
APLIKASI MIKROKONTROLER ARDUINO PADA SISTEM IRIGASI TETES UNTUK TANAMAN SAWI (*Brassica juncea*)

*Application of Arduino Microcontroller on Drip Irrigation System
for Mustard Plant (*Brassica juncea*)*

Muhammad Salman Ibnu Chaer¹, Sirajuddin H. Abdullah^{1,*}, Asih Priyati¹

¹Program Studi Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pangan dan Agroindustri
Universitas Mataram

Email^{*}: Sirajuddin hajiabdullah@gmail.com

Diterima: 5 Juli 2016

Disetujui: 25 Agustus 2016

ABSTRACT

Arduino Uno microcontroller (ATmega328) is an automatic control device which function to control, capture and store data that can be used to design electronic circuits to control on/off irrigation. In order to determine its performance, application of on/off irrigation control circuit in agriculture field need to be conducted. Mustard plant were selected for this experiment due to its sensitivity on irrigation. Purpose of this study was to applied control system based drip irrigation using Arduino microcontroller on mustard plant cultivation to compare growth and productivity of mustard plant using automatic irrigation based microcontroller and using manual irrigation, which adjusted to plants water requirement. Method used in this research was experimental method by trial on the field. Observed parameter consist of changes in moisture content, performance of on/off irrigation control system, quantity of irrigation water, plant height, number of leaves, length and width of the leaves, plants weight and crop productivity. Setting point for lower limit soil moisture content was 25.47% and the upper limit was 28.73%. During the experiment, three times watering were conducted, i.e. at 11, 16 and 20 days after planting, with total quantity of water 5,200 ml. Height of mustard plants using automatic irrigation was 21.26 cm and using manual irrigation was 22.6 cm; number of mustard plant leaf using automatic irrigation was 13 leaves and using manual irrigation was 13.4 leaves; length and width of mustard plant leaf using automatic irrigation was 17.07 cm and 8.05 cm, while using manual irrigation was 20.75 cm and 9.73 cm; mustard plant productivity using automatic irrigation was 13.54 ton/ha and using manual irrigation was 17.41 ton/ha.

Keywords: soil moisture content, microcontroller, productivity, mustard plant

ABSTRAK

Mikrokontroler *Arduino Uno* (ATMega328) merupakan sebuah perangkat kontrol otomatis yang dapat berfungsi mengontrol, mengambil serta menyimpan data sehingga dapat digunakan untuk merancang rangkaian elektronik kendali *on/off* irigasi. Untuk mengetahui kinerja dari rangkaian kendali *on/off* irigasi perlu dilakukan penerapan di bidang budidaya pertanian. Tanaman sawi dipilih untuk pengujian karena merupakan tanaman yang sensitif terhadap irigasi. Tujuan penelitian ini menerapkan sistem kontrol berbasis mikrokontroler *Arduino* pada irigasi tetes untuk budidaya tanaman sawi serta membandingkan pertumbuhan dan produktivitas tanaman sawi menggunakan irigasi otomatis berbasis mikrokontroler dengan tanaman sawi menggunakan irigasi manual yang disesuaikan dengan kebutuhan air tanaman. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode eksperimental dengan percobaan lapangan. Parameter pengamatan berupa perubahan kadar lengas, kinerja sistem kendali *on/off* irigasi, jumlah air irigasi, tinggi tanaman, jumlah daun tanaman, panjang dan lebar daun tanaman, berat tanaman dan produktivitas tanaman. *Setting point* untuk kadar lengas yaitu batas bawah 25,47% dan batas atas 28,73%. Selama pengujian terjadi tiga kali pemberian air yaitu pada 11, 16 dan 20 hari setelah tanam dengan jumlah pemberian air 5.200

ml. Tinggi tanaman sawi dengan irigasi otomatis yaitu 21,26 cm dan irigasi manual yaitu 22,6 cm; jumlah daun tanaman sawi dengan irigasi otomatis 13 helai dan irigasi manual 13,4 helai; panjang dan lebar daun tanaman sawi dengan irigasi otomatis yaitu 17,07 cm dan 8,05 cm sedangkan dengan irigasi manual yaitu 20,75 cm dan 9,73 cm; produktivitas tanaman sawi dengan irigasi otomatis 13,54 ton/ha dan irigasi manual 17,41 ton/ha.

Kata kunci: kadar lengas tanah, mikrokontroler, produktivitas, tanaman sawi

PENDAHULUAN

Air adalah salah satu kebutuhan dari tanaman yang harus dipenuhi dalam suatu proses budidaya tanaman. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut maka perlu dilakukannya pengairan. Pengairan atau irigasi adalah usaha pemberian air dan pengaturan air untuk menunjang pertanian, yang jenisnya meliputi irigasi air permukaan, irigasi air bawah tanah, irigasi pompa, dan irigasi tambak (Anonim, 2001). Namun secara umum metode pemberian air irigasi dapat dibagi menjadi 4 bagian, yakni: (a) Irigasi Permukaan, (b) Irigasi Bawah-permukaan, (c) Irigasi Curah (*sprinkler irrigation*), dan (d) Irigasi Tetes (*drip irrigation*).

Metode irigasi yang akan digunakan tergantung pada faktor ketersediaan air, tipe tanah, topografi lahan dan jenis tanaman. Salah satu model sistem irigasi yang berkembang saat ini adalah irigasi tetes. Irigasi tetes merupakan salah satu teknologi irigasi yang bertujuan memanfaatkan ketersediaan air yang sangat terbatas secara efisien dan meningkatkan nilai pendayagunaan air. Teknologi ini sangat cocok diterapkan pada lahan kering beriklim kering dengan topografi relatif landai. Prinsip pendistribusian air pada sistem irigasi tetes adalah dengan menyalurkan air dari tangki penampung yang ditempatkan pada posisi yang lebih tinggi dari lahan usaha tani, melalui selang irigasi. Kebutuhan air tanaman dipasok dari tangki penampungan melalui selang irigasi yang didesain khusus sehingga air dapat diberikan dengan debit yang sama dan konstan pada setiap titik keluaran selang irigasi menggunakan sistem tetes pada daerah perakaran tanaman (Anonim, 2011).

Dalam pemberian irigasi pada tanaman perlu juga memperhatikan kebutuhan air tanaman tersebut, untuk itu diperlukan pengontrolan pada pemberian air irigasi untuk mencegah terjadinya kekurangan dan kelebihan pemberian air yang dilakukan. Salah satu cara

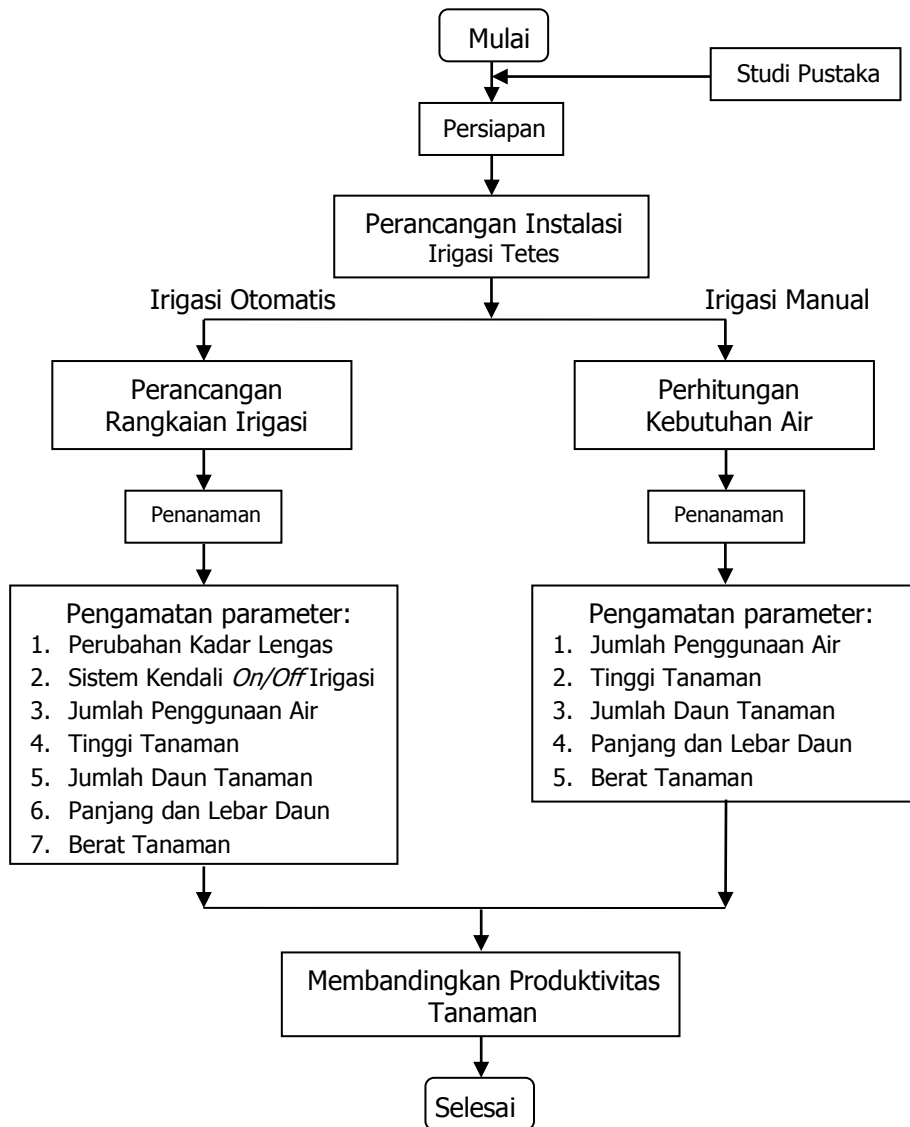
pengontrolan irigasi adalah dengan cara penerapan mikrokontroler pada sistem irigasi. Mikrokontroler dapat diartikan suatu alat elektronik digital yang mempunyai masukan dan keluaran serta kendali dengan program yang bisa ditulis dan dihapus dengan cara khusus. Penerapan mikrokontroler pada sistem irigasi dapat memungkinkan dalam mengontrol pemberian air secara otomatis berdasarkan perintah yang diberikan. Dalam usaha pengontrolan sistem irigasi menggunakan mikrokontroler, perlu ditunjang dengan komponen-komponen elektronika yang dapat dikendalikan oleh mikrokontroler. Komponen-komponen tersebut ada yang berperan sebagai *input* (masukan) untuk memberikan informasi yang akan diproses oleh mikrokontroler dan *output* (keluaran) sebagai eksekutor terhadap informasi yang telah diproses oleh mikrokontroler.

Perancangan irigasi tetes berbasis mikrokontroler perlu diterapkan pada budidaya tanaman pertanian. Dalam penerapannya untuk budidaya tanaman pertanian dilakukan percobaan pada tanaman sawi. Tanaman sawi dipilih karena tanaman sawi merupakan tanaman yang sensitif terhadap air irigasi, dimana tanaman sawi akan terganggu pertumbuhannya jika kekurangan air dan akan membusuk jika kelebihan air. Penerapan irigasi tetes berbasis mikrokontroler dalam budidaya sawi diharapkan dapat meningkatkan produktivitasnya dan penggunaan air dalam budidaya sawi dapat lebih efisien. Berdasarkan uraian di atas, perlu dilakukan penelitian ini.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode eksperimental dengan percobaan lapangan.

Diagram alir penelitian dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 1. Diagram Alir Proses Penelitian

1. Perancangan Instalasi Irigasi Tetes

Perancangan instalasi irigasi tetes meliputi pengujian keseragaman irigasi guna menentukan kelayakan dari instalasi irigasi tetes yang digunakan. Tingkat keseragaman sistem irigasi tetes dapat diekspresikan menggunakan *coefficient of uniformity* (CU) dengan persamaan sebagai berikut:

$$Cu = 100 \left\{ 1 - \frac{\sum |xi - \bar{x}|}{\sum xi} \right\} \dots\dots\dots 1)$$

dengan:

- Cu = koefisien keseragaman irigasi (%)
- xi = volume air pada wadah ke-i (ml)
- \bar{x} = nilai rata-rata dari volume air pada wadah (ml)
- $\sum |xi - \bar{x}|$ = jumlah deviasi absolut rata-rata pengukuran (ml)

2. Perancangan Sistem Irigasi Otomatis

Perancangan sistem irigasi otomatis meliputi modifikasi rangkaian irigasi otomatis yang ada dan kalibrasi sensor kadar lengas tanah. Kalibrasi sensor kadar lengas diperlukan untuk mencocokkan nilai ekuivalen bilangan biner yang terbaca oleh sensor dengan kadar lengas tanah yang sebenarnya. Pengukuran kadar lengas tanah dengan cara mengeringkan kembali tanah tersebut kemudian dihitung dengan persamaan:

$$\% \text{Kadar Lengas} = \frac{\text{Berat Awal (gr)} - \text{Berat akhir (gr)}}{\text{Berat Awal (gr)}} \times 100\% \dots\dots\dots 2)$$

Setelah mengetahui nilai ekuivalen bilangan biner yang terbaca sensor dan % kadar lengas, kemudian dicari persamaan linearnya

untuk dimasukkan ke dalam bahasa pemrograman.

3. Perhitungan Kebutuhan Air Tanaman

Kebutuhan air tanaman merupakan jumlah air yang digunakan untuk memenuhi evapotranspirasi tanaman (ET_c) agar dapat tumbuh normal (Doorenbos dan Pruitt (1984) dalam Prabowo (2007). Besarnya ET_c diperoleh dari persamaan:

$$ET_c = K_c \times ET_o \dots\dots\dots 3)$$

Dimana :

ET_c =Evapotranspirasi tanaman (mm/hari)

K_c =Koefisien tanaman

ET_o =Evapotranspirasi potensial (mm/hari)

Nilai ET_c didapatkan dari perhitungan data iklim selama 10 tahun terakhir dari BMKG menggunakan aplikasi CROPWAT.

4. Penanaman

Penanaman bibit sawi yang telah disemai selama 7 hari dilakukan dengan cara membuat lubang pada *polybag*, kemudian bibit sawi ditanam pada lubang tersebut. Pada penanaman ini diperhatikan akar dari tanaman sawi harus benar-benar berada dalam tanah dan dekat dengan *emitter* irigasi tetes bawah permukaan tanah.

1. Pengamatan

Pengamatan yang dilakukan pada penelitian ini meliputi pengamatan terhadap pertumbuhan sawi dan pengamatan terhadap mikrokontroler.

a. Pengamatan Terhadap Pertumbuhan Tanaman Sawi

Pengamatan terhadap pertumbuhan sawi dilakukan sampai umur panen yaitu 25 hari setelah tanam (HST). Dengan cara mengukur tinggi dan jumlah daun sedangkan untuk berat, panjang daun, lebar daun diukur pada saat panen.

b. Pengamatan Terhadap Mikrokontroler

Pengamatan mikrokontroler dilakukan dengan cara melihat hasil bacaan dari sensor yang ditampilkan pada LCD dan yang tersimpan pada *SD Card*. Selain itu dilakukan pengamatan terhadap respon mikrokontroler jika kadar lengas tanah sudah mencapai batas bawah.

Prosedur Penelitian

Prosedur yang dilakukan pada penelitian ini meliputi:

1. Menanam tanaman sawi pada *polybag* yang sudah terpasang instalasi irigasi tetes otomatis dan instalasi irigasi manual
2. menyalakan sistem irigasi otomatis pada instalasi irigasi tetes otomatis
3. memberikan air irigasi sesuai kebutuhan air tanaman pada tanaman dengan instalasi irigasi manual
4. melihat perubahan kadar lengas melalui sistem irigasi otomatis sampai 25 HST
5. mengukur penggunaan air, tinggi tanaman, dan jumlah daun sampai 25 HST
6. memanen tanaman sawi dan mengukur panjang daun, lebar daun dan berat tanaman
7. menghitung produktivitas tanaman dan membandingkannya

Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisis untuk melihat perbedaan produktivitas antara tanaman yang menerapkan irigasi otomatis dengan tanaman yang menggunakan irigasi manual. Pengolahan data menggunakan *Microsoft Excel* untuk menyelesaikan persamaan dan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perancangan Pengujian Sistem Kendali On/Off Irigasi Tetes

1. Perancangan Instalasi Irigasi Tetes

Perancangan instalasi irigasi tetes diperlukan untuk meningkatkan efisiensi penggunaan air, karena irigasi tetes dapat memusatkan pemberian air pada daerah perakaran, sehingga tanaman akan lebih mudah menyerap air untuk pertumbuhannya.

Instalasi irigasi tetes dibuat dua buah, satu dipasangkan mikrokontroler untuk irigasi otomatis, dan yang satunya dipasangkan keran manual untuk irigasi secara manual. Instalasi irigasi tetes yang telah dibuat kemudian diuji keseragaman irigasi dari setiap *emitter*-nya. Dari hasil pengujian didapatkan nilai *coefficient of uniformity (CU)* sebagai berikut.

Tabel 1. Nilai Debit Setiap *Emitter* dan *coefficient of uniformity (CU)*

<i>Emitter</i> ke-	Debit Instalasi Irigasi Otomatis (ml/jam)	Debit Instalasi Irigasi Manual (ml/jam)
1	900	920
2	900	880
3	890	910
4	920	900
5	900	900
6	920	880
7	920	880
8	880	900
9	910	930
10	920	890
Rata-Rata	906	899
CU (%)	98,68	98,53

Dari Tabel 1 di atas dapat diketahui bahwa kedua instalasi memiliki persentase *coefficient of uniformity (CU)* di atas 95%, yaitu 98,68% untuk jaringan irigasi otomatis dan 98,53% untuk jaringan irigasi manual. Berdasarkan kriteria ASAE (*The Asean Society of Agricultural Economists*) nilai persentase *coefficient of uniformity (CU)* pada kedua instalasi termasuk dalam kriteria sangat baik, sehingga dapat diterapkan untuk pengujian sistem kendali *on/off* irigasi.

2. Perancangan Sistem Kendali *On/Off* Irigasi

Perancangan sistem kendali *on/off* irigasi adalah pembuatan rangkaian elektronika berbasis mikrokontroler yang berfungsi sebagai pengontrol irigasi. Selanjutnya dibuat bahasa pemrograman sebagai perintah untuk menjalankan rangkaian. Sebelum membuat bahasa pemrograman, terlebih dahulu dilakukan proses kalibrasi sensor kadar lengas tanah. Dari hasil kalibrasi sensor kadar lengas tanah didapatkan persamaan hubungan antara nilai ADC yang terbaca oleh mikrokontroler dengan persentase kadar lengas, yaitu $y = 0,0655x - 7,2842$. Kemudian persamaan tersebut dimasukkan ke dalam bahasa pemrograman untuk menampilkan bacaan kadar lengas oleh sensor pada LCD (*Liquid Crystal Display*) dan data yang tersimpan pada *SDcard*.

Dalam bahasa pemrograman diatur *setting point* untuk mengatur irigasi pada tanaman sawi. *Setting point* ditentukan berdasarkan kisaran kadar air tanah kapasitas lapang dan titik layu permanen. Persentase

kadar air kapasitas lapang sebesar 30% dan titik layu permanen sebesar 18%. *Setting point* yang digunakan adalah batas bawah dengan nilai ADC 500 atau 25,47% kadar lengas tanah dan batas atas dengan nilai ADC 550 atau 28,73% kadar lengas tanah. *Setting point* batas bawah diatur agar melebihi dari persentase kadar lengas tanah pada titik layu permanen, ini dilakukan untuk mencegah tanaman mengalami kekurangan air yang bisa mengganggu proses pertumbuhannya. Sementara *setting point* batas atas diatur agar lebih rendah dari kapasitas lapang untuk mencegah terjadinya kelebihan air yang dapat merusak tanaman. *Setting point* ini akan memberi perintah pada mikrokontroler secara otomatis untuk mengalirkan air kepada tanaman sawi saat tanaman membutuhkan air dan menghentikan aliran air jika kebutuhan air sudah terpenuhi.

Selain *setting point* untuk kadar lengas tanah ditentukan juga *setting point* untuk suhu *solenoid valve*. Suhu *solenoid valve* perlu dikontrol untuk mencegah kerusakan pada *solenoid valve* akibat suhu yang terlalu tinggi saat *solenoid valve* menyala. Suhu operasi dari *solenoid valve* yaitu kisaran 20°C sampai 70°C. *Setting point* untuk *solenoid valve* yaitu temperatur atas sebesar 50°C dan temperatur bawah sebesar 35°C. Pada saat suhu *solenoid valve* telah mencapai temperatur atas secara otomatis *solenoid valve* akan mati dan proses pemberian air irigasi akan tertunda dan akan diteruskan kembali sampai suhu *solenoid valve* mencapai temperatur bawah.

3. Perhitungan Kebutuhan Air Tanaman

Kebutuhan air tanaman merupakan jumlah air yang digunakan oleh tanaman agar dapat tumbuh normal. Kebutuhan air tanaman dapat diketahui melalui evapotranspirasi tanaman (*ETc*) yang terlebih dahulu dicari nilai evapotranspirasi potensial (*ETo*) dengan aplikasi CROPWAT. Dari hasil perhitungan dengan CROPWAT didapatkan nilai Evapotranspirasi potensial (*ETo*) bulan Maret adalah 3,88 mm/hari. Sehingga dapat diketahui rencana jumlah pemberian air untuk instalasi irigasi tetes secara manual selama pengujian sebagai berikut.

Tabel 2. Jumlah Pemberian Air Irigasi Berdasarkan Kebutuhan Air Tanaman

Hari ke	Tanggal	Umur tanaman (HST)	Kc	ETc (mm/hari)
1	7-Mar-16	8	0.3	1.164
2	8-Mar-16	9	0.3	1.164
3	9-Mar-16	10	0.3	1.164
4	10-Mar-16	11	1.2	4.656
5	11-Mar-16	12	1.2	4.656
6	12-Mar-16	13	1.2	4.656
7	13-Mar-16	14	1.2	4.656
8	14-Mar-16	15	1.2	4.656
9	15-Mar-16	16	1.2	4.656
10	16-Mar-16	17	1.2	4.656
11	17-Mar-16	18	1.2	4.656
12	18-Mar-16	19	1.2	4.656
13	19-Mar-16	20	1.2	4.656
14	20-Mar-16	21	0.6	2.328
15	21-Mar-16	22	0.6	2.328
16	22-Mar-16	23	0.6	2.328
17	23-Mar-16	24	0.6	2.328
18	24-Mar-16	25	0.6	2.328

Keterangan:

Konversi ETc (mm/hari) ke ETc (ml/luas tanam/hari)

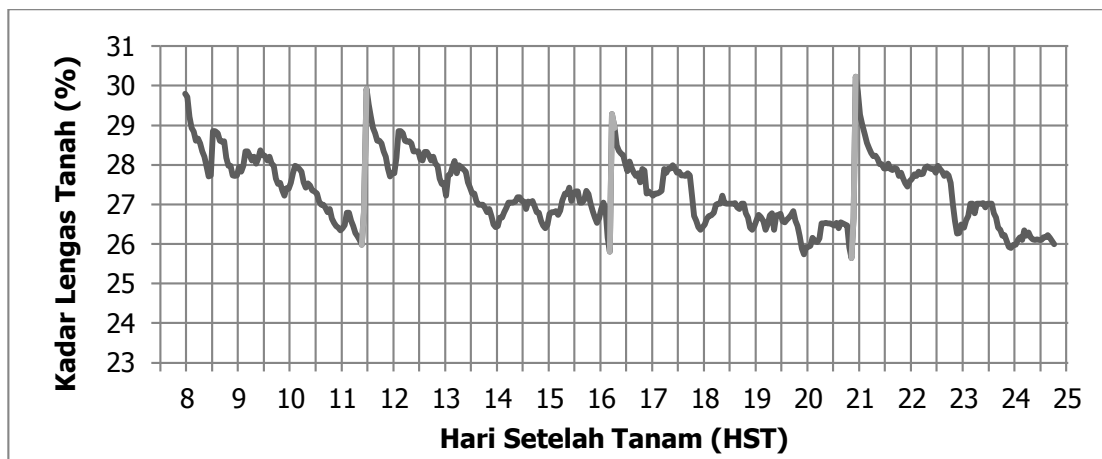
1 mm/hari = 1000 ml/m²/hari

4. Persiapan Penanaman

Persiapan penanaman meliputi penyediaan media tanam. Media tanam yang digunakan adalah campuran tanah dengan pupuk. Jenis tanah yang digunakan adalah jenis tanah inseptisol. Jenis tanah ini diketahui melalui pemetaan jenis tanah dan tempat pengambilan sampel yaitu wilayah Labuapi yang memiliki jenis tanah inseptisol. Tanah ini kemudian dicampurkan dengan pupuk kompos dan sekam padi dengan komposisi 3-2-1. Setelah campuran tanah dan pupuk homogen, kemudian dimasukkan ke dalam 20 *polybag* dengan diameter 19,74 cm masing-masing 7 kg. Untuk setiap instalasi irigasi tetes terdapat 10 *polybag* sebagai media tanamnya. Setelah media tanam siap, dilakukan proses persemaian benih. Benih disemai selama 7 hari sampai tanaman sawi memiliki 2-3 helai daun sejati. Pada hari ke-8 tanaman sawi dipindahkan ke dalam *polybag* yang telah berisi media tanam dan terpasang instalasi irigasi tetes otomatis dan manual.

Perubahan Kadar Lengas Tanah

Perubahan kadar lengas tanah diamati melalui tampilan LCD (*Liquid Crystal Display*) dan data yang tersimpan pada *SDcard*. Pengamatan perubahan kadar lengas tanah dilakukan selama 18 hari terhitung sejak umur tanaman 8 hari setelah tanam (HST) hingga 25 hari setelah tanam (HST). Untuk tanaman yang menggunakan irigasi otomatis didapatkan perubahan kadar air selama 18 hari seperti terlihat pada grafik berikut.



Gambar 2. Perubahan Kadar Lengas Tanah pada Irigasi Otomatis

Perubahan kadar lengas tanah yang ditunjukkan oleh grafik di atas dapat diketahui

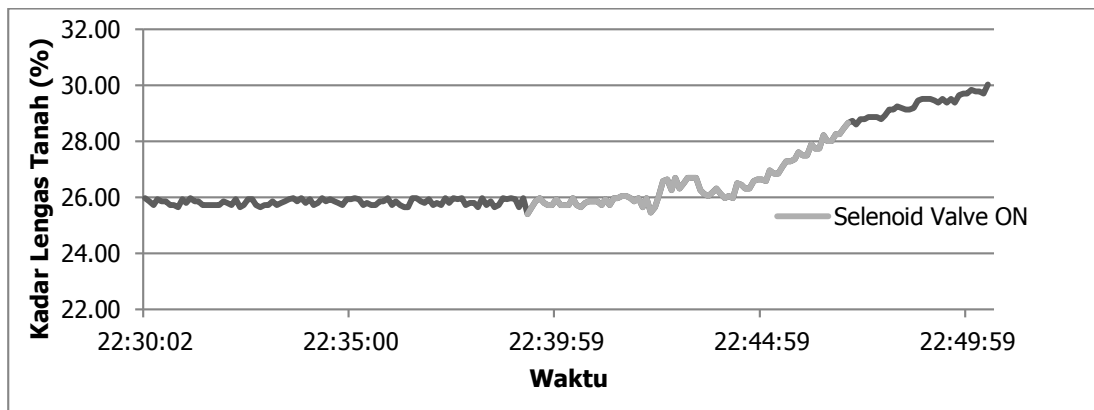
bahwa setiap hari terdapat penurunan kadar lengas tanah yang disebabkan evaporasi dan

transpirasi oleh tanaman. Evaporasi adalah perubahan air menjadi uap air, dalam hal ini terjadi pada tanah. Kemudian transpirasi adalah peristiwa uap air meninggalkan tanaman dan memasuki atmosfer. Transpirasi dari tubuh tanaman pada siang hari dapat melampaui evaporasi dari permukaan air atau permukaan tanah basah, tetapi sebaliknya pada malam hari lebih kecil bahkan tidak ada transpirasi. Peristiwa evaporasi dan transpirasi sering disebut evapotranspirasi yaitu kebutuhan konsumtif tanaman yang merupakan jumlah air untuk evaporasi dari permukaan areal tanaman

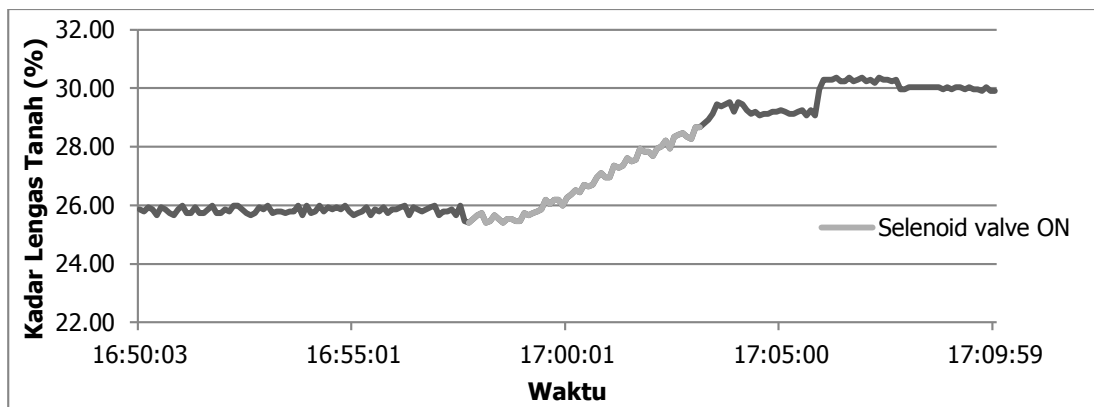
dengan air untuk transpirasi dari tubuh tanaman. Pada grafik juga terlihat peningkatan kadar lengas yang disebabkan oleh adanya pemberian air oleh sistem kendali *on/off* irigasi.

Kinerja Sistem Kendali *On/Off* Irigasi Tetes

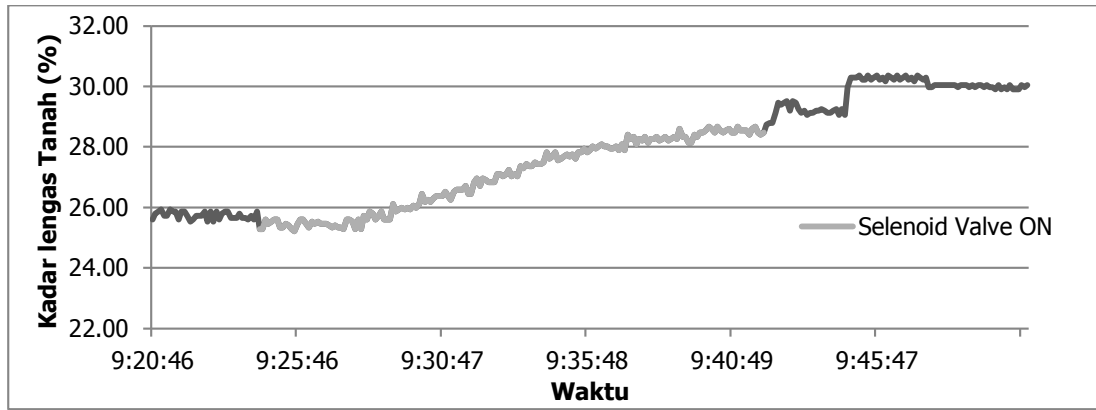
Selama pengamatan diketahui *solenoid valve* menyala tiga kali, yaitu pada saat umur tanaman 11, 16 dan 20 hari setelah tanam (HST).



Gambar 3. Grafik Kadar Lengas Pada 11 HST



Gambar 4. Grafik Kadar Lengas Pada 16 HST

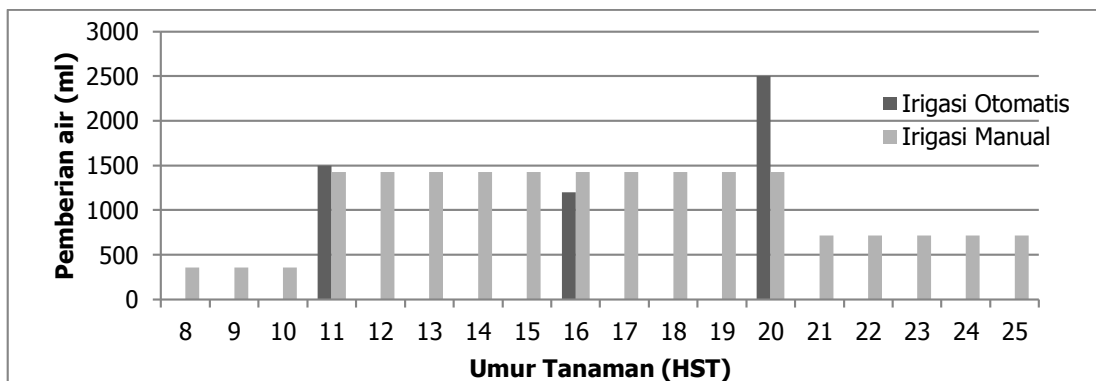


Gambar 5. Grafik Kadar Lengas Pada 20 HST

Pada grafik di Gambar 5 di atas terlihat kadar lengas tetap bertambah walaupun pemberian air sudah terhenti. Hal ini disebabkan oleh masih terdapat sisa air pada saluran irigasi yang menetes ketika pemberian air dihentikan. Pemberian air paling lama terjadi pada 20 HST, karena terjadinya kesalahan pengukuran oleh sensor. Kesalahan pengukuran yang terjadi adalah terlambatnya sensor menanggapi perubahan kadar lengas ketika terjadi pemberian air irigasi, sehingga membutuhkan waktu yang lebih lama untuk mencapai *setting point* batas atas untuk menghentikan pemberian air irigasi. Menurut Srivastava (1987) sumber kesalahan pengukuran meliputi derau (*noise*), waktu tanggap (*response time*), keterbatasan rancangan (*design limitation*), transmisi, keausan atau kerusakan sistem pengukuran, pengaruh lingkungan terhadap sistem.

Jumlah Penggunaan Air Irigasi

Air diperlukan oleh tanaman untuk proses fotosintesis, metabolisme serta transportasi bahan makanan dari daun ke seluruh tubuh tanaman. Air juga penting untuk melarutkan unsur hara dalam tanah sehingga dapat diserap oleh akar tanaman. Ketersediaan air bagi pertumbuhan tanaman dapat dipenuhi melalui irigasi (Erni, R., 2010). Pemberian air irigasi pada penelitian ini dilakukan dengan dua cara, yaitu dengan otomatis dan manual. Pemberian air irigasi secara otomatis dilakukan dengan melihat kadar lengas tanah dimana pemberian air akan dilakukan ketika kadar lengas tanah sudah mencapai nilai batas bawah yang telah ditentukan dan pemberian air irigasi akan terhenti ketika kadar lengas tanah sudah mencapai nilai batas atas. Sedangkan pemberian irigasi secara manual diberikan berdasarkan kebutuhan air tanaman yang dihitung melalui evapotranspirasi. Berdasarkan hasil penelitian didapatkan jumlah pemberian air selama 18 hari didapatkan diagram sebagai berikut.

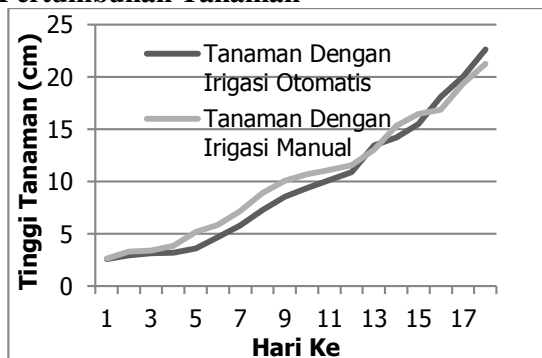


Gambar 6. Diagram Jumlah Pemberian Air

Berdasarkan diagram pada Gambar 6 di atas dapat diketahui pemberian air per hari untuk tanaman dengan irigasi tetes manual paling banyak terdapat pada saat umur tanaman 11 sampai 20 HST. Tanaman akan lebih banyak membutuhkan air pada periode tengah pertumbuhan karena pertumbuhan vegetatif tanaman maksimal terjadi pada periode ini. Selain itu, luas permukaan tanaman pada periode ini sudah mencapai maksimum sehingga penguapan lebih besar. Sedangkan pada periode awal, evapotranspirasi lebih rendah karena tanaman masih kecil sehingga luas permukaan tanaman untuk melakukan penguapan lebih kecil. Hal ini sesuai dengan literatur Islami dan Utomo (1995) dalam Simangunsong, F.P., dkk. (2013), yang menyatakan bahwa absorpsi air oleh tanaman berubah sesuai dengan perkembangan tanaman.

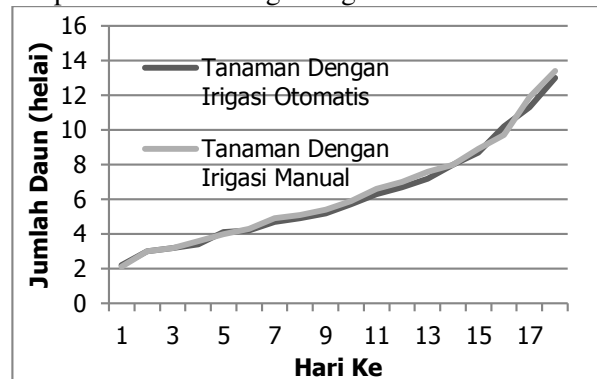
Jumlah air yang diberikan kepada tanaman dengan irigasi otomatis pada umur tanaman 11 HST sebanyak 1.500 ml, pada umur tanaman 16 HST sebanyak 1.200 ml, pada umur tanaman 20 HST sebanyak 2.500 ml, dan jumlah total air yang terpakai untuk irigasi otomatis sebanyak 5.200 ml. Sedangkan jumlah total pemberian air pada irigasi manual sebanyak 18.905 ml. Air irigasi yang dibutuhkan untuk irigasi tetes otomatis lebih sedikit dibandingkan dengan irigasi tetes manual. Hal ini dikarenakan pada irigasi manual pemberian air dilakukan setiap hari sesuai dengan kebutuhan air tanaman sedangkan pada irigasi otomatis pemberian air berdasarkan *setting point* kadar lengas tanah yang ditentukan sehingga dalam sehari belum tentu irigasi tetes otomatis mengalirkan air.

Pertumbuhan Tanaman



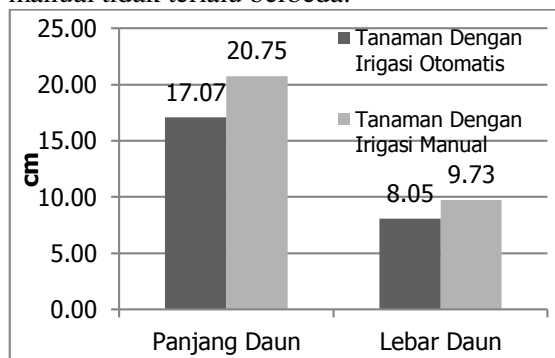
Gambar 7. Grafik Pertumbuhan Tinggi Tanaman

Berdasarkan grafik pada Gambar 7 di atas, dapat diketahui bahwa tanaman dengan irigasi manual lebih tinggi daripada tanaman dengan irigasi otomatis sampai hari ke-15, sedangkan dari hari ke-16 sampai hari ke-18 tanaman dengan irigasi otomatis lebih tinggi daripada tanaman dengan irigasi manual.



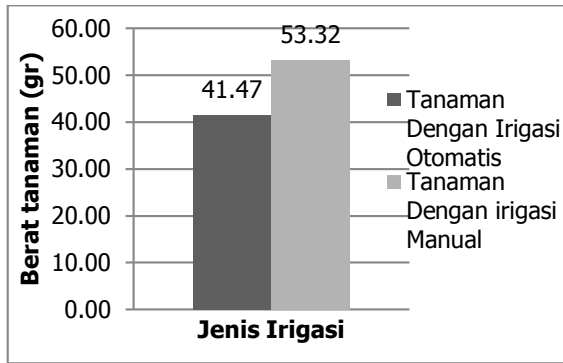
Gambar 8. Grafik Pertumbuhan Jumlah Daun Tanaman

Berdasarkan grafik di atas terlihat bahwa jumlah daun antara tanaman dengan irigasi otomatis dan tanaman yang diberi irigasi manual tidak terlalu berbeda.



Gambar 9. Diagram Panjang dan Lebar Daun Tanaman

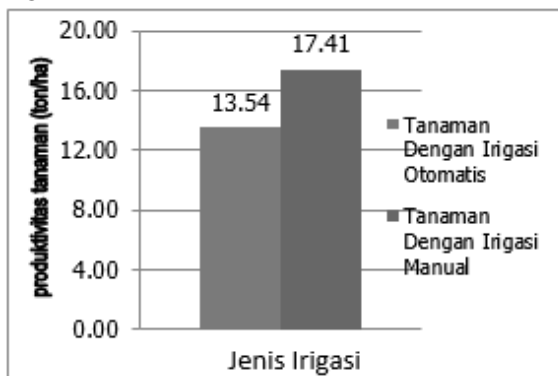
Berdasarkan diagram di atas dapat diketahui bahwa tanaman dengan irigasi manual memiliki panjang dan lebar daun yang lebih besar yaitu 20,75 cm dan 9,73 cm dibandingkan dengan tanaman dengan irigasi otomatis yaitu 17,07 cm dan 8,05 cm.



Gambar 10. Diagram Berat Tanaman

Berdasarkan diagram pada Gambar 10 di atas dapat diketahui bahwa tanaman dengan irigasi tetes manual memiliki berat yang lebih besar yaitu 53,32 gram dibandingkan dengan tanaman dengan irigasi otomatis yaitu 41,47 gram. Hal ini menunjukkan bahwa pemberian air secara manual yang sesuai dengan kebutuhan air tanaman memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan tanaman dengan pemberian air secara otomatis yang berdasarkan kadar lengas tanah.

Produktivitas dari tanaman sawi dengan irigasi tetes otomatis dan irigasi tetes manual dapat dilihat pada diagram Gambar 11 di atas. Produktivitas adalah jumlah produksi tanaman dalam berat tanaman per satuan luas lahan tanam. Tanaman dengan irigasi tetes manual memiliki produktivitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan tanaman dengan irigasi tetes otomatis.



Gambar 11. Diagram Produktivitas Tanaman

Pertumbuhan tanaman sangat dibatasi oleh jumlah air yang tersedia dalam tanah, sehingga perlu adanya pemberian air irigasi untuk meunjang pertumbuhan tanaman. Hal ini penting dalam kaitannya dengan peranan air dalam tubuh tanaman. Pemberian air yang sesuai dengan kebutuhan tanaman dalam hal ini pemberiaan irigasi secara manual memberikan hasil yang baik, karena

pemenuhan kebutuhan air digunakan untuk pertumbuhan berada dalam keadaan optimum, sehingga terjadi kesinambungan penggunaan dan pengeluaran air yang selanjutnya merangsang aktivitas metabolisme yang digunakan untuk pertumbuhan bagian-bagian tanaman seperti batang dan akar lebih panjang, dan daun lebih lebar.

Setting point untuk irigasi otomatis adalah kisaran kadar air tanah kapasitas lapang dan titik layu permanen karena air yang tersedia bagi tanaman berada dalam kisaran kapasitas lapang sampai pada titik layu permanen. Tetapi dengan *setting point* tersebut masih menunjukkan tanda-tanda kekurangan air bagi tanaman sehingga pertumbuhan terhambat dan memberikan hasil produktivitas yang lebih rendah dibandingkan dengan tanaman dengan irigasi manual yang pemberian air irigasinya sesuai dengan kebutuhan air tanaman.

Pertumbuhan tanaman yang terhambat akibat kekurangan air sering dihubungkan dengan penurunan laju fotosintesis sebagai akibat dari pembukaan stomata yang berkurang untuk mengurangi transpirasi agar kehilangan air berkurang. Menurunnya aktifitas fotosintesis akan menghambat pertumbuhan yang pada akhirnya pertumbuhan tanaman akan menurun. Tanaman yang kekurangan air dapat menyebabkan pertumbuhan tanaman menjadi terhambat, sehingga menyebabkan tanaman menjadi kerdil dan bagian tanaman berbentuk kecil. Tanaman yang menderita kekurangan air mempunyai ukuran yang lebih kecil dibandingkan dengan tanaman yang tumbuh normal (Asona, M., 2013).

Hasil dari tanaman sawi pada penelitian ini belum optimal berdasarkan keterangan benih pada kemasan benih yang digunakan yaitu benih sawi varietas Kumala. Tinggi tanaman pada keterangan benih yaitu \pm 31 cm, sedangkan pada penelitian ini tinggi tanaman sawi dengan irigasi otomatis yaitu 21,26 cm dan tanaman sawi dengan irigasi manual yaitu 22,6 cm. Untuk produktivitas tanaman pada keterangan benih yaitu 29-30 ton/ha, sedangkan pada penelitian ini produktivitas tanaman sawi dengan irigasi otomatis yaitu 13,54 ton/ha dan tanaman sawi dengan irigasi manual yaitu 17,41 ton/ha. Hal ini disebabkan oleh faktor lingkungan yang kurang mendukung seperti tempat penanaman sawi dengan suhu lingkungan yang tinggi karena dekat dengan pantai, kurangnya

penyinaran karena sering terjadi mendung dan hujan, kurang tingginya tempat penanaman sawi yaitu ± 10 mdpl, tanaman sawi akan lebih baik pertumbuhannya jika dibudidayakan pada ketinggian 100-500 mdpl, dan kurangnya pemberian pupuk yang dilakukan selama penelitian dimana pemupukan dilakukan pada saat pengolahan tanah saja.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan penelitian di atas dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem kontrol berbasis mikrokontroler *Arduino* pada irigasi tetes dapat diterapkan untuk budidaya tanaman sawi dengan *setting point* yaitu batas bawah 25,47% kadar lengas tanah dan batas atas 28,73% kadar lengas tanah.
2. Jumlah penggunaan air irigasi untuk irigasi otomatis lebih sedikit daripada irigasi manual yang berdasarkan kebutuhan air tanaman.
3. Pertumbuhan tanaman sawi dengan irigasi otomatis masih menunjukkan gejala kekurangan air.
4. Produktivitas tanaman sawi dengan irigasi otomatis lebih rendah daripada tanaman sawi dengan irigasi manual.

Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya adalah menentukan *setting point* yang sesuai dengan kebutuhan air tanaman.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2001. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 77 Tahun 2001 Tentang Irigasi, Bab 1, Pasal 1.
- Anonim. 2011. Teknologi Irigasi. Info Agroklimatologi dan Hidrologi 5(1):2-4. Balai Penelitian Agroklimatologi dan Hidrologi.
- Asona, M. 2013. Pertumbuhan dan Produksi Bayam (*Amaranthus sp.*) Berdasarkan Waktu Pemberian Air. Skripsi. Universitas Negeri Gorontalo.
- Erni, R. 2010. Karakterisasi Alat Penyiraman Sistem Tetes (*Drip Irrigation*) Untuk Tanaman Tomat (*Lycopersicon esculentum*) pada Media Tanam *Polybag* Plastik. Skripsi. Universitas Mataram.
- Prabowo, A., dkk. 2007. Pengelolaan Irigasi Hemat Air di Lahan Kering: Aplikasi Irigasi Tetes dan Curah. Balai Pengembangan Mekanisasi Pertanian. Banten.
- Srivastava. A. C. 1987. Teknik Instrumentasi. Universitas Indonesia (UI-Press). Jakarta.
- Simangungsong, F. P., dkk, 2013. Analisis Efisiensi Irigasi Tetes Dan Kebutuhan Air Tanaman Sawi (*Brassica juncea*) Pada Tanah *Inceptisol*. Jurnal Rekayasa Pangan dan Pertanian 2 (1): 83-89.