

RANCANG BANGUN SISTEM IRIGASI TETES OTOMATIS BERBASIS PERUBAHAN KADAR AIR TANAH DENGAN MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER ARDUINO NANO

[DESIGN OF AUTOMATIC DRIP IRRIGATION BASED ON CHANGE OF SOIL WATER CONTENT USING ARDUINO NANO MICROCONTROLLER]

Rendy Franata¹, Oktafri², Ahmad Tusi³

¹⁾ Mahasiswa S1 Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung

^{2,3)} Staf Pengajar Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung

✉ komunikasi penulis, email :fr.rendy65@gmail.com

Naskah ini diterima pada 8 September 2014; revisi pada 15 Oktober 2014; disetujui untuk dipublikasikan pada 31 Oktober 2014

ABSTRACT

Formerly, most of Indonesian farmers only used a timer in an effort to set up drip irrigation scheduling. This method is less effective in providing irrigation according to crop water requirement because it is only able to arrange the provision of irrigation based on a predetermined time interval only, so that the excess or lack of water can't be controlled. This research makes an instrument which is able to overcome these problems, that is by designing an automatic control system on regulating the provision of irrigation water in drip irrigation by using a microcontroller that works based on change of soil water content. The parameters observed in this study are the change of soil water content, irrigation flow rate, bulk density of soil, and dropper flow uniformity. This study uses three types of growing medium, i.e. sand, red-yellow podzolic soil, and mix soil with organic nitrofosfat fertilizer. Calibration tests showed a linear function, for sand medium $y = -0.23x + 46.96$ with percent error $\pm 5.22\%$, for red-yellow podzolic soil and mix soil with organic nitrofosfat fertilizer medium $y = -0.71x + 104.07$ with percent error $\pm 2.92\%$. The results showed that the automatic control system is able to work well, i.e. turn on the pump when soil water content drops below the critical water content and turn off the pump when soil water content rises over the field capacity.

Keywords: Drip irrigation, microcontroller, and soil water content.

ABSTRAK

Selama ini kebanyakan petani di Indonesia hanya menggunakan pengatur waktu (*timer*) dalam upaya mengatur penjadwalan irigasi tetes. Cara ini masih kurang efektif dalam memberi irigasi yang sesuai dengan kebutuhan air tanaman karena hanya mampu mengatur pemberian irigasi berdasarkan interval waktu yang telah ditentukan saja, sehingga kelebihan maupun kekurangan air tidak dapat dikendalikan. Pada penelitian ini dilakukan perancangan alat yang mampu mengatasi permasalahan tersebut, yaitu dengan merancang suatu sistem kendali otomatis pengatur pemberian irigasi tetes dengan menggunakan mikrokontroler yang mampu bekerja berdasarkan perubahan kadar air tanah. Parameter pengamatan dalam penelitian ini adalah perubahan kadar air, debit aliran irigasi, keseragaman aliran penetes dan bulk density. Penelitian ini menggunakan 3 jenis media tanam, yaitu pasir, tanah podzolik merah kuning (PMK) dan campuran tanah PMK dengan pupuk organik nitrofosfat (kompos). Dari hasil uji kalibrasi alat didapatkan fungsi linear untuk media pasir $y = -0,23x + 46,96$ dengan persentase error $\pm 5,22\%$, kemudian untuk media tanah PMK dan kompos $y = -0,71x + 104,07$ dengan persentase error $\pm 2,92\%$. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem kendali otomatis mampu bekerja dengan baik, yaitu menyalakan pompa pada saat kadar air tanah turun melewati nilai titik kritis dan mematikan pompa pada saat kadar air tanah naik melewati nilai kapasitas lapang.

Kata Kunci: Irigasi tetes, kadar air tanah, dan mikrokontroler.

I. PENDAHULUAN

Irigasi tetes (Sumarna, 1998) merupakan metode pemberian air dengan debit yang rendah. Sistem irigasi tetes dapat menghemat pemakaian air, karena dapat meminimumkan kehilangan-kehilangan air yang mungkin terjadi, seperti perkolasi, evaporasi dan aliran permukaan, sehingga cocok untuk diterapkan pada daerah dengan sumber air terbatas. Penelitian tentang irigasi tetes juga telah dilakukan oleh Afriyana, Tusi, dan Oktafri (2012), yaitu dengan menggunakan *emitter* jenis *line sources*, berupa kain polyester, yang menunjukkan tingkat keseragaman yang cukup tinggi dengan nilai keseragaman penyebaran sebesar 74,6%.

Sistem irigasi tetes secara konvensional telah banyak dilakukan sebelumnya, namun tidak dilengkapi dengan sistem kendali otomatis untuk mengatur jadwal pemberian irigasinya. Cara ini masih kurang efektif apabila dibandingkan dengan sistem irigasi tetes yang dilengkapi sistem kendali otomatis dengan menggunakan mikrokontroler, karena sistem tersebut mampu mengatur pemberian air sesuai dengan kebutuhan air tanaman.

Berkembangnya teknologi mikrokontroler saat ini tentunya akan mempermudah pekerjaan manusia. Mikrokontroler dapat diprogram menggunakan komputer sehingga rangkaian elektroniknya dapat membaca input data lalu memproses dan mengeluarkan outputnya sesuai perintah program yang diberikan. Salah satu jenis mikrokontroler yang terbaru saat ini adalah mikrokontroler Arduino (Arduino.cc, 2014).

Aplikasi mikrokontroler untuk penjadwalan pemberian irigasi tentu menjadi hal yang sangat bermanfaat untuk dilakukan. Menurut Arriska, Setiawan, dan Saptomo (2013) penjadwalan irigasi secara otomatis sangat mendukung disaat cuaca yang susah diprediksi akibat adanya perubahan iklim global dan perubahan pola hujan, sehingga meningkatkan ketidakpastian ketersediaan air. Mikrokontroler juga dapat mengurangi rutinitas kerja dalam mengairi tanaman yang selalu dilakukan operator pada umumnya.

Hasil dari pengembangan teknologi mikrokontroler sangat tepat jika diterapkan

dalam otomatisasi irigasi yang saat ini belum populer dilakukan petani. Selain untuk menunjang kegiatan irigasi tanaman yang lebih terkontrol dan akurat, otomatisasi irigasi juga dapat dijadikan sebagai sarana menuju irigasi teknis yang lebih modern. Salah satu sistem irigasi yang baik untuk dikembangkan ke arah otomatisasi tersebut adalah irigasi tetes, yaitu irigasi bertekanan rendah dengan efisiensi penggunaan air irigasi paling tinggi dibandingkan dengan sistem irigasi yang lainnya. Mikrokontroler beserta komponen sensor-sensor pendukungnya tentu mampu untuk diaplikasikan dalam otomatisasi sistem irigasi tetes tersebut.

Tujuan dari penelitian ini adalah menghasilkan sistem kendali otomatis yang mampu mengatur penjadwalan irigasi tetes dengan menggunakan mikrokontroler yang bekerja berdasarkan perubahan kadar air tanah, serta menguji kinerja sistem tersebut pada 3 media tanam yang berbeda.

II. BAHAN DAN METODA

2.1. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei 2014 - Agustus 2014 di Green House dan Laboratorium Rekayasa Sumber Daya Air dan Lahan (RSDAL), Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

2.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian adalah sebagai berikut

1. Sistem irigasi tetes yang terdiri dari beberapa komponen, seperti: pompa akuarium (*head* 2 m), pipa *poly ethylene*, selang *emitter*, *regulating stick*, tangki air serta peralatan pendukungnya.
2. Oven, cawan, timbangan analitik dan *ring sample* untuk menganalisis sifat fisik tanah.
3. Media tanam, yaitu: pasir, tanah podzolik merah kuning (PMK) dan tanah dengan campuran pupuk organik nitrofosfat (kompos).
4. Komponen mikrokontroler yang terdiri dari *Arduino Nano*, *soil moisture sensor (sensor)*, *real time clock (RTC)*, *data logger/SD card module*, *relay*, *power bank* dan *laptop*.

Penelitian ini menggunakan 3 jenis media tanam yang berbeda yang mana masing-masing media tanam dihubungkan dengan sebuah pompa. Pompa 1 merupakan pompa yang bekerja pada media tanam pasir yang mendapatkan input data dari sensor 1, Pompa 2 merupakan pompa yang bekerja pada media tanam tanah PMK yang mendapatkan input data dari sensor 2, dan Pompa 3 merupakan pompa yang bekerja pada media tanam campuran antara tanah PMK dengan kompos yang mendapatkan input data dari sensor 3.

2.3 Prosedur Analisis Sifat Fisik Tanah

Sifat fisik tanah yang dianalisis adalah *bulk density* (BD) dan tekstur tanah. Pada perhitungan BD, sampel tanah dioven pada suhu 105° C, sehingga didapatkan massa total tanah dalam keadaan kering (Mtk), kemudian diukur juga volume total tanah (Vt).

$$BD = Mtk / Vt \dots\dots\dots(1)$$

Tekstur tanah didapatkan dengan menggunakan metode segitiga tekstur, yaitu dengan mencari persentase kandungan pasir, liat, dan debu pada masing-masing sampel tersebut.

2.4 Proses Pembuatan Sistem Kendali Otomatis

Arduino Nano terlebih dahulu dirangkaikan dengan modul sensor pendukungnya, yaitu *soil moisture sensor, relay, RTC, dan data logger/ SD card module*. Kemudian dimasukkan perintah yang telah dirancang khusus untuk aplikasi irigasi tetes otomatis ini. Perubahan kadar air tanah akan dibaca oleh *soil moisture sensor* sebagai besaran tegangan. Besar pembacaan sensor diteruskan ke Arduino untuk diproses melalui bahasa pemrograman. Sistem ini bekerja dengan batasan-batasan, yaitu batasan minimum pada nilai titik kritis dan batasan maksimum pada nilai kapasitas lapang. Apabila besaran hasil pembacaan sensor telah melewati batas batas minimum dan maksimum yang telah ditentukan, maka Arduino akan meneruskan sebagai keluaran (output) pada relay. Relay akan memberikan sinyal *on/off* pada pompa irigasi. Kemudian sistem irigasi tetes beroperasi secara otomatis sesuai dengan perintah dari mikrokontroler melalui pembacaan perubahan kadar air tanah. Proses tersebut berulang terus-

menerus hingga kadar air tanah selalu berada pada kisaran antara titik kritis dan kapasitas lapang.

2.5 Prosedur Kalibrasi Sensor

Kalibrasi sensor dilakukan dengan mengambil 11 sampel pada tiap media tanam dengan tingkatan kadar air antara titik kritis dan kapasitas lapang. Kemudian besarnya kandungan air pada sampel diukur menggunakan sensor, sehingga didapatkan nilai tegangannya. Lalu sampel yang telah diukur menggunakan sensor, dihitung lagi kadar airnya secara gravimetrik. Nilai kadar air dari masing-masing sampel untuk tiap jenis tanah baik secara gravimetrik dan menggunakan sensor akan dibuatkan hubungannya dengan mencari fungsi persamaannya. Kemudian fungsi persamaan yang didapat inilah yang digunakan sebagai acuan untuk memasukkan nilai batas minimum dan maksimum kadar air tanah yang akan dimasukkan ke dalam program Arduino.

2.6 Prosedur Uji Keseragaman Irigasi

Uji keseragaman irigasi dilakukan dengan mengambil sampel pada masing-masing media tanam. *Emitter* pada masing-masing tanaman dicabut lalu dialirkan ke dalam gelas air mineral selama 5 menit. Volume air yang ditampung gelas air mineral tersebut digunakan sebagai data untuk mengukur keseragaman irigasi. Keseragaman irigasi tetes dihitung berdasarkan rumus Christiansen (1942) dan rumus GW Assough & GA Kiker (2002).

Rumus Christiansen:

$$CU = \left\{ 1 - \frac{\sum x_i - \bar{x}}{\sum x_i} \right\} \times 100\% \dots\dots\dots(2)$$

Rumus GW Assough and GA Kiker:

$$SU = (1 - CV) \times 100\% \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan:

- x_i : volume air pada wadah ke i (ml)
- \bar{x} : nilai rata-rata dari volume air pada wadah (ml)

$\sum(x_i - \bar{x})$: jumlah deviasi absolut rata-rata pengukuran (ml)

$$CV = \frac{S}{\bar{x}} : \text{koefisien variasi (\%)}$$

- s : standar deviasi
- CU : *coefficient uniformity*/ koefisien keseragaman irigasi (%)
- SU : *statistical uniformity*/ keseragaman statistik (%)

2.7 Kriteria Desain

Dalam penelitian ini dilakukan perancangan sistem kontrol otomatis pengatur pemberian air irigasi pada sistem irigasi tetes dengan menggunakan mikrokontroler yang bekerja berdasarkan perubahan kadar air tanah dengan batasan-batasannya, yaitu: sistem akan hidup pada saat melewati batasan minimum/ titik kritis dan sistem akan mati pada saat melewati batas maksimum/ kapasitas lapang.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

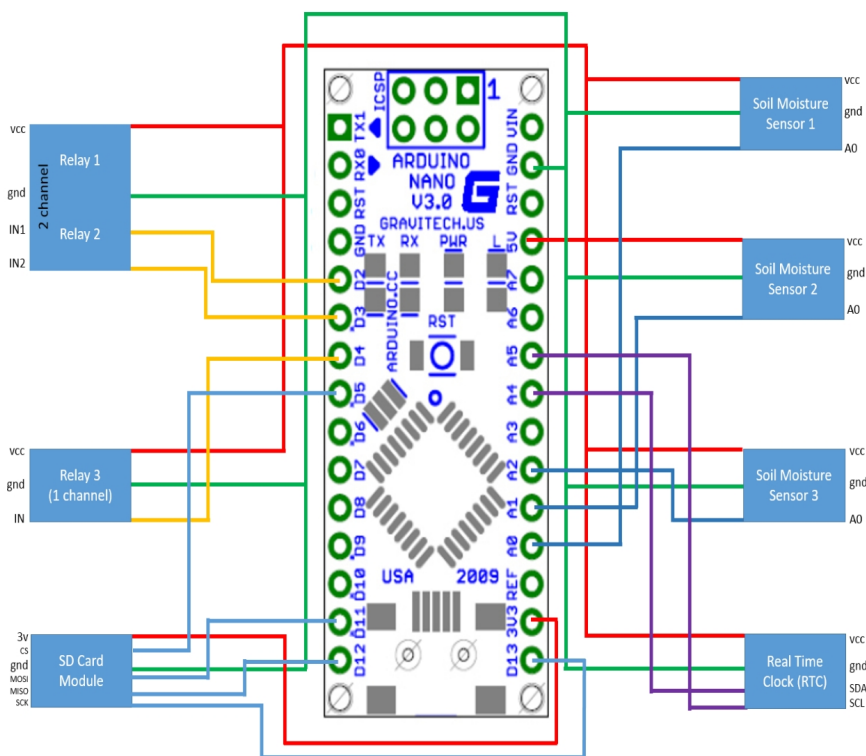
3.1 Analisis Sifat Fisik Tanah

Setelah dilakukan uji sampel di laboratorium didapatkan bahwa media tanam pasir yang digunakan memiliki tekstur *sandy loam* dengan nilai BD 1,212 gr/ cm³. Tanah dengan tekstur *sandy loam* berdasar kan penelitian Rafiah, Padusung, dan Tejowulan (2003) memiliki nilai *field capacity* (FC) sebesar 23,8% dan *permanent wilting point* (PWP) sebesar 14%. Kemudian tanah PMK memiliki

tekstur *clay* dengan nilai bulk density 1,086 gr/ cm³. Tanah dengan tekstur *clay* berdasarkan penelitian Oktaviani, Triyono, dan Haryono (2012) memiliki nilai FC sebesar 39,1% dan PWP sebesar 22,3%. Untuk media tanam kompos merupakan campuran antara tanah PMK dan pupuk organik nitrofosfat dengan komposisi 3:1. Sehingga karakteristik tanah yang digunakan tetap mengikuti tanah PMK karena tidak berbeda jauh kandungannya. Pada saat uji sampel didapatkan nilai BD untuk media campuran tanah dengan kompos adalah 1,125 gr/ cm³. Setelah selama 1 bulan dilakukan pengujian di *greenhouse* ternyata BD masing-masing media tanam tidak mengalami perubahan yang terlalu besar dari hasil uji kalibrasi sebelumnya.

3.2 Rancangan Sistem Kendali Otomatis

Rangkaian elektronik sistem kendali otomatis ini (Gambar 1) dirancang menggunakan berbagai macam komponen, yaitu: *Arduino Nano*, *soil moisture sensore*, *relay*, *RTC* dan *SD card module*. Masing-masing komponen memiliki fungsi yang saling berhubungan. *Soil moisture sensor* digunakan untuk membaca kelembaban tanah dalam bentuk tegangan (voltase). *Relay* berfungsi menerima sinyal



Gambar 1. Rancangan Sistem Kendali Otomatis

kendali *on/off* seperti saklar pada umumnya, namun sinyal kendali *on/off* pada relay diberikan otomatis oleh hasil pembacaan *soil moisture sensor* yang kemudian diproses oleh mikrokontroler, lalu output dari mikrokontroler tersebut diterima oleh *relay*. RTC digunakan untuk mencatat waktu dari setiap proses yang terjadi selama mikrokontroler bekerja. *SD card module* berfungsi sebagai *data logger*, yaitu merekam semua data hasil proses yang bekerja beserta waktu yang dicatat oleh RTC. Hasil penelitian Setiono, Puranto, dan Widiyatmoko (2010) menunjukkan bahwa *data logger* bekerja dengan cara mendeteksi perubahan tegangan keluaran sensor. Prinsip kerja *data logger* menurut hasil penelitian Lysbetti dan Ervianto (2012), yaitu mencatat perubahan sensor terus-menerus sesuai perintah yang dimasukkan.

Arduino Nano yang difasilitasi *micro usb* dapat dijalankan dengan menghubungkan ke *power supply 5V* atau *power bank*. Kemudian semua komponen tersebut dirangkai menjadi satu dengan *Arduino Nano* yang bekerja sebagai otak untuk memproses semua kegiatan yang berlangsung. Rangkaian dari keseluruhan komponen tersebut kemudian menjadi sistem kendali otomatis yang mampu mengatur

pemberian irigasi tetes berdasarkan perubahan kadar air tanah, yaitu menyalakan pompa pada saat kadar air tanah turun melewati nilai titik kritis dan mematikan pompa pada saat kadar air tanah naik melewati nilai kapasitas lapang.

3.3 Pemrograman Software

Program dirancang agar mampu membaca perubahan nilai tegangan sensor (x) kemudian mensubstitusikan nilai tersebut ke dalam fungsi linear untuk mencari nilai kadar air tanah (y) (Gambar 3). Dari hasil penelitian didapatkan fungsi persamaan untuk media tanam pasir adalah $y = -0,23x + 46,96$ dengan nilai $R^2 = 0,9645$ dan error 5,22%, kemudian untuk media tanah PMK adalah $y = -0,71x + 104,07$ dengan nilai $R^2 = 0,9883$ dan error 2,92%.

3.4 Uji Kinerja Alat

3.4.1 Uji Keseragaman Irigasi

Berdasarkan kriteria keseragaman irigasi tetes pada Tabel 1, maka sistem irigasi tetes otomatis ini sangat baik untuk digunakan, yaitu dengan menghasilkan rata-rata koefisien keseragaman irigasi CU sebesar 96,50% dan rata-rata SU sebesar 96,85% (Tabel 2). Pada sistem irigasi tetes otomatis yang menggunakan pompa

Tabel 1. Kriteria keseragaman irigasi tetes (Priyono, 2013).

Kriteria Keseragaman Irigasi Tetes	Coeffisient Uniformity (CU) (%)	Statistical Uniformity (SU) (%)
Sangat Baik	94 – 100	95 – 100
Baik	81 – 87	85 – 90
Cukup Baik	68 – 75	75 – 80
Jelek	56 – 62	65 – 70
Tidak Layak	<50	<60

Tabel 2. Keseragaman dan debit aliran irigasi tetes

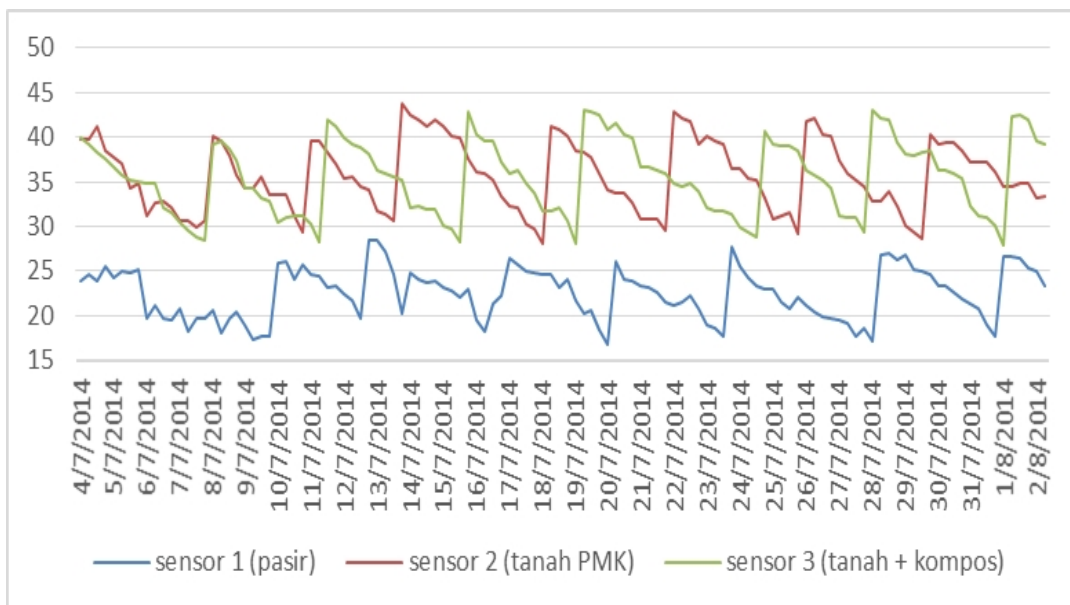
Minggu ke-	Sampel (ml)										CU (%)	SU (%)	Waktu (mnt)	Debit (ml/dtk)	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10					
Media Pasir															
1	80	80	97.45	75	73	78	78	78	75	81.5	96.62	96.62			0.259
2	81.5	77.5	97.66	76.5	76.5	76.5	76.5	77.5	75	83	96.76	96.76	5		0.259
3	79	77	95.15	75.5	74	73	74	71	73	72	96.80	96.80	menit		0.248
4	73	75	98.62	72	72	71	73	71	72	72	98.25	98.25			0.242
Media Tanah PMK															
1	87.5	86	80	89	78	84	85	87.5	86	86	97.01	95.95			0.283
2	90	85	82	93	83	89	89	89	90	87	95.71	96.08	5		0.292
3	76	78	77	88	81	85	84	82	84	81	95.17	95.34	menit		0.272
4	83	80	79	82.5	81	81	82	80	80	79	94.86	98.27			0.269
Media Campuran Tanah PMK dengan Kompos															
1	83	84	91	83	81	86	80	81	81	82	97.26	96.08			0.277
2	90	91	89	86	85	87	84	83	82	83	96.37	96.32	5		0.287
3	80	79	81	80	84	83	80	81	78	79	96.45	97.71	menit		0.268
4	81	80	82.5	80	79	80.5	82.5	81	78	78	96.32	98.00			0.268
Rata-rata											96.50	96.85			0.269

akuarium dengan kekuatan *head* 2 m ini menghasilkan debit aliran penetes yang cukup stabil. Pada media pasir dihasilkan debit aliran penetes dari minggu ke-1 sampai minggu ke-4 secara berturut-turut, yaitu sebesar 931,2 ml/ jam, 932,4 ml/ jam, 892,2 ml/ jam, dan 870 ml/ jam. Pada media tanah PMK dihasilkan debit aliran penetes dari minggu ke-1 sampai minggu ke-4 secara berturut-turut, yaitu sebesar 1.018,8 ml/ jam, 1.052,4 ml/ jam, 979,2 ml/ jam, dan 969 ml/ jam. Selanjutnya pada media campuran tanah PMK dengan kompos dihasilkan debit aliran penetes dari minggu ke-1 sampai minggu ke-4 secara berturut-turut, yaitu sebesar 998,4 ml/ jam, 1.032 ml/ jam, 966 ml/ jam, dan 963 ml/ jam.

Berdasarkan penelitian Ismi, dkk. (2011) bahwa pemberian bahan organik dapat meningkatkan kadar air tersedia sehingga dapat mengurangi besarnya penguapan.

3.4.3 Ketahanan Alat

Setelah dilakukan uji kinerja alat selama 1 bulan di dalam *greenhouse*, seluruh komponen mikrokontroler masih tetap dalam keadaan baik dan berfungsi normal sebagaimana mestinya kecuali *soil moisture sensor*. Sensor tersebut tidak mampu bertahan dalam waktu yang lama. Ketahanan sensor mulai melemah (kurang sensitif) setelah satu bulan beroperasi. Sensor mulai melemah pada hari ke 33 untuk sensor 3, hari ke-35 untuk sensor 2 dan hari ke-37 untuk sensor 1. Melemahnya sensor terlihat pada saat sensor tidak mampu membaca perubahan kadar



Gambar 2. Grafik perubahan kadar air selama 1 bulan

3.4.2 Lama Operasi Pompa

Lama operasi kerja pompa 3 adalah yang paling sedikit dibandingkan dengan pompa lainnya, ini dikarenakan kemampuan mengikat air pada media tersebut lebih tinggi dibandingkan media yang lain. Pemberian air irigasi paling sering terjadi pada sensor 1 (media pasir) dengan frekuensi 2-4 hari sekali, sensor 2 (tanah PMK) dengan frekuensi 3-4 hari sekali dan sensor 3 (campuran tanah PMK dengan kompos) dengan frekuensi 3-5 hari sekali (Gambar 2).

air tanah dengan teliti, yaitu sensor tidak dapat memberikan input data yang sesuai dengan keadaan di lapangan, sehingga irigasi terus berjalan meskipun kadar air tanah naik melewati kapasitas lapang. Untuk menjaga agar sensor dapat terus berfungsi dengan baik perlu dilakukan pembersihan sensor, yaitu dengan cara menyikat tanah beserta kerak kotoran yang menempel di plat sensor. Setelah kotoran yang melekat tersebut hilang, maka sensor dapat kembali bekerja normal sebagaimana mestinya.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilaksanakan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Rancang bangun sistem irigasi tetes otomatis menggunakan sensor kadar air tanah berbasis mikrokontroler Arduino Nano ini dapat berjalan dengan baik, yaitu menyalakan pompa pada saat kadar air tanah turun melewati nilai titik kritis dan mematikan pompa pada saat kadar air tanah naik melewati nilai kapasitas lapang.
2. Uji perormfansi pada sistem irigasi tetes otomatis ini menghasilkan keseragaman irigasi yang sangat tinggi, yaitu rata-rata CU sebesar 96,50% dan rata-rata SU sebesar 96,85%.
3. Kalibrasi sensor menghasilkan hubungan nilai output tegangan sensor (x) dan kadar air tanah (y) untuk media pasir $y = - 0,23x + 46,96$ dengan error $\pm 5,22\%$ dan media tanah PMK $y = - 0,71x + 104,07$ dengan error $\pm 2,92\%$.

4.2 Saran

Beberapa saran yang dapat dilakukan untuk memeperbaiki penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Perlu disiapkan *soil moisture sensor* cadangan agar pada saat sensor mulai kurang sensitif dapat diganti dengan sensor yang baru.
2. Perlu memasang pelindung (*shield*) pada permukaan mikrokontroler untuk meminimalisir terjadinya hubungan arus pendek.
3. Komponen sensor pendukung mikrokontroler dapat diganti dengan sensor yang lainnya untuk menghasilkan berbagai macam keluaran data yang kita inginkan, seperti LCD, DHT11, *Light Meter Sensor*, dan lain-lain.
4. Perlu dilakukan perawatan berkala pada *soil moisture sensor* untuk menjaga sensitifitas sensor tetap stabil.
5. Perlu dilakukan penelitian lanjutan dari penelitian ini dengan menggunakan tanaman.

DAFTAR PUSTAKA

- Afriyana, D., A. Tusi dan Oktafri. 2012. Analisi Pola Pembasahan Tanah dengan Sistem Irigasi Tetes Bertekanan Rendah. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung* 1(1): 43-50. Jurusan Teknik Pertanian, Universitas Lampung.
- Arduino.cc. 2014. Home Arduino Uno. <http://www.arduino.cc/en/Main/arduinoBoardUno>, diakses pada tanggal 12 Januari 2014. Original author by @Arduino.cc. Italy.
- Arriska, A. C., B. I. Setiawan dan S. K. Saptomo. 2013. Rancangan dan Uji Coba Otomatisasi Irigasi Kendi. Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Pertanian Bogor. <http://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/58179> diakses pada tanggal 21 Maret 2014.
- Eva, D. F. L. T., M. R. Ramadhan, G Septiana dan H. Saputro. 2013. Pengenalan Sensor Kelembaban Tanah Vn400 Dan Sen0057 dan Aplikasinya pada Pengukuran Kelembaban Tanah Kering dan Jenuh. Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Pertanian Bogor. <https://www.scribd.com/doc/174039674/Pengenalan-Sensor-Kelembaban-Tanah-Vn400-Dan-Sen0057-Dan-Aplikasinya-Pada-Pengukuran-Kelembaban-Tanah-Kering-Dan-Jenuh> diakses pada tanggal 21 Maret 2014.
- Ismi, Y. I., A. Sapei, Erizal, N. Sembiring dan M. H. B. Djoefri. 2011. Pengaruh Pemberian Bahan Organik pada Tanah Liat dan Lempung Berliat Terhadap Kemampuan Mengikat Air. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia* 16(2): 130-135. Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM), Institut Pertanian Bogor.
- Lysbetti, N. M., dan E. Ervianto. 2012. Data Logger Sensor Suhu Berbasis Mikrokontroler ATmega 8535 dengan PC sebagai Tampilan. *Jurnal Ilmiah Elite Elektro* 3(1): 37-42. Jurusan Teknik Elektro, Universitas Riau.

- Oktaviani, S. Triyono dan N. Haryono. 2012. Analisis Neraca Air Budidaya Tanaman kedelai (*Glycine max* [L] Merr.) pada Lahan Kering. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung* 2(1): 7-16. Jurusan Teknik Pertanian, Universitas Lampung.
- Prijono, S. 2013. Bahan Ajar Mata Kuliah Irigasi dan Drainase: Irigasi Tetes (Drip Irrigation). Universitas Brawijaya. Malang. 35 hlm.
- Rafiah, H., Padusung dan R. S. Tejowulan. 2003. Efisiensi Penggunaan Air pada Tanaman Melon di Inceptisol Lahan Kering Pringgabaya Lombok Timur. *Makalah Seminar Nasional Pemberdayaan Petani Miskin di Lahan Marginal Melalui Inovasi Teknologi Tepat Guna*. Hlm 121-129. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian. Nusa Tenggara Barat.
- Setiono, A., P. Puranto, dan B. Widiyatmoko. 2010. Pembuatan dan Uji Coba Data Logger Berbasis Mikrokontroler ATmega32 untuk Monitoring Pergeseran Tanah. *Jurnal Fisika Himpunan Fisika Indonesia* 10(2): 83-94. Pusat Penelitian Fisika, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (PPF-LIPI).
- Sumarna, A. 1998. Irigasi Tetes pada Budidaya Cabai. Balai Penelitian Tanaman Sayuran. Bandung. 31 hlm.