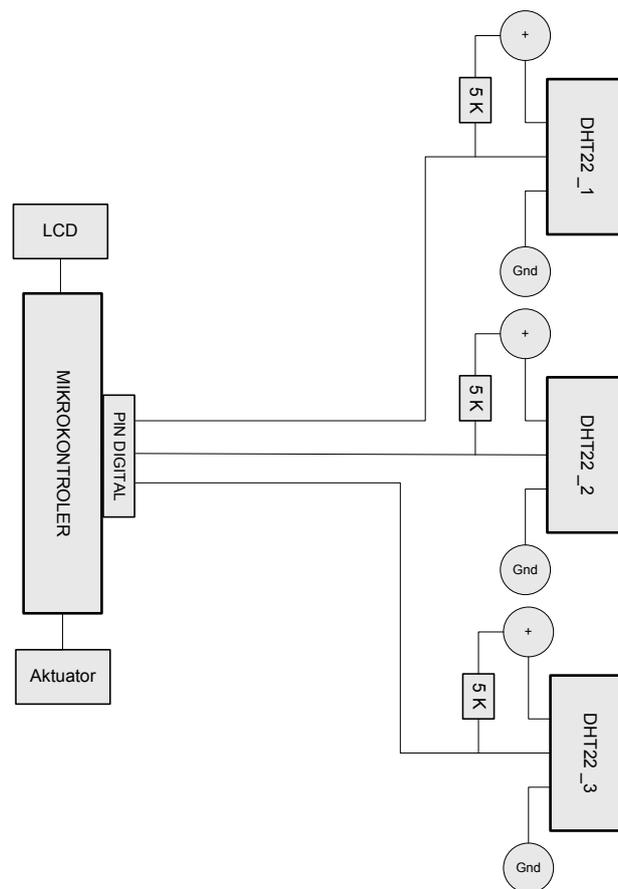
sistem kontrol adalah perangkat lunak *Arduino* dan program *Eagle*.

Rancangan Skematik Sensor Suhu dan Sensor Kelembapan Tanah

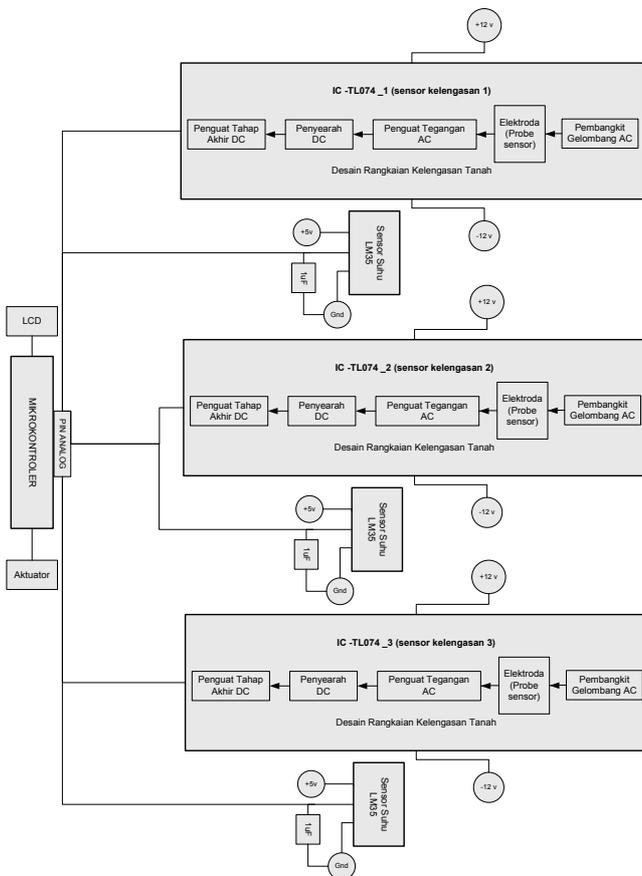
Desain sensor suhu pada penelitian ini menggunakan tipe sensor DHT22. Sensor ini mampu mengukur perubahan suhu dan kelembapan di sekitarnya. Sensor yang digunakan dalam kegiatan penelitian ini sejumlah 3 unit sensor DHT22.

Sensor DHT22 ini dihubungkan secara langsung pada *Arduino mega* melalui pin digital 34, 35, 36. *Arduino mega* menggunakan mikrokontroler ATmega 2560. Output sensor ini terhubung resistor 5 k Ω sebelum masuk pada pin digital mikrokontroler (Gambar 1). Untuk menghasilkan sensor yang layak digunakan dalam budidaya tanaman cabai, maka dilakukan kalibrasi dan validasi sensor. Model yang dihasilkan dari proses kalibrasi ditampilkan melalui Persamaan 1, 2, dan Persamaan 3.

Desain sensor kelembapan pada Gambar 2, dirangkai dalam sebuah *port circuit board* (PCB) *single layer*. Penguatan tegangan dari elektroda (probe) yang



Gambar 1. Rangkaian sensor suhu DHT 22



Gambar 2. Rangkaian sensor suhu DHT 22

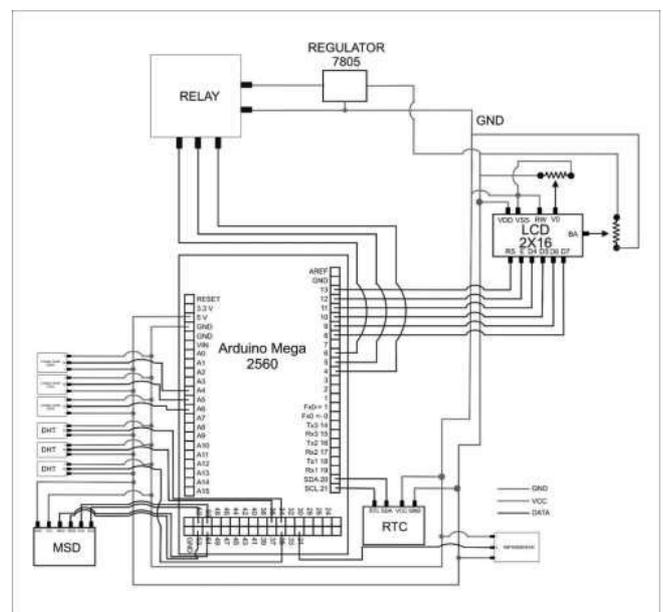
dimasukkan ke tanah yaitu menggunakan Operasional Amplifier IC074. Panjang elektroda adalah 10 cm. Sinyal listrik yang berada pada satu ujung elektroda (probe), dihantarkan melalui tanah menuju probe lainnya. Besarnya tegangan listrik yang mengalir melalui kedua probe, ditentukan oleh nilai lengas tanah. Sebelum tegangan listrik melalui probe, tegangan listrik searah diubah menjadi tegangan bolak balik. Hal ini dirancang agar tidak terjadi polarisasi elektron pada salah satu probe saat pemakaian sensor yang berkepanjangan. Setelah melalui elektroda, tegangan listrik AC dikuatkan, selanjutnya tegangan listrik disearahkan menjadi arus DC, dan dikuatkan kembali pada kondisi tegangan DC. Perubahan dari tegangan DC bertujuan untuk menyamakan tegangan input mikrokontroler dengan tegangan sensor. Tegangan keluaran dari sensor ini, sebagai masukan ke dalam pin analog pada mikrokontroler. Disamping itu, terdapat sensor LM35 *waterprof* yang digunakan sebagai kompensasi nilai sensor kelengasan. Hal ini disebabkan karena nilai konduktansi dipengaruhi oleh suhu tanah (Palaparthi dkk., 2017). Rangkaian sejenis ini juga dimanfaatkan oleh Dewangga dkk. (2015) dalam penelitiannya tentang sensor kelengasan tanah.

Sensor dihubungkan langsung ke mikrokontroler tanpa melalui penguatan tegangan. Akan tetapi, output sensor LM35 yang menuju mikrokontroler dipasang kapasitor 1 μ F. Ouput dari sensor kelengasan tanah rancangan ini ada 2 yaitu, output sensor kelengasan atau output elektroda dan output sensor suhu tanah sebagai kompensasi nilai koreksi pada hasil kadar air yang diperoleh (Gambar 2). Kompensasi suhu ini diproses di dalam mikrokontroler melalui Persamaan 4, 5, dan Persamaan 6. Seluruh komponen dipasang ke dalam kotak hitam 10 x 5 x 5 cm berbahan plastik agar mampu terhindar dari gangguan dari luar.

Implementasi Penelitian

Tahap lanjutan dalam perancangan sistem ini adalah perangkaian sistem pengukur dan perekam data menggunakan mikrokontroler. Penyusunan dan perakitan dilakukan dengan menyesuaikan pin input dan output pada masing-masing modul yang digunakan. Modul yang digunakan dalam perancangan sistem ini adalah mikrokontroler ATmega 2560 dengan *board arduino mega*, modul *real time clock* (RTC), modul penyimpanan data, relay 5 volt, transistor, *liquid crystal display* (LCD), modul power supply +12 volt, -12 volt dan 9 volt (Gambar 3). Pengujian masing-masing modul diperlukan dalam perancangan ini, agar tidak terjadi kesalahan perekaman dan tampilan data.

Proses kalibrasi sensor suhu dilakukan dengan menempatkan sensor di dalam kotak besi tertutup. Di dalam kotak besi, diletakkan termometer air raksa yang berfungsi sebagai kalibratornya. Peletakan sensor dan kalibrator suhu diletakkan sejajar di tengah kotak



Gambar 3. Skematik rancangan perangkat pengolah data

besi. Kotak ini dipanaskan mulai dari suhu 28 °C hingga 50 °C. Suhu yang meningkat di dalam ruang besi, mempengaruhi suhu yang terbaca di sensor dan kalibrator. Sensor suhu mengirim data pada mikrokontroler yang ditampilkan pada LCD. Suhu dari sensor dibandingkan dengan suhu yang terbaca pada kalibrator. Melalui analisis regresi linear, diperoleh model matematika antara hubungan sensor suhu dengan kalibrator. Model matematika ini dimasukkan ke dalam program pada mikrokontroler. Validasi dilakukan menggunakan model matematika yang diperoleh. Validasi ini dilakukan dengan mengulangi proses pengambilan data kalibrasi dengan kadar air yang berbeda, namun data kelengasan yang didapatkan dari sensor adalah dalam bentuk persen (%). Tanah yang telah diukur, kemudian dikeringkan sehingga diperoleh kadar air aktualnya, yang disebut kadar air kalibrator melalui teknik gravimetri. Validasi sensor suhu berfungsi untuk mengukur nilai keakuratan sensor suhu dengan kalibrator yang dibuktikan melalui koefisien determinasi (R^2) dan total error.

Proses kalibrasi sensor kelengasan tanah yaitu dengan membandingkan nilai tegangan analog dari sensor kelengasan tanah dengan kadar kelengasan aktual. Pengukuran kadar lengas aktual dengan menggunakan teknik gravimetri, yaitu dengan mengeringkan tanah pada suhu 104 °C selama 24 jam. Sensor yang digunakan dalam perancangan sistem ini adalah sepasang elektroda yang terhubung dengan penguatan tegangan listrik. Sensor ini ditancapkan ke dalam tanah untuk mendeteksi kadar konduktansi tanah. Arus listrik yang mengalir di antara dua elektroda meningkat, saat air banyak terkandung di dalam tanah. Arus listrik terhambat saat air tidak tersedia di dalam tanah. Perbedaan potensial arus listrik dari antara kedua probe, dikuatkan kembali oleh IC OP-Amp TL-074. Penguatan arus listrik mencapai ribuan kali untuk mendapatkan nilai yang terbaca oleh mikrokontroler. Selanjutnya, IC TL-074 ini dihubungkan dengan mikrokontroler untuk mengolah perubahan tegangan yang ada pada probe sensor. Pemasangan sensor suhu tanah diperlukan dalam perancangan ini. Sensor suhu tanah diperlukan sebagai koreksi nilai kelengasan yang muncul pada sistem kendali (Palaparthi dkk., 2017).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem Pengolah dan Perekam Data

Sistem ini dirancang dengan menggunakan mikrokontroler ATmega 2560 dengan *board arduino mega*. Sistem ini dilengkapi dengan *liquid crystal display* (LCD), modul *real timer clock* (RTC), dan modul



Gambar 4. Sistem pengolah dan penampil data

penyimpanan data (Gambar 4). Sistem pengolah dan penampil data ini mampu bekerja 24 jam dengan kemampuan mengolah dan menghitung bilangan-bilangan digital ataupun analog, menerima data dari sensor, menyimpan data, menampilkan data dan mengaktifkan aktuator. Mikrokontroler ATmega merupakan IC yang handal dalam operasional untuk aktivasi aktuator dan penerima data dari sensor. Mikrokontroler ATmega pada *Arduino* banyak digunakan dalam bidang pertanian seperti rancangan pengendali hama di sawah (Telaumbanua dkk. 2018). Sistem menggunakan *Arduino* dilakukan juga oleh Al-Farzaq dan wildian (2017) pada box kaca untuk merepresentasikan tanaman di dalam *greenhouse* melalui prototipe sistem kendali.

Sistem pengolah dan penampil data ini dihubungkan dengan sensor suhu lingkungan yaitu DHT 22 sejumlah 3 sensor. Aktuator yang terhubung ke sensor suhu ini adalah pompa air. Pompa air digunakan untuk mengabutkan air menjadi butiran halus. Pompa air dan sistem ini terhubung melalui modul relay dan transistor TIP122. Sistem pengolah dan penampil data terhubung dengan tiga sensor kelengasan tanah. Aktuator yang terhubung dengan sensor kelengasan tanah adalah pompa irigasi. Pompa yang digunakan adalah pompa akuarium dengan daya 20 watt. Pompa air dan sistem ini terhubung melalui modul relay dan transistor TIP122.

Sensor Suhu dan Pompa Sprayer

Dari hasil kalibrasi dan validasi, diperoleh model sensor suhu 1 (DHT 22) pada Persamaan 1. Sensor ini menunjukkan koefisien determinasi 0,999 yang

menunjukkan hubungan yang erat antara sensor suhu dengan termometer air raksa. Total rerata error yang di melalui hasil pengukuran adalah $-0,071$ °C.

$$\text{Suhu aktual 1 (\%)} = 0,9909 \times \text{Suhu Sensor 1} + 0,4362 \quad (1)$$

Model matematika pada sensor suhu 2 ditunjukkan pada Persamaan 2. Dari hasil proses validasi, diperoleh nilai koefisien determinasi sebesar 0,999. Dari hasil perhitungan, diperoleh rerata total error sensor 2 adalah $-0,085$ °C.

$$\text{Suhu aktual 2 (\%)} = 1,0077 \times \text{Suhu Sensor 2} - 0,2214 \quad (2)$$

Pada sensor suhu 3, diperoleh model pada persamaan 3. Dari hasil perhitungan, diperoleh nilai koefisien determinasi sebesar 0,999. Rerata total error dari sensor suhu 3 ini adalah 0,014.

$$\text{Suhu aktual 3 (\%)} = 0,9997 \times \text{Suhu Sensor 3} + 0,0014 \quad (3)$$

Dari hasil perhitungan tersebut, sensor suhu 1, sensor suhu 2, dan sensor suhu 3 telah layak untuk digunakan dalam pengukur untuk pengendalian suhu di *greenhouse* dengan akurasi yang tinggi. Sensor ini diletakkan pada bagian tengah *greenhouse*, sudut *greenhouse*, dan di bagian sudut bawah *greenhouse*. Peletakan sensor ini diharapkan mampu merepresentasikan rerata suhu di dalam *greenhouse* (Gambar 5).

Pengujian pada pompa pengabut udara telah dilakukan setelah sensor terkalibrasi. Sensor ini mampu memberikan respon kepada mikrokontroler untuk mengaktifkan pompa setelah melewati nilai *setting point*. Kecepatan respon untuk mengaktifkan pompa pengabut udara sebesar 0,01 detik. Pompa aktif, saat suhu telah berada di atas *setting point*, yaitu 35 °C. Pompa aktif selama 30 detik untuk mendinginkan suhu



Gambar 5. Sensor suhu DHT22

di dalam *greenhouse*. Di dalam *greenhouse*, terdiri dari 2 lajur pipa *sprayer*. Setiap lajur pipa terdiri atas 8 *nozzle* dengan lebar kerja 1 m² pada untuk bukaan 0° pada katup umpan balik pompa air.

Nilai 30 detik diperoleh dari hasil pengamatan antara durasi waktu pompa aktif untuk menyedot air dari tangki penampungan, masuk ke dalam kincir pompa, masuk ke pipa pengabut, dan kondisi air yang telah terkabut sempurna di dalam *greenhouse*. Durasi proses ini membutuhkan waktu 30 detik. Hal ini bertujuan untuk menghindari kelebihan air yang terjatuh pada permukaan daun cabai saat proses fotosintesis. Pengaturan lama waktu pompa pengabut yang tidak sesuai, menyebabkan tidak optimalnya penurunan suhu pada *greenhouse*. Selain itu, pompa yang terlalu lama aktif, menyebabkan butiran halus dari *sprayer* mengumpul pada permukaan daun tanaman cabai. Saat butiran air yang mengenai permukaan daun, telah melebihi luas permukaan daun, molekul air yang di atas permukaan menjadi terkumpul sehingga melapisi keseluruhan permukaan daun. Hal ini mampu memperlambat proses laju fotosintesis dan penyerapan CO₂.

Sensor Kelengasan dan Pompa Irigasi

Nilai kelengasan tanah yang pada suhu yang tinggi, menyebabkan pembacaan pada nilai kelengasan aktual menjadi lebih tinggi (Palaparthi dkk. 2017). Hal ini disebabkan oleh suhu memiliki pengaruh dalam kenaikan atau penurunan nilai konduktansi tanah. Untuk itu, diperlukan sensor suhu sebagai komparasi dalam perumusan nilai kelengasan aktual (Gambar 6). Sensor suhu yang digunakan, telah dikalibrasi, sebelum digunakan dalam perancangan sensor kelengasan tanah untuk tanaman cabai ini.



Gambar 6. Sensor kelengasan tanah

Melalui hasil pengukuran dan perhitungan, diperoleh model matematik sensor kelengasan 1 (Persamaan 4). Nilai ADC yang tertera pada model matematika sensor merupakan nilai tegangan analog yang telah dikonversi menjadi bilangan digital. Dari hasil perhitungan, diperoleh nilai koefisien determinasi sebesar 0,8885 dan nilai total error adalah -0,2204 %. Nilai KA yang tampil pada LCD sistem menyatakan nilai kelengasan tanah dalam satuan persen (%).

Sensor kelengasan 2 menunjukkan nilai koefisien determinasi sebesar 0,8401 dengan nilai total error adalah -0,0952 %. Model matematika sensor kelengasan tanah 2 dilihat pada Persamaan 5.

Dari sensor kelengasan 3, diperoleh koefisien determinasi sebesar 0,8963 dengan nilai total error pengukuran adalah -2,8049 %. Model matematika yang didapat dari perhitungan hasil pengukuran sensor kelengasan 3 dapat dilihat dari Persamaan 6.

Nilai dari perancangan sensor ini telah mampu merepresentasikan bahwa sensor yang dirancang, mampu mendekati hasil pengukuran kadar lengas dengan teknik gravimetri.

Sensor yang telah dirancang, dilibatkan dalam pengukuran kecepatan respon pompa irigasi. Seluruh sensor kelengasan dihubungkan pada mikrokontroler yang terhubung dengan pompa irigasi. Pompa irigasi yang digunakan adalah pompa aquarium 220 V dengan daya 20 watt. Sistem penyaluran air irigasi melalui tahap ini adalah sistem tetes. Sistem irigasi dengan menggunakan tetesan air, dapat menghemat penggunaan air karena mengurangi infiltrasi dan penguapan. Pompa yang digunakan dalam pengujian kecepatan respon sistem irigasi ini adalah pompa aquarium dengan tinggi maksimal kerja pompa adalah 2 meter. Dari hasil pengujian pada pompa irigasi, waktu yang dibutuhkan sistem untuk mengaktifkan pompa air adalah 0,01 detik. Waktu yang dibutuhkan sistem untuk mengalirkan air dari tangki penampungan air, pompa, dan pipa penyalur adalah 10 detik. Pompa dapat aktif, setelah mikrokontroler mendeteksi sinyal yang diberikan oleh 3 sensor kelengasan tanah, berada di bawah ambang batas nilai *setting point* 40%.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, diperoleh koefisien determinasi (R^2) sensor suhu lingkungan sebesar 0,999, koefisien determinasi R^2 sensor suhu 2 adalah 0,999 dan koefisien determinasi sensor suhu 3 adalah 0,999. Masing-masing total error dari ketiga sensor tersebut berturut-turut adalah -0,071 °C, -0,085 °C, dan 0,014 °C. Sensor ini telah layak digunakan untuk pengukuran suhu lingkungan di dalam

greenhouse. Hasil dari sensor kelengasan 1 diperoleh nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,888 dengan total error -0,2204 %. Nilai koefisien determinasi (R^2) sensor kelengasan 2 adalah 0,8401 dengan total error adalah -0,0952 %. Koefisien determinasi (R^2) sensor kelengasan 3 adalah 0,8963 dengan total error adalah -2,8049 %. Kecepatan respon sistem kendali untuk menyalakan pompa irigasi adalah 0,01 detik dengan waktu penyaluran air irigasi dari tangki penampungan ke tanaman adalah 10 detik. Hasil dari kedua jenis sensor dan aktuator pompa air, pompa irigasi, telah terintegrasi dan berfungsi dengan baik. Sistem ini telah siap untuk diuji pada budidaya tanaman cabai.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Farzaq, A, A dan Wildian (2017). Perancangan Sistem Kontrol Temperatur dan Kelembaban Tanah pada Rumah Kaca Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno. *Jurnal Fisika Unand* 6(2): 114 - 118.
- Badan Pusat Statistik dan Direktorat Jenderal Hortikultura. (2016). *Luas Panen Cabai Besar Menurut Propinsi, 2011-2015*. Jakarta.
- Crafte, U.S., H.B., Currier and C.P. Stocking, (1949). *Water in the Physiology of Plants*. Waltham, Mass. USA. Published by The Chronoca Botanica Company. 240p.
- Daniel., Fisher, K., Kebede, H. (2010). A low-cost microcontroller-based system to monitor crop temperature and water status. *Computers and Electronics in Agriculture*. 74 (1) : 168-173.
- Devaraju, J, T., Suhas, K, R., Mohana, H, K., Patil, V, A. (2016). Wireless Portable Microcontroller based Weather Monitoring Station. *Measurement*. Volume 76, December 2015, Pages 189-200.
- Dewangga, A, D., Purwantana, B., Masitoh. (2015). *Design the ground humidity sensor for pepper plants*. Agricultural Engineering Thesis. Universitas Gadjah Mada: Yogyakarta.
- Dwidjoseputro, D. 1984. *Introduction to Plant Physiology*. Publisher PT. Gramedia. Jakarta. Pp. 66-106.
- Harwati, T.C. (2008). Effect of temperature and length of irradiation on potato tuber (*Solanum tuberosum*, ssp.) *Journal of Agricultural Innovation* 7 (1): 11 - 18.
- Jackson, T., Mansfield, K., Saafi, M., Colman, T., Romine, P. (2008). Measuring soil temperature and moisture using wireless MEMS sensors. *Measurement*. 41 (4) : 381-390.
- Kusandriani, Y dan Sumarna. A. (1993). Response of chili varieties at several levels of soil moisture. *Bul.Penel. Hort.* 25 (1): 31-36.
- Martin, J., Susanto, E., Sunarya, U. (2015). Arrangement Ph And Humidity Of Soil Based On Fuzzy Logic Using

- Microcontroller. *e-Proceeding of Engineering*. 2 (2) : 2236.
- Palaparthi,V. S., Singh D,N., Maryam., Baghini, S. (2017). Compensation of temperature effects for in-situ soil moisture measurement by DPHP sensors. *Computers and Electronics in Agriculture*. 141 : 73-80.
- Suhardiyanto, H. (2009). *Plant House Technology For Wet Tropical Climate, Environmental Modeling and Control*. Horikulture Technology House Plants. IPB Press. Bogor
- Sumarni, N. and Rosliani, R. (2002). The growing media and application time of NPK nutrient solution for hydroponic chili planting. *J.Hort*. 11 (4): 237-243.
- Telaumbanua, M., Angraini, R., Sasongko, F, I., Fitri, A., Sari, R, F, M., Waluyo, S. (2018). Control system Desain for rat pest repellent in the rice field using a modified ATmega328 microcontroller modified with ultrasonic sound wave. *International Journal Engineering Inventions*. 7 (8): 29-38.
- Telaumbanua, M., Purwantana, B., dan Sutiarso, L. (2014). Rancangbangun Aktuator Pengendali Iklim Mikro di Dalam Greenhouse Untuk Pertumbuhan Tanaman Sawi (*Brassica rapa var.parachinensis* L.). *Agritech* 34 : 213 - 222.
- Telaumbanua, M., Purwantana, B., Sutiarso, L. (2016). Study on the growth of mustard plants (*Brassica rapa var parachinensis* L.) Hydroponics in controlled greenhouses. *Agritech* 36 (1): 104-110.
- Wien, H.C. (1997). The physiology of vegetable crops. Cab. International.